

These 2

Elektrosmog – Gefährdung unserer Gesundheit?

Keine Gesundheitsschäden bei Einhaltung der gültigen Verordnungen (NISV)

Mit elektrischen Feldern müssen wir leben!

Die moderne Technik basiert auf der Elektrizität als Trägerin von Information und Energie. In allen elektrischen und elektronischen Systemen existieren Spannungen und fließen Ströme, die gemäss physikalischen Gesetzmässigkeiten unabdingbar von elektromagnetischen Feldern begleitet sind. Letztere füllen „gewollt“ (z.B. Radiowellen) oder „ungewollt“ (z.B. Streufelder elektrischer Haushaltgeräte) unseren gesamten Lebensraum und werden deshalb in Analogie zum aktuellen Problem der Luftverschmutzung auch „Elektrosmog“ genannt. Der Begriff Elektrosmog trifft den Sachverhalt jedoch nicht genau. Unter Smog versteht man üblicherweise bestimmte Schadstoffkonzentrationen in der Luft. Im Hinblick auf die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks ist das Wort Smog irreführend, da sich die Felder nicht wie etwa die Russpartikel von Auspuffabgasen verteilen. Auch sind sie kein Abfallprodukt, sondern Voraussetzung für die Mobilfunkkommunikation.

Was ist ein elektromagnetisches Feld?

Als elektromagnetisches Feld bezeichnet man einen Raum mit der Eigenschaft, dass darin auf eingebrachte, freie oder gebundene, ruhende oder bewegte elektrische Ladungen (Elektronen, Ionen bzw. Ströme) Kräfte ausgeübt werden. Eine Feldtheorie erlaubt die Berechnung der resultierenden Effekte.

Das elektromagnetische Feld besteht im Allgemeinen aus der Überlagerung eines elektrischen Feldes und eines magnetischen Feldes, die untereinander Abhängigkeiten aufweisen, falls die Feldstärken zeitlich variieren. Nur im statischen Zustand können sie für sich allein existieren (z.B. elektrisches Feld zwischen den Polen einer Batterie oder Magnetfeld eines Permanentmagneten).

In zeitvarianten elektromagnetischen Feldern findet eine räumliche Ausbreitung von Energie statt, man spricht von elektromagnetischer Strahlung. Unter Annahme einer harmonischen Zeitabhängigkeit des Feldes wird die Strahlung im Wesentlichen durch die Intensität (Leistung pro Flächeneinheit, W/m^2) sowie durch die Frequenz (Anzahl Schwingungen pro Sekunde, Hz) charakterisiert. Die Intensität ist proportional des Produkts der elektrischen und magnetischen Feldstärke und nimmt mit wachsendem Abstand von der Strahlungsquelle (z.B. Mobilfunk-Sendeantenne) im Nahbereich (wenige 100m) etwa umgekehrt proportional dem Quadrat und im Fernbereich sogar umgekehrt proportional der vierten Potenz ab. Das hier betrachtete Frequenzspektrum umfasst den Niederfrequenzbereich 0 ... 100

kHz (z.B. Gleichstromversorgung, Wechselstromnetze bei 50Hz und 16 2/3 Hz, Signale in HiFi-Anlagen) sowie den Hochfrequenzbereich 100kHz ... 300 GHz (Radiowellen).

[Was sind elektromagnetische Felder?](#) (Informationszentrum Mobilfunk, Berlin)

Biosysteme im elektromagnetischen Feld

Da die Moleküle im Zellgewebe elektrische Ladungen enthalten und weil physiologische Vorgänge und z.B. die Nervenleitung oft auf elektrischen bzw. elektrochemischen Prozessen beruhen, ist eine Einwirkung elektromagnetischer Felder auf Biosysteme und damit auf den Menschen durchaus gegeben. Im Wesentlichen gibt es vier Arten der Einflussnahme:

- Kraftwirkung bzw. Reizerzeugung
- Erwärmung der Gewebe
- nichtthermische Effekte
- Sekundäreffekte

Direkte Krafteinwirkung oder Reizerzeugung kommt nur bei starken, statischen oder niederfrequenten Feldern vor (z.B. Haarsträuben, Kribbeln auf der Haut, Phosphene) und kann als lästig empfunden werden.

Die Erwärmung von Gewebe durch elektromagnetische Strahlung in hochfrequenten Feldern (Radiowellen) ist beim Ueberschreiten einer gewissen Intensitätsgrenze ein wohlbekanntes Phänomen, das auch nützliche Anwendungen findet (z.B. Mikrowellenofen, Diathermie). Eine übermässige Erwärmung des Biosystems oder Teilen davon führt erfahrungsgemäss zu Schädigungen (Beeinflussung des Stoffwechsels bis zu Verbrennungen) und muss sicher vermieden werden. Die Erwärmung hängt von der absorbierten Strahlungsleistung pro Volumeneinheit ab. Als noch aussagekräftigere Grösse erweist sich die sog. „specific absorption rate SAR“, welche die vorangehend genannte, räumliche Leistungsdichte auch noch auf das spezifische Gewicht des Gewebes (Wassergehalt, Fettgehalt etc.) bezieht. Als Grenze der SAR für eine beim Menschen zu Stress führende Erwärmung gilt ein Wert von ca. 4 W/kg.

Unterhalb der genannten Intensitätsgrenze lassen sich sog. nichtthermische Effekte nachweisen. Es handelt sich dabei um zelluläre und molekulare, hämatologische und immunologische sowie um sensorische Effekte. Ueber die Einwirkungsmechanismen existieren verschiedene Modellvorstellungen, die aber teilweise der weiteren wissenschaftlichen Abklärung bedürfen. Gesicherte Erkenntnisse, dass nichtthermische Effekte schädliche Auswirkungen haben können, liegen nicht vor.

Es gibt auch sog. sekundäre Effekte des elektromagnetischen Feldes, die zu einem Gefährdungspotenzial für Biosysteme führen können. Als Beispiele lassen sich die Störung medizinischer Geräte (Herzschrittmacher, Sonden, Monitore etc.) und die Induktion hoher Berührungsspannungen in Metallteilen anführen. Solche Probleme hat man aber mit den heute zur Verfügung stehenden Design Tools im Griff, sie werden deshalb hier nicht näher betrachtet.

Wichtig ist die Feststellung, dass die elektromagnetische Strahlung eine nichtionisierende Strahlung (NIS) darstellt, die im Gegensatz zur radioaktiven Strahlung die Elektronenhüllen von Atomen in organischer und anorganischer Materie nicht aufzubrechen vermag. Damit

sind in Biosystemen auch keine direkten chemischen oder gar genetischen Effekte zu erwarten.

Parameter des elektromagnetischen Feldes

Im Hinblick auf die Auswirkungen des elektromagnetischen Feldes in Biosystemen sind folgende Parameter bedeutungsvoll:

- elektrische Feldstärke
- magnetische Feldstärke
- Frequenz
- Dauer der Exposition
- zeitlicher Feldstärkeverlauf (Amplitudenschwankung der hochfrequenten Schwingung)

Die Kraftwirkung oder Reizerzeugung bei starken, statischen oder niederfrequenten Feldern ist eine Funktion der elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke.

Die Erwärmung des Gewebes hängt – wie bereits früher erwähnt – von der Intensität der Strahlung bzw. von der SAR ab. Die gesamte, von einem Biosystem absorbierte Wärme stellt aber auch eine Funktion der sog. Eindringtiefe der Strahlung dar. Letztere verringert sich mit wachsender Frequenz, d.h. die Erwärmung konzentriert sich an der Gewebeoberfläche.

Natürlich spielt bezüglich der Auswirkungen auch die Dauer der Exposition eine Rolle. Neuere Studien versuchen die entsprechenden Zusammenhänge mit Methoden der Dosimetrie zu quantifizieren, die aus der Radiologie bekannt sind. Da jedoch bei der elektromagnetischen Strahlung die Effekte nach Ende der Exposition rasch abklingen, sind die bisher erreichten Resultate nur beschränkt aussagekräftig.

Vor allem bei der drahtlosen Informationsübermittlung (Mobilfunk, WLAN, schnurlose Telefone etc.) hat man es häufig mit gepulsten elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern bzw. mit einer pulsierenden Strahlung zu tun. Sicher spielt in einem solchen Fall für die Belastung des Biosystems der Mittelwert eine wichtige Rolle, darüber hinaus scheint es jedoch weitere Effekte zu geben, deren Mechanismen aber teilweise noch wenig abgeklärt sind. An der ETH Zürich befasst sich die *Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation* mit den biologischen und gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern.

[Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation \(FSM\)](#)

Macht Elektromog krank?

Internationale Expertenteams, die mit der WHO (World Health Organization) zusammenarbeiten, haben in den verschiedenen Frequenzbereichen Immissionsgrenzwerte festgelegt, die den Ländern zur Übernahme empfohlen werden. Am 1. Februar 2000 wurde vom Bund eine Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) in Kraft ge-

setzt, in der die in der Schweiz verbindlichen Immissionsgrenzwerte bzw. die maximal zulässigen Feldstärken festgelegt sind. Darüber hinaus definiert die NISV sog. Anlagegrenzwerte, die an Orten gelten, wo sich Menschen lange Zeit aufhalten (Wohnräume, Arbeitsplätze, Schulräume, Kinderspielplätze usw.). Diese sind um einen Faktor 10 im Hochfrequenzbereich und 100 im Niederfrequenzbereich tiefer angesetzt als die Immissionsgrenzwerte. Im Folgenden werden wichtige Anlagengrenzwerte erwähnt.

Räume mit starken, niederfrequenten elektrischen Feldern, bei denen direkte Krafteinwirkungen erwartet werden müssen (z.B. Hochspannungsanlagen), befinden sich praktisch ausnahmslos in hinreichend grossen Abständen von bewohnten oder begehbaren Orten; dennoch auftretende Reizwirkungen könnten zwar als lästig empfunden werden, stellen aber kaum eine Gefährdung der Bevölkerung dar (keine Anlagengrenzwerte).

Starke niederfrequente Magnetfelder (z.B. Streufelder grösserer Netztransformatoren und Induktions-Kochherde) dürfen gemäss NISV die um einen Faktor 100 unterhalb des internationalen Grenzwertes angesetzte magnetische Flussdichte von 1 Mikrottesla nicht überschreiten. Es handelt sich dabei um den sog. Effektivwert (Wurzel aus dem quadratischen Mittelwert der magnetischen Flussdichte).

Für die hochfrequente elektromagnetische Strahlung schreibt die NISV maximal zulässige elektrische Feldstärkewerte – ebenfalls Effektivwerte – von weniger als 10 Volt pro Meter vor, die um den Faktor 10 unterhalb der international empfohlenen Grenzwerte liegen. Diese basieren auf einer SAR von 0.08 W/kg und sind damit bereits um einen Faktor 7 gegenüber derjenigen Feldstärke reduziert worden, bei der sich eine zu Stress führende Erwärmung feststellen lässt. Die maximal zulässige magnetische Feldstärke ist über den Feldwellenwiderstand des freien Raumes mit dem Grenzwert der elektrischen Feldstärke verknüpft, falls es sich um den Normalfall einer Strahlung im sog. Fernfeld (ebene Welle) handelt, und muss daher nicht separat festgelegt werden. Insgesamt beinhalten also die in der Schweiz sehr tief angesetzten verbindlichen Grenzwerte der Feldstärken einen Sicherheitsfaktor von rund 100, d.h. thermische Effekte können ausgeschlossen werden.

Damit sind nur noch die nichtthermischen Effekte im Auge zu behalten, die mindestens teilweise wissenschaftlich nachgewiesen werden können. Aufgrund der bisherigen Studien gibt es jedoch keine experimentell erhärtete Fakten, die Rückschlüsse auf eine Schädlichkeit dieser Effekte bzw. auf eine dadurch bedingte Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen zulassen.

Als Problem besonderer Art sei hier noch das Handy angesprochen, das in unmittelbarer Nähe des Kopfes, d.h. im sog. Nahfeld betrieben wird und dort Strahlungsintensitäten bewirkt, welche die in der NISV gegebenen Grenzwerte deutlich übersteigen können. Der Bund muss hier zufolge der Mitgliedschaft der Schweiz in der WTO (World Trade Organization) davon absehen, Vorschriften zu erlassen (Vermeidung von Handelshemmnissen). Zudem lässt sich argumentieren, dass jedermann selber über den Gebrauch des Handys und damit über eine mögliche eigene Gefährdung entscheidet. Glücklicherweise sind auch die Handy-Hersteller zwecks Schonung der Batterien und der Gesundheit der Benutzer selber sehr daran interessiert, die Strahlung so gering als möglich zu halten. Immerhin werden inzwischen weltweit mehr als 2 Milliarden Handys betrieben, und in den letzten 10 Jahren sind nirgends begründete Schadenersatzklagen eingegangen.

Entsprechende Vorsicht ist auch beim Einsatz von PMR-Systemen (z.B. Taxifunk, Bahnfunk etc.) sowie von gewissen schnurlosen Telefonen geboten.

[Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung \(NISV\)](#)

[Resultate aus dem nationalen Forschungsprogramm zu den möglichen gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Strahlung \(NFP 57\)](#)

Fazit

Die Anwendung jeder Technologie beinhaltet Risiken. Seit Beginn der 70er Jahre befasst sich die Wissenschaft mit der Frage, wie sich elektromagnetische Felder auf Biosysteme bzw. auf den Menschen auswirken und ab welchen Grenzwerten der Strahlungsintensität in den verschiedenen Frequenzbereichen mit schädlichen Effekten bzw. mit einer Beeinträchtigung der Gesundheit zu rechnen ist. Die heute vorliegenden unzähligen Studien liefern diesbezüglich wesentliche Erkenntnisse, welche weltweit ihren Niederschlag in Verordnungen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischer Strahlung gefunden haben. Nicht abschliessend geklärt ist heute lediglich die Frage, ob die mindestens teilweise reproduzierbaren nichtthermischen Effekte bei sehr schwachen Feldern schädliche Auswirkungen auf Biosysteme haben könnten. Dafür fehlt aber jeder wissenschaftlich fundierter Nachweis. Im Hinblick auf die enorme wirtschaftliche Bedeutung der Elektrizität als Trägerin von Information und Energie darf deshalb das Restrisiko, das unter Voraussetzung einer Einhaltung der NISV verbleibt – vor allem auch im Verhältnis zu den übrigen umweltbedrohenden Risiken – bis zum Vorliegen neuer Erkenntnisse hinsichtlich Gefährdung der Gesundheit als tragbar bezeichnet werden.

* * *