

5.1 Elektromog

Das Wort "Elektromog" hat sich im deutschen Sprachraum als Sammelbezeichnung für alle technisch erzeugten elektrischen und magnetischen Felder durchgesetzt. Die Zunahme nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung im Bereich der Wohn- und Arbeitsstätten hat dazu geführt, daß dieses Phänomen in den Medien unter dem Begriff „Elektromog“ hinsichtlich seiner möglichen gesundheitsgefährdenden Wirkungen stark diskutiert wird. Derzeit gibt es sehr unterschiedliche Einschätzungen. Während einige Baubiologen 0,001 Milli-Tesla und 0,05 kV/m in Gebäuden schon als „extreme Anomalie“ bezeichnen, werden von amtlicher Seite derzeit noch Werte von 0,1 mT und 5 kV/m (bei 50 Hz) noch als unbedenklich eingestuft.

Das Frequenzspektrum der elektromagnetischen Strahlung wird grob unterteilt in ionisierende und nichtionisierende Strahlung:

- Ionisierend sind Gamma- und Röntgenstrahlung. Diese Strahlung weist genügend Energie auf, um die Bausteine von Lebewesen (Atome, Moleküle) zu verändern.
- Nichtionisierend sind UV- und Wärmestrahlung, Licht und Elektromog. Die Energie reicht nicht aus, um die Bausteine von Lebewesen (Atome, Moleküle) zu verändern.

Die technisch erzeugte nichtionisierende Strahlung (Elektromog) wird aufgeteilt in Hochfrequenz- (30 kHz bis 300 GHz) und Niederfrequenz-Strahlung (0 Hz bis 30 kHz), welche sich in ihren physikalischen Eigenschaften und in ihrer Wirkung auf Lebewesen unterscheiden.

5.1.1 Grundlagen

5.1.1.1 Elektrische Felder

Spannungsführende Kabel und Leiter oder Ladungspole (Gleich- und Wechselspannung) verursachen elektrische Felder. Die Feldstärke ist proportional zur Spannung und wird in Volt pro Meter (V/m) angegeben. Menschen haben im Gegensatz zu einigen Tieren kein direktes Sinnesorgan für die elektrische Feldstärke. „Sensible“ Menschen merken dennoch elektr. Feldstärken von ca. 1 kV/m, der Großteil der Bevölkerung nimmt jedoch erst Feldstärken ab 10 kV/m wahr. Auch in der Natur treten (statische) elektrische Felder (zwischen dem Boden und der höheren Atmosphäre) auf. Ursache sind Reibungseffekte zwischen den Luftschichten (und Luftinhaltsstoffen wie z.B. Hagel bei Gewittern). Das statische Feld in der bodennahen Atmosphäre beträgt bei „Schönwetter“ ca. 120 - 130 V/m und kann bei Gewittern auf 3 kV/m - 20 kV/m ansteigen. Statische oder niederfrequente elektrische Felder lassen sich durch metallische Folien leicht abschirmen (Faraday'schen Käfig), aber auch Materie (wie Wände) verringert die elektrische Feldstärke. Besonders in Stahlbetonbauten (Faradaykäfig) dringen elektrische Felder nur wenig ein.

5.1.1.2 Magnetische Felder

Durch bewegte elektrische Ladungen werden elektrische und magnetische Felder erzeugt (ruhende Ladungen verursachen nur statische elektrische Felder). Die magnetische Feldstärke (korrekter die magn. Flußdichte) ist daher von der Stromstärke abhängig und ergibt sich um einen einzelnen runden Draht zu

$$\text{Magn. Feldstärke(Flußdichte) } B = \mu \mu_0 I / (2\pi r)$$

I = Stromstärke in A, r = Abstand in m, B in Tesla (Vs/m²) μ_{Luft} ca. 1, $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$

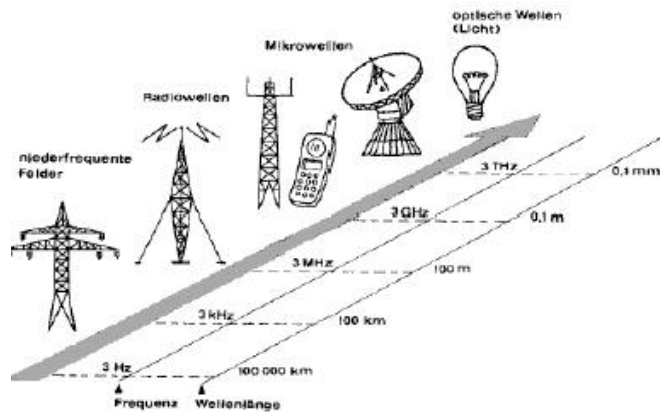
Die Einheit der magn. Feldstärke ist Tesla. Magnetische Felder durchdringen Materie und die meisten Metalle. D.h. ein Faraday-Käfig schirmt zwar elektrische, nicht jedoch magnetischen Feldern ab. Das natürliche (statische) magnetische Feld der Erde (Kompass) beträgt je nach geographischer Breite 0,03 bis 0,06 mT. Bestimmte Tiere können schon Änderungen dieses Feldes um 0,1 %, d.h. 0,03 - 0,06 mikro Tesla wahrnehmen (genutzt zur Orientierung). Mit Hilfe der obigen Formel kann man das magnetische Feld um einen stromführenden Leiter berechnen:

Telefonische Info Stadtwerke HD: Freileitung Hausanschluß (auch Dachständer) 20 - 80 A üblich, max. 120 A
110 kV-Leitung max. 535 A, normal 40-50% Last

Badenwerke verweigert tel. Auskunft über 400 kV Freileitung: geschätzt 500 A

Damit ergeben sich die in den unteren Abbildungen dargestellten magn. Feldstärken (in Abh. vom Abstand)

Zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder bedingen sich gegenseitig. Dabei kommt es zu einer Ausbreitung dieser elektromagnetischen Wellen. Die Veränderung (Frequenz) der Feldstärken wird in Schwingungen pro Sekunde ausgedrückt (Herz). Felder im Niederfrequenzbereich (bis 30 kHz) sind leitungsgebunden, d.h. sie nehmen mit der Entfernung schnell ab. Im Hochfrequenzbereich sind die Felder nicht mehr leitungsgeführt, sie werden in die Umgebung abgestrahlt. Hochfrequente elektromagnetische Felder können durch Metallfolien praktisch vollständig abgeschirmt werden.



Sendeleistungen: Rundfunk- und Fernsehsender haben Leistungen von einigen 1000 kW. Typische Strahlungsintensitäten betragen etwa 1 mW/cm² in 100 m Entfernung.

5.1.2 Wirkungsmechanismen

Im Gegensatz zu gewissen Tieren wie Fischen oder Zugvögeln besitzt der Mensch kein Sinnesorgan für elektrische oder magnetische Felder. Solche können wir höchstens indirekt wahrnehmen. Manche Menschen verspüren zum Beispiel ein Kribbeln auf dem Kopf, wenn sie unter einer Hochspannungsleitung durchgehen. Das elektrische Wechselfeld der Leitung vermag die Haare in Vibration zu versetzen, was als Prickeln oder Kribbeln empfunden wird. Auch ein starkes magnetisches Wechselfeld kann indirekt wahrgenommen werden. Es kann auf der Netzhaut des Auges eine Sinnestäuschung auslösen, die wir als Lichtblitze (sog. Phosphene) sehen.

Reizwirkungen: Fehlgesteuerte Nerven- und Muskelzellen

Noch stärkere elektrische und magnetische Felder – so intensive, wie sie in der Umwelt normalerweise nicht vorkommen – sind für den Menschen aber erwiesenermaßen schädlich. Sie erzeugen im menschlichen Körper elektrische Ströme, welche bei Nervenzellen fehlerhafte Impulse auslösen und Muskeln zu ungewollter Kontraktion veranlassen können. Besonders riskant wird es, wenn sich der Herzmuskel verkrampft: Das so genannte Herzkammerflimmern ist lebensgefährlich.

Diese Effekte auf Nerven und Muskeln werden Reizwirkungen genannt. Sie sind wissenschaftlich eindeutig bewiesen und bilden die Grundlage für internationale Grenzwerte. Wenn diese eingehalten sind, treten keine Fehlfunktionen von Nerven- oder Muskelzellen auf.

Unterschwellige Wirkungen:

Beeinflussungen des Verhaltens, der Lernfähigkeit, des Hormonsystems, des Zellstoffwechsels. Verschiedene Studien weisen jedoch auf biologische Effekte hin, die durch niederfrequente Felder mit einer Intensität deutlich unterhalb der internationalen Grenzwerte ausgelöst werden. Entsprechende Effekte werden als unterschwellige Wirkungen bezeichnet. In Experimenten mit Menschen und Tieren konnten unter anderem Veränderungen im Verhalten und in Bezug auf die Lernfähigkeit sowie eine Beeinflussung des Hormonsystems festgestellt werden. Zum Beispiel wurde das Hormon Melatonin in einer geringeren Menge als üblich ausgeschüttet. Melatonin ist für den biologischen Tag-Nacht-Rhythmus verantwortlich, hat einen stimulierenden Effekt auf das Immunsystem und hemmt das Wachstum von Tumoren. Ein reduzierter Melatonin-Spiegel wird mit Schlafstörungen, Müdigkeit oder depressiven Verstimmungen in Verbindung gebracht. Als weitere Wirkung von schwachen niederfrequenten Feldern wurden Veränderungen des Wachstums und des Stoffwechsels von Zellen beobachtet.

Dass es unterschwellige Wirkungen gibt, ist also unbestritten. Wie solche Effekte zustande kommen, ist jedoch nicht bekannt. Ebenso wenig lässt sich beim heutigen Kenntnisstand sagen, ob und unter welchen Bedingungen

sie zu einem Gesundheitsrisiko werden.

Erhöhtes Risiko für Leukämie bei Kindern möglich

Ein weiterer Weg, mehr über allfällige Gesundheitsauswirkungen zu erfahren, sind epidemiologische Studien. Seit gut zwanzig Jahren werden in verschiedenen Ländern epidemiologische Studien durchgeführt, um herauszufinden, ob niederfrequente Magnetfelder die Entstehung oder Entwicklung von Krebs begünstigen. Während die Ergebnisse dieser Studien lange Zeit uneinheitlich und widersprüchlich waren, kommen neueste Untersuchungen und Gesamtauswertungen alter Studien jetzt übereinstimmend zum Schluss, dass ab einer mittleren Magnetfeldbelastung von 0,4 Mikrottesla ein erhöhtes Risiko für Leukämie (Blutkrebs) bei Kindern besteht. Insbesondere zieht auch die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) diesen Schluss und hat im Jahre 2001 die niederfrequenten Magnetfelder als ein mögliches Karzinogen für Menschen eingestuft. Die IARC erachtet es demnach als möglich, wenn auch nicht bewiesen, dass schwache, niederfrequente Magnetfelder ein Krebsrisiko darstellen.

*An expert scientific working group of the Monographs Programme of the International Agency for Research on Cancer (IARC) has concluded its review of health effects of static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC has now concluded that ELF magnetic fields are possibly carcinogenic to humans, based on consistent statistical associations of high level residential magnetic fields with a doubling of risk of childhood leukaemia. **Children who are exposed to residential ELF magnetic fields less than 0.4 microTesla have no increased risk for leukaemia.** Because of insufficient data, static magnetic fields and static and extremely low frequency electric fields could not be classified as to carcinogenic risk to humans.*

Die Wirkung der elektromagn. Strahlung hängt wesentlich von der Frequenz ab. Niederfrequente Felder dringen in den Körper ein, induzieren an den Zelloberflächen Spannungen und verursachen Ströme. Natürliche Stromsichten im Gehirn und Herz liegen bei 10 mA/m². Überschreiten diese Spannungen und Ströme bestimmte Werte können Neven und Zellen erregt werden. In den Körper eindringende hochfrequente Felder erzeugen i.W. Wärme. Dies führt zu einer Erwärmung, wobei besonders schlecht durchblutete Organe wie das Auge oder die Hoden gefährdet sind. Die absorbierte Leistung wird in W/kg angegeben. Die Wärmeabsorption darf 80 mW/kg als 6 Minutenmittel nicht überschreiten. Im Vergleich: der Grundumsatz des ruhenden Menschen beträgt etwa 1 W/kg.

Je höher die Frequenz der elektromagnetischen Felder, desto energiereicher wird die Strahlung (nicht zu verwechseln mit der Intensität der Strahlung, die sich z.B. mit der Lichtstärke bzw. der Spannung ändert). Unterhalb der infraroten Strahlung (Wärmestrahlung) liegen die mm-Wellen, anschließend die Mikro- und Kurzwellen. Die Wechsellspannung in den Stromleitungen hat eine Frequenz von 50 Hz.

Die wichtigsten Wirkungsmechanismen beim Eindringen hochfreq. elektromagn. Strahlung in biologisches Material sind periodische Verschiebungen von Elektronen, Atomen und Dipolen. Auswirkungen sind dann zu erwarten, wenn diese Bewegungen stärker sind als die, die durch die Brown'sche Molekularbewegung hervorgerufen wird. Das bedeutet, daß gewisse Schwellenwerte überschritten werden müssen. Die Eindringtiefe der e.m.Strahlung ist abh. von der Frequenz, sie liegt bei 30 MHz bei ca. 10 cm, bei 1 Ghz bei etwa 1 cm, oberhalb von 10 Ghz liegt die Eindringtiefe bei einigen mm, die Wirkung ist vergleichbar mit Infrarotstrahlung.

thermische Effekte: die meisten der heute bekannten biologischen Wirkungen der e.m. Hochfrequenz- Strahlung wie z.B. Thermoregulationsänderungen, Beeinträchtigung des Stoffwechsels und des Nervensystems, können direkt mit der spezifischen Energieabsorption (Joule/kg) korreliert werden. Deshalb ist man sich mittlerweile einig, für hochfrequente e.m. Strahlung die Energieabsorption und damit die mögliche Erwärmung des Gewebes zu begrenzen.

Spannungsdifferenzen an Zellmembranen: Bei Gewebefeldstärken von mehr als 100 V/m können an den Zellmembranen Potentialdifferenzen von einigen mV entstehen, die sich dem normalen Ruhepotential überlagern. Dies kann bei Frequenzen unter 100 kHz zu Reizwirkungen führen. Aufsehen erregte eine Studie der EPA (Environmental Protection Agency, Umweltbehörde der USA), die für den nationalen Rat für Strahlenschutz erstellt, jedoch nicht veröffentlicht wurde (VDI-Nachrichten /3.11.95). In der Studie ist dokumentiert, daß direkte Schäden durch elektrische Felder, wie z.B. die Denaturierung von Proteinen erst bei so hohen Feldstärken auftreten, daß hierdurch in der Regel mit keiner Gefährdung im Haushalt und am Arbeitsplatz gerechnet werden muß. Dennoch werden auch bei schwachen elektromagnetischen Feldern Effekte beobachtet. Bisher sind jedoch keine direkten Auswirkungen auf das allgemeine Krebsrisiko nachgewiesen. Die EPA-Studie gibt den Verdacht, das elektromagn. Felder bei Kindern Leukämie auslösen können. Aufgrund der Ergebnisse der Studie fordern die Autoren, die Grenzwerte für die Stärke der elektromagn. Felder sehr niedrig

anzusetzen. Für die magn. Feldstärke fordern sie 0,2 Mikrottesla.¹ Diese Feldstärke wird heute durch einige Geräte und im Bereich starker Versorgungsleitungen überschritten (Staubsauger, Bohrmaschine, 30 cm Abstand, 2-20 Mikrottesla). In Schweden fordern Regierungsberater, daß die Feldstärke in allen Gebäuden, die von Kindern frequentiert werden, 0,2 Mikrottesla nicht übersteigen darf.

5.1.3 Grenzwerte

Am 22.5.1996 wurde die „Verordnung über elektromagnetische Felder“ (26 BimSchV) von der Bundesregierung beschlossen. Hierbei wird aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsmechanismen (siehe Kap. 5.6.3) zwischen hoch- und niederfrequenten Feldern unterschieden. Es gilt, daß folgende Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen nicht überschritten werden sollen

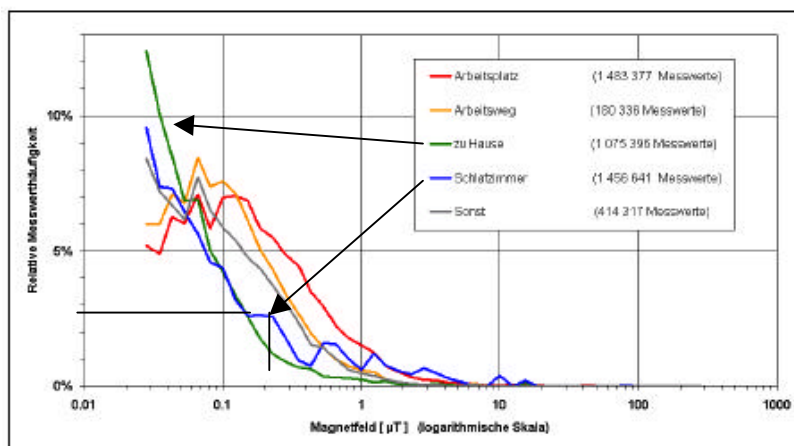
Frequenz in Hz	elektr. Feldst. in kV/m	Magn. Flußdichte in mT	Feldstärke A/m
50	5	0,1	80
16 2/3 (Bahnfrequenz)	10	0,3	240

Die obigen Grenzwerte sollen für „Niederfrequenzanlagen“² nicht überschritten werden. Analoge Werte existieren auch für hochfrequente Felder.

Bei der Errichtung oder der wesentlichen Änderung von Stromversorgungsanlagen in der Nähe von Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten und ähnlichen Einrichtungen kann die zuständige Behörde aus Vorsorgegründen einzelfallbezogenen noch weitgehendere Anforderungen stellen (Umwelt Nr.7-8/1996)

5.1.4 Wo liegt man?

464 Erwerbstätige wurden vom BUWAL einen Tag lang mit einem Messgerät ausgestattet und die Magnetfeld-Belastung beobachtet. Bei der Arbeit traten die höchsten Belastungen bis 200 uT auf (kurzzeitige Spitze beim Elektroschweißen) , der Mittelwert liegt aber auch bei der Arbeit bei 0,28 uT. In Wohngebäuden liegt die Belastung bei durchschnittlich 0,02 – 0,04 uT



Auszug aus: BUWAL-Bulletin 3/95 (aktualisiert: März 2002)

Die Feldstärken im Durchschnittshaushalt liegen im Mittel zwischen 0,01 und 0,2 Mikrottesla, d.h. in der Regel kann man bei korrekter Installation von nur geringen Belastungen ausgehen. Direkt unter einer 400 kV-

¹ ein Tesla = 1 T = 1 N/A m: Die Kraft von 1 N wirkt auf die Ladung von 1 Coulomb, die mit 1 m/s senkrecht zum Magnetfeld von 1 T bewegt wird.

² Mittel- und Hochspannungsfreileitungen mit 50Hz und mehr als 1000V
 Bahnstromfern- und oberleitungen mit 16 2/3 und 50 Hz
 Elektromotoren mit 50 Hz und einer Oberspannung von 1000 V und mehr

Starkstromleitung werden 40 μT gemessen, in 25 m Abstand noch 8 μT wurde (VDI-Nachrichten /3.11.95, siehe auch obige Diagramme).

Vorsicht empfiehlt sich immer dann, wenn der ständige Aufenthaltsraum in unmittelbarer Nähe von starken Versorgungsleitungen und -einrichtungen oder Verbrauchern liegt oder wenn starke Sendeanlagen in unmittelbarer Nachbarschaft bestehen.

5.1.5 Gesundheitsgefahren durch Elektrosmog?

Durch die Anwendung der bestehenden Grenzwerte kann eine Gesundheitsgefährdung durch kurzzeitige Exposition nach Expertenmeinung ausgeschlossen werden. Über Langzeitwirkungen und den daraus resultierenden Spätschäden ist die wissenschaftliche Diskussion noch im Gange. Obwohl einige experimentelle Ergebnisse darauf hinweisen, daß eine Beeinflussung des Menschen durch schwache elektrische und magn. Felder möglich ist, ist man sich noch nicht einig welches Gefährdungspotential in Bezug auf Langzeiteffekte hiervon ausgeht. Selbst bei groß angelegte Studien ist nur eine geringe statistische Signifikanz zwischen elektromagn. Feldern und der Häufigkeit von Krankheiten festzustellen