



FSM – Forschungsstiftung
Strom und Mobilkommunikation
FSM – Swiss Research Foundation for
Electricity and Mobile Communication



«Spannungsfelder» Elektromagnetische Felder



Tipps und Hinweise

- Elektromagnetische Felder (EMF) nehmen mit zunehmendem Abstand zur Quelle an Stärke ab. Ab ca. 30 Zentimeter bestehen bei den meisten Kleingeräten im Haushalt keine massgeblichen Feldstärken mehr.
- Abstand halten ist die einfachste Massnahme, wenn man seine Exposition gegenüber EMF reduzieren will.
- Wer während des Schlafs möglichst wenig EMF ausgesetzt sein möchte, kann darauf achten, dass sich elektrische Geräte und Leitungen (auch in Wänden und Böden) nicht in unmittelbarer Nähe zum Schlafplatz befinden.
- Elektronische Geräte zur Überwachung von Kleinkindern in ausreichendem Abstand zum Kind (ca. 1 Meter) platzieren.
- Heizkissen oder -decken nicht die ganze Nacht hindurch nutzen.
- Magnetfelder werden durch Wände nicht abgeschirmt. Es lohnt sich zu überprüfen, ob sich in einem angrenzenden Raum ein Gerät befindet, das besonders starke Magnetfelder produziert, etwa ein Elektroboiler oder eine Elektroheizung; die Raumnutzung entsprechend planen oder anpassen.
- Elektrische Heizungen oder mobile Radiatoren nicht in unmittelbarer Nähe von Schlaf- oder Arbeitsplätzen aufstellen.
- Um sensible Räume, z.B. Schlaf- oder Kinder-spielzimmer, nachts feldfrei zu halten, kann man einen Netzfreischalter einsetzen.
- Nicht benutzte Geräte ganz ausschalten. Bei Geräten mit Stand-by-Modus den Netzstecker ziehen (siehe Electrosuisse-Broschüre «Entspannt – dank Effizienz»).
- Wer die Strahlung durch Mobiltelefone tief halten will: Headset benutzen oder mit neuer Technologie (3G und 4G) telefonieren.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Allgemeines Grundlagen	4
Was sind elektromagnetische Felder? Was ist Elektrosmog? Wo gibt es elektromagnetische Felder? Risiken von EMF. Welche Aufgabe hat der Staat?	
Privatbereich	6
Wie gross ist die Exposition gegenüber Feldern elektrischer Haushaltgeräte? Hochfrequenz-Strahlung hausgemacht? Mobiltelefone & Co.	
Telekommunikation und Verkehr	8
Private, kommerzielle und staatliche Sendeanlagen. Welche Belastungen verursachen Bahnen und elektrische Verkehrsmittel? Wie steht es um elektromagnetische Felder in Autos und Elektromobilen?	
Architektur und Elektroplanung	10
Können Gebäudehüllen EMF abschirmen? Elektrische Installationen und Ausstattung: Worauf muss man achten?	
Elektrizitätsversorgung	12
Wie steht es um die Immissionslage rund um Freileitungen? Kabel in die Erde verlegen? Welche Auswirkungen hat die Umformung der Hochspannung auf die Niederspannung?	
Medizinalbereich	14
Was ist ein Magnet-Resonanz-Tomograf (MRT)? Störanfälligkeit von elektronischen Implantaten. EMF-Anwendungen in der Therapie?	
Behörden	16
Wo liegen die internationalen Grenzwerte? Wo steht die Schweiz? Wer ist wofür verantwortlich? Wie werden Konsumgüter kontrolliert?	
Gesundheit und Forschung	18
Was wissen wir heute? Was wissen wir noch nicht? Forschung in der Schweiz.	
Elektromagnetische Felder: Grundbegriffe	20
Das elektromagnetische Spektrum: Bereiche, Beispiele, Eigenschaften	22
Glossar	23

Grundlagen

Elektromagnetische Felder

Elektromagnetische Felder oder EMF, auch «Elektrosmog» genannt, sind sogenannte nicht-ionisierende Strahlen. Dazu gehören neben EMF auch Infrarot und das sichtbare Licht. Nicht-ionisierend bedeutet, dass die Strahlungsenergie nicht ausreicht, um molekulare Strukturen im Körper aufzubrechen. EMF unterteilt man in statische Felder, niederfrequente Felder und hochfrequente Felder. Elektromagnetische Felder können den Körper bei ausreichender Stärke so stark belasten, dass die Gesundheit gefährdet wird. Um dieses Risiko zu verhindern, hat der Gesetzgeber Grenzwerte erlassen.

Biologische Wirkungen

Niederfrequente Magnetfelder bewirken im Körperinneren Spannungen, die Nerven und Muskeln stören bzw. reizen können. Niederfrequente elektrische Felder haben hingegen kaum eine Wirkung und werden deshalb als gesundheitlich weitgehend harmlos betrachtet.

Die Strahlungsenergie von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern wird vom Körper absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dadurch steigt die Körper- oder die Gewebetemperatur des bestrahlten Körperteils.

Räumliche Ausbreitung von Feldern

Die Stärke eines Feldes hängt vom Abstand zur felderzeugenden Quelle ab. Mit wachsendem Abstand wird ein elektromagnetisches Feld rasch schwächer. Doppelter Abstand bedeutet, dass seine Feldenergie viermal schwächer wird, d.h. seine Feldkomponenten, die elektrische und die magnetische Feldstärke, sind dann noch jeweils halb so gross.

Grenzwerte

In der Schweizer Verordnung werden zwei Kategorien von Grenzwerten geführt: die Immissions- und die Anlagengrenzwerte. Die Immissionsgrenzwerte stützen sich auf international abgestimmte Richtlinien (ICNIRP, S.16). Sie legen die maximale Belastung fest, die, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, keine Schädigungen bewirken. Dabei wurden grosse Sicherheitsmargen eingebaut. Die Immissionsgrenzwerte müssen grundsätzlich überall eingehalten werden. Die wesentlich strengeren Anlagengrenzwerte dagegen gelten nur für Wohnungen, Büros, Schulen, Spitäler, Kinderspielplätze etc., und es sind Vorsorgebestimmungen. Da in der Wissenschaft nicht genau erwiesen ist, ob schwache Strahlung langfristig negative Wirkungen haben kann, hat der Gesetzgeber vorsichtig angesetzte Emissionsbeschränkungen erlassen.

Elektromagnetisches Spektrum

Nicht-ionisierende Strahlung

Niederfrequente Felder 0,1 Hz bis 30 kHz

Hochfrequente Felder 30 kHz bis



Eisenbahn



Stromversorgung und -nutzung



Stärke von Magnetfeldern in verschiedenen Abständen

Gerät (willkürliche Auswahl)	Abstand zum Körper		
	nahe bis ca. 3 cm	mittel bis ca. 30 cm	weit bis ca. 100 cm
Haarföhn	☹️	😊	☺️
Staubsauger	☹️	😊	☺️
Bügeleisen	😊	☺️	☺️
Elektroherd	😊	😊	☺️
Mikrowelle	☹️	☹️	☺️
Kaffeemaschine	😊	☺️	☺️
Kühlschrank	☺️	☺️	☺️
Handmixer	☹️	😊	☺️
Waschmaschine/ Wäschetrockner	😊	☺️	☺️

Magnetfeldstärken in Mikrottesla (nach BAFU, 2005):

- ☹️ mehrere 100 Mikrottesla
- 😊 bis ca. 10 Mikrottesla
- ☺️ unter 1 Mikrottesla





«Elektrische und magnetische
Felder gibt es überall.»



Einleitung

Seit der Einführung der Glühlampe Ende des 19. Jahrhunderts hat die Elektrizität Einzug in fast alle Lebensbereiche gehalten. Neben dem offensichtlichen Nutzen elektrischer Anlagen und Geräte gibt es jedoch auch unerwünschte Auswirkungen, die durch den Betrieb entstehen können. Sobald sich Spannungen aufbauen und Strom fliesst, entstehen elektrische und magnetische Felder. Diese Felder sind unsichtbar und werden häufig als «Elektrosmog» bezeichnet. Die Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) auf den Menschen sind wissenschaftlich breit untersucht worden, und der Gesetzgeber hat, auf diese Erkenntnisse gestützt, Grenzwerte erlassen, um Gefährdungen zu verhindern. Grenzwerte der SUVA limitieren die Exposition an Arbeitsplätzen, und Grenzwerte der NISV (Verordnung zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung) limitieren EMF von Infrastrukturanlagen, wie z.B. Hochspannungsleitungen, TV-/Radio-Sender, Mobilfunk-Basisstationen etc.

Die Bevölkerung ist täglich und überall technisch erzeugten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Ein Grossteil dieser Felder wird durch den Gebrauch von elektrischen und elektronischen Geräten selber produziert. Diese Broschüre bietet Informationen zu elektromagnetischen Feldern, wo sie auftreten, welche Wirkungen sie auf den Menschen haben und wie man sie im persönlichen Umfeld beeinflussen oder reduzieren kann.

Electrosuisse

Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik

FSM – Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation

Allgemeines | Grundlagen

Überall dort, wo Elektrizität genutzt wird, existieren elektromagnetische Felder (EMF). Auch wenn die Menschheit auf die elektrische Energie verzichten würde, gibt es noch immer natürlicherweise vorkommende EMF. Bei den technisch erzeugten Feldern, auf welche sich diese Broschüre konzentriert, ist es eine Frage des

«Die grösste Belastung ist hausgemacht.»

«Wie» und «Wieviel», die darüber entscheidet, ob Nutzen oder begleitende Risiken überwiegen. Für Funkdienste beispielsweise sind die Felder keine Begleiterscheinung, sondern der eigentliche Sinn. Ähnliches gilt für therapeutische Anwendungen in der Medizin: Auch in der Diagnose will man nicht mehr auf EMF, welche die Bilder eines Magnet-Resonanz-Tomografen (MRT) erzeugen, verzichten.

Was sind elektromagnetische Felder?

«Elektromagnetische Felder» ist ein Sammelbegriff für verschiedene Arten von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (siehe Seite 20).

Was ist Elektrosmog?

Mit Elektrosmog bezeichnet man meist das, was weiter oben als EMF beschrieben wurde. Manchmal verwendet man den Begriff auch eingeschränkt und meint damit die unerwünschte nicht-ionisierende Strahlung, die während der Nutzung und des Transports von elektrischer Energie entsteht. EMF bzw. Elektrosmog sind geruchsfrei, unsichtbar und meistens auch nicht spürbar. Sie können unter gewissen Umständen die Gesundheit gefährden.

Wo gibt es elektromagnetische Felder?

Technisch erzeugte EMF findet man im Freien, z.B. um Leitungen, Antennen, Trafostationen, ebenso wie in der Bahn oder in Gebäuden, vornehmlich während der Nutzung von elektrischen und elektronischen Geräten, wie z.B. Staubsauger, Haartrockner, Mobiltelefon, Computer, Babyfon, Funkkopfhörer, Elektroboiler, Induktionskochfelder etc. Die Stärke der Felder ist sehr unterschiedlich. Der Staat sorgt mit Auflagen bezüglich der Gerätezulassungen und mit Vorgaben für Infrastrukturen (Stromnetz, Funkdienste) für die Begrenzung der Belastung.

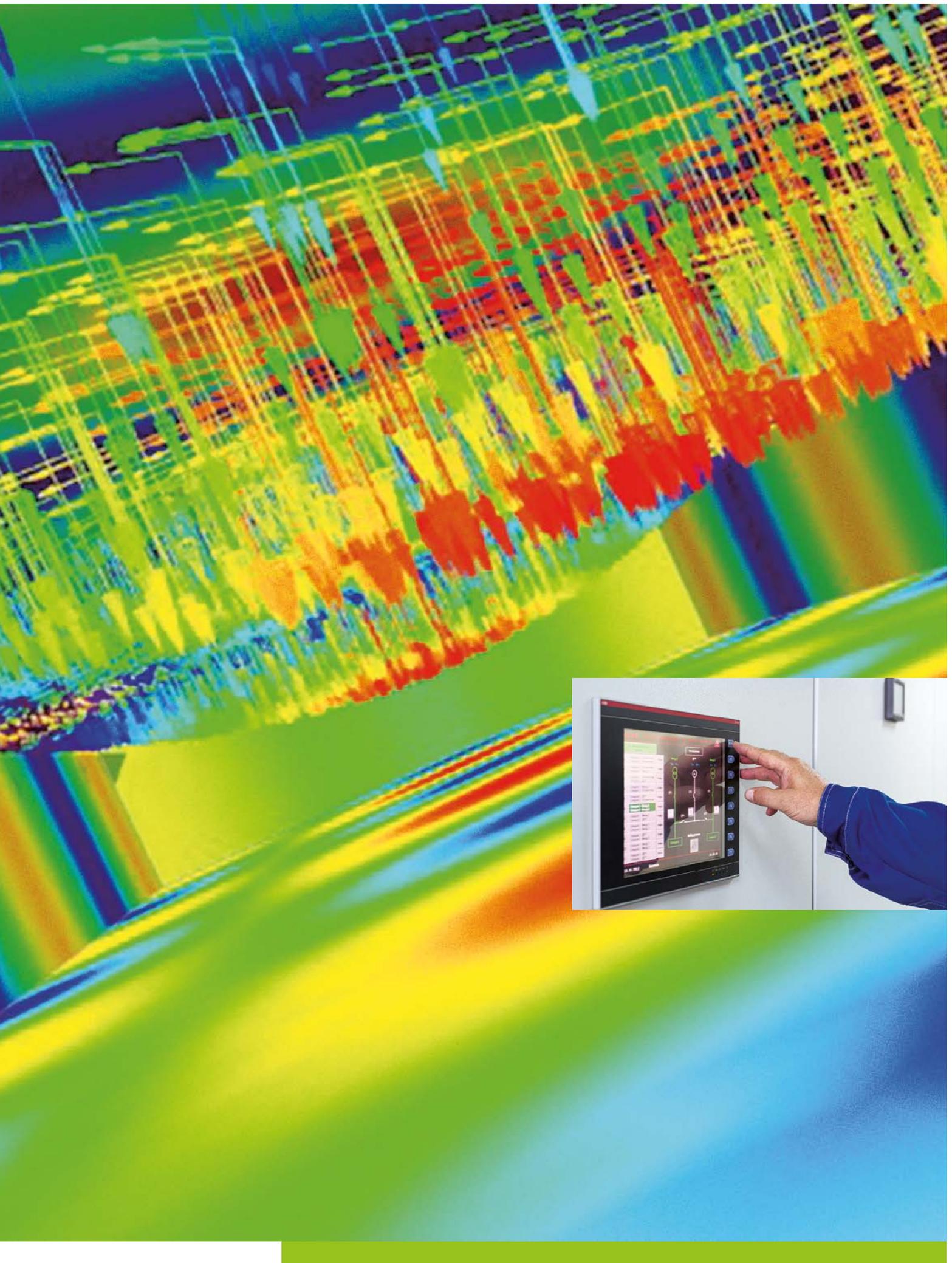
Risiken von EMF

Vergleicht man EMF mit anderen Gesundheitsrisiken, so können elektromagnetische Felder grundsätzlich als relativ harmlos eingestuft werden. Entscheidend ist die Stärke, Dauer und Frequenz der Feldeinwirkung. Wenn es gesundheitliche Klagen gibt, beziehen sich diese fast ausschliesslich auf Befindlichkeitsstörungen, selten auf medizinisch klar diagnostizierbare organische Beeinträchtigungen. Die Verursachung solcher Beeinträchtigungen durch EMF (im Rahmen der gesetzlich zugelassenen Intensitäten) ist wissenschaftlich nicht erwiesen.

Gesundheitliche Gefährdungen kennt man bei sehr starken Feldern. Die Grenzwerte verhindern jedoch, dass der Mensch Feldstärken ausgesetzt ist, die solche Gefährdungen mit sich bringen würden.

Staatliche Kontrolle

Der Staat hat den verfassungsmässigen Auftrag, die Volksgesundheit und die Umwelt zu schützen. Elektrosmog gehört zu den Themen, die unter seiner ständigen Beobachtung stehen. In der NIS-Verordnung (NISV) begrenzt er die Feldimmissionen und -emissionen von Anlagen, um die Bevölkerung zu schützen. Für die Begrenzung der Strahlenbelastung an Arbeitsplätzen gelten die Richtwerte der SUVA. Über die Zulassung von Produkten werden die Emissionen von Haushaltgeräten und elektronischen Gütern limitiert.



Privatbereich

Privathaushalte gehören zusammen mit der Industrie und dem Dienstleistungsbereich zu den grössten Stromverbrauchern. Ein Grossteil der täglichen EMF-Belastungen stammt von Geräten, die in den eigenen vier Wänden betrieben werden. Dies gibt Gelegenheit, die Belastung im engsten Umfeld durch richtiges Verhalten zu beeinflussen.

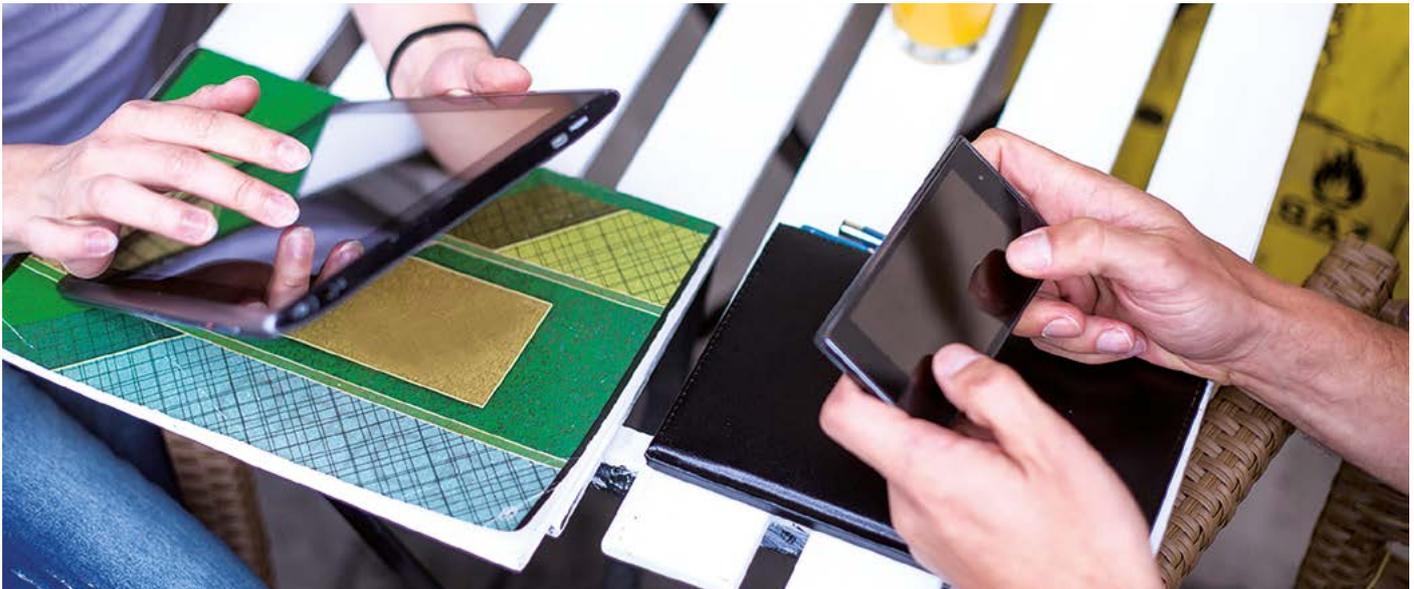
Elektrische Haushaltgeräte

Elektrische Haushaltgeräte erzeugen niederfrequente magnetische und elektrische Felder. Nicht alle Geräte generieren aber gleich starke Felder. Der Gesetzgeber betrachtet vor allem die Magnetfelder. Sie sind dort besonders ausgeprägt, wo grosse Ströme fließen (Geräte mit hohen Wattzahlen) und/oder wo Spulen zum Einsatz kommen, z.B. Geräte mit elektrischen Motoren und die elektrische Wärmeerzeugung.

Wenn die Informationsübertragung per Funk in zwei Richtungen erfolgen soll, dann ist jedes Gerät sowohl Sender als auch Empfänger. Es sind die Sender, die Felder verursachen; die Fernsehantenne auf dem Dach oder dem Balkon empfängt nur Signale.

Dauerbetrieb

Ob Langzeitexpositionen schwacher Strahlung für den Organismus gesundheitlich schädlich sind, ist nicht bekannt. Wer vorsorglich seine Exposition tief halten will, sollte Geräte, wenn sie nicht gebraucht werden, ausschalten oder vom Netz nehmen. Das spart auch Strom. Dann gilt immer: Mit zunehmendem Abstand von der Quelle sinkt die Feldbelastung. Man achte deshalb vor allem bei Geräten im Dauerbetrieb auf deren Positionierung und bedenke, dass Wände und Böden für niederfrequente Magnetfelder keine abschirmende Wirkung besitzen.



Hausgemachte Hochfrequenz-Strahlung

Hochfrequente elektromagnetische Felder in den eigenen vier Wänden stammen von den immer zahlreicher werdenden häuslichen Funkanwendungen. Schnurlose Telefone, Funksteuerungen, Funkkopfhörer, Überwachungsanlagen, Smart Meters und viele mehr. Die Sendeleistungen dieser Geräte sind allerdings schwach, und sie senden meist nicht dauernd, sondern nur, wenn sie gerade genutzt werden.

Schlafzimmer

Was im vorhergehenden Abschnitt Dauerbetrieb gesagt wurde, gilt ganz besonders für Schlafzimmer, da sich dort längere Aufenthaltszeiten ergeben.

Mobiltelefone

Mit über 10 Millionen Geräten liegt die Zahl der Mobiltelefone deutlich höher als die Einwohnerzahl der Schweiz. Die übertragene Datenmenge verdoppelt sich jährlich. Neue, immer leistungsfähigere Technologien gelangen zum Einsatz. Dabei steigt die Effizienz, d.h. die notwendige Strahlung zur Übertragung einer Informationseinheit, laufend an. Die UMTS-Technologie arbeitet trotz höherer Datenraten mit deutlich geringerer Strahlung als die ältere GSM-Technologie (www.emf.ethz.ch).

Während eines Gesprächs geht von einem Mobiltelefon eine grössere Belastung für den Nutzer aus als selbst von der leistungsstärksten Sendestation. Das liegt daran, dass das Mobiltelefon während des Gebrauchs sehr nahe am Kopf gehalten wird. Der Mindestabstand zu einer Sendeanlage beträgt hingegen fast immer mehrere Dutzend Meter. Die Strahlung einer Sendestation verteilt sich deshalb auf den ganzen Körper, beim Mobiltelefon ist hingegen vor allem die lokale Belastung beim Kopf relevant (siehe Bild Seite 19).

Für Mobiltelefone gilt ein internationaler Strahlenrichtwert (sog. SAR-Wert). Die SAR gibt an, wie viel Strahlungsleistung beim Telefonieren maximal vom Kopf absorbiert wird. Je niedriger die Zahl (SAR-Wert), desto strahlungsärmer ist ein Mobiltelefon bei voller Leistung. Gemäss Produktnormen darf ein Wert von 2 Watt pro Kilogramm Körpergewicht (W/kg) nicht überschritten werden (www.izmf.de).

Schnurlostelefone

Die meisten DECT-Basisstationen senden im Dauerbetrieb, die Mobilteile nur während des Gesprächs. Die Sendeleistung einer Basisstation erhöht sich mit der Anzahl der Mobilteile. Zentrale Stationen sollten deshalb nicht auf regelmässig benutzten Schreibtischen aufgestellt werden, sondern in einiger Entfernung dazu. Neuere Versionen (ECO DECT) senden nur während des Gesprächs.

WLAN

Wireless Local Area Network (WLAN) ist ein drahtloses lokales Netzwerk. Im öffentlichen Raum sind solche «Hotspots» (Sendestationen) immer häufiger eingerichtet. Sie erlauben einen Breitbandzugang zum Internet. In Gebäuden werden Reichweiten bis 30 Meter erreicht, im Freien bis 300 Meter. Im Abstand von 1 Meter zu einer Sendestation liegen die Feldstärken auch bei starker Auslastung des Access-Points auf einem Niveau weit unterhalb des Grenzwerts. Eingeschaltete Funkmodule in den Endgeräten befinden sich oft nur wenige Zentimeter vom Nutzer entfernt. Messungen zeigten, dass die Belastungen fast durchwegs unterhalb derjenigen von Mobiltelefonen liegen. Funkmodule lassen sich bei Nichtgebrauch problemlos ausschalten.

«Die Exposition kann durch eigenes Verhalten beeinflusst werden.»

Bluetooth

Bluetooth ist ein Funkstandard für die drahtlose Datenübertragung in nächster Nähe. Er findet oft in Funkmäusen, PC-Tastaturen oder Druckern Anwendung. Bluetooth unterscheidet sich von der WLAN-Technik durch eine kürzere Reichweite und ein anderes Übertragungsverfahren. Es gibt drei Leistungsklassen. Nur in der höchsten Klasse bewegen sich die Feldwerte in ähnlichem Bereich wie beim WLAN.

Telekommunikation und Verkehr

Drahtlose Kommunikation und elektrische Verkehrsmittel nutzen und produzieren elektromagnetische Felder (EMF). Grundsätzlich wird im Transportbereich die Belastung durch EMF des Elektroverkehrs als weit unproblematischer eingeschätzt als die Belastung durch Abgase von Motoren mit fossilen Brennstoffen.

Mobilfunk-Sendeanlagen (Basisstationen)

Ein Mobilfunknetz besteht aus Tausenden von Sendeanlagen. Aktuell gibt es in der Schweiz über 15000 solcher Anlagen. Die Basisstationen sind über Richtfunk (kleine Parabolantennen) oder Glasfaser miteinander verbunden. Jede Basisstation deckt das nähere Umfeld ab und bedient die Mobiltelefone in diesem Bereich. In Städten mit vielen Nutzern sind entsprechend viele Sendeanlagen installiert. Die Funkzellen sind dort klein, die Sendeleistungen nicht sehr hoch. In ländlichen Gegenden gibt es weniger Sender, welche jedoch deutlich grössere Leistungen und Reichweiten aufweisen. Die Strahlungsintensität einer Anlage hängt wesentlich davon ab, wie stark sie ausgelastet ist. Während des täglichen Hochbetriebs sind die Leistungen deutlich höher als während der Nacht, wenn kaum telefoniert wird.

«Die Distanz zur Quelle ist entscheidend für die Belastung.»

Sendeanlagen für Rund-, Richt- und Amateurfunk

In der Schweiz gibt es ca. 400 Radio- und 600 Fernsehsender, die meistens abseits von Wohnzonen aufgestellt sind. Aktuell werden die Rundfunk-Stationen etappenweise auf digitale Technik umgestellt. Die digitalen Programme haben eine höhere Qualität und kommen mit weniger Sendeleistung aus. Auch von privaten und beruflichen Funkanlagen, z.B. Flugüberwachung oder Militär, gehen hochfrequente elektromagnetische Wellen aus. Im Durchschnitt ist die Exposition gegenüber Rundfunkanlagen tiefer als gegenüber den viel häufiger anzutreffenden Mobilfunk-Basisstationen (eine Übersicht über die Standorte, Sendestärken und Dienste von Funkanlagen in der Schweiz findet man auf www.funksender.ch).

Waren-, Personen- und Überwachungsanlagen

Anlagen zur Personenidentifikation oder zur Erkennung oder Überprüfung von Waren basieren meist auf Hochfrequenz-Technologien – in der Logistik und im Warenverkauf etwa auf RFID (Radio Frequency Identification). RFID-Chips (Tags) werden als Artikelkennzeichnung, als Ohrmarken für Tiere, biometrische Reisepässe, Checkkarten, Wegfahrsperrern in Autoschlüsseln, Tageskarten für Sportanlagen, Badges für Gebäudezutritts-Kontrolle u.v.m. eingesetzt. Die Lesedistanzen können bis zu einigen Metern betragen. Meist senden die Tags nicht aktiv, sondern reflektieren nur die Strahlung, die eine Anlage, z.B. eine Artikelsicherungsanlage in einem Geschäft, abgibt.

Bahnen

Im Unterschied zum 50-Hertz-Industrie- und -Haushaltsstrom versorgt sich die Eisenbahn mit Elektrizität der Frequenz 16,7 Hertz. Der Stromfluss in den Fahrleitungen ist im Vergleich mit Hochspannungsleitungen weniger konstant, denn nur gerade befahrene Abschnitte werden bestromt. Dabei ist die Stromstärke beim Anfahren des Zugs oder bei der Stromrückgewinnung besonders gross. Bei hohem Verkehrsaufkommen können von den Fahrleitungen vergleichsweise starke Magnetfelder ausgehen. Diese nehmen jedoch mit zunehmendem Abstand vom Fahrdrabt an Stärke ab. In 10 Metern Distanz zum Trasseee liegen die 24-Stunden-Mittelwerte von viel befahrenen Strecken fast durchwegs unterhalb des Anlagegrenzwertes von einem Mikrottesla. Im Zuginnern misst man ebenfalls Magnetfelder. Sie können bis einige wenige Mikrottesla betragen.

Gleichstrom-Verkehrsmittel

Strassenbahnen, Trolleybusse und einige Schmalspurbahnen verwenden Gleichstrom. Es entstehen statisch elektrische und statisch magnetische Felder. Die Feldbelastung durch diese Bahnen ist im Normalfall geringer als durch das natürliche elektrische Feld der Atmosphäre oder das Erdmagnetfeld.

Auto

Die Bordelektrik im Auto erzeugt elektromagnetische Felder von wenigen Hertz bis ca. 1000 Hertz. Je nach geometrischer Anordnung (Standorte) der elektrischen Geräte, wie Batterie, Lichtmaschine, Zündung, Klimaanlage etc., misst man grössere oder kleinere Expositionen im Bereich der einzelnen Sitze. Meist sind die Felder sehr klein. Die höchsten Magnetfeldstärken misst man bei nicht entmagnetisierten Reifen im Fussbereich der Passagiere.

Von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb gehen zusätzliche Feldbelastungen aus. Messungen haben ergeben, dass die Stärke dieser zusätzlichen Felder in der Grössenordnung der in jedem Auto durch die Bordelektrik erzeugten Magnetfelder liegt.

E-Bike

Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb müssen auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) geprüft werden. Von ihnen geht daher kein nennenswertes Störpotenzial aus. Über gesundheitliche Belastungen ist nichts Negatives bekannt.



Architektur und Elektroplanung

Für die Standortwahl der Objekte müssen Architekten die Feldbelastung durch nahegelegene elektrische Anlagen berücksichtigen. Es gibt gesetzlich festgelegte Zonen, in welchen nicht gebaut werden darf. Wohnhäuser, Schulanlagen, Spitäler oder Bürogebäude müssen in besonders feldarmen Zonen liegen, während Lagerhäuser, Läden oder generell Orte, die kurzzeitig von Menschen genutzt werden, höheren Belastungen ausgesetzt sein dürfen.

Gebäudehülle

Gebäudehüllen können äussere elektrische und elektromagnetische Felder abschirmen oder dämpfen. Die Wirkung ist abhängig von der Frequenz des Feldes und vom Baumaterial.

Niederfrequente Magnetfelder sind fast nicht abzuschirmen. Eine dämpfende Wirkung auf Hochfrequenz-Strahlung haben Betonmauern und -böden aufgrund der verlegten Armierungseisen. Holz und Backsteine dämpfen dagegen fast nicht.

Innenräume

Als speziell sensibel gelten Schlaf- und Kinderzimmer. Will man in diesen Räumen möglichst tiefe Feldstärken erzielen, so achte man darauf, dass Installationen und Grossgeräte wie Boiler oder Elektroheizungen so positioniert sind, dass Distanz halten möglich ist, denn Abstand reduziert die Feldstärke wirksam. Man kann auch Netzfreischalter einbauen, um während



der Nacht die niederfrequenten Felder zu eliminieren. Eine spezielle Herausforderung für das Abschirmen stellen niederfrequente Magnetfelder und Hochfrequenz-Strahlung dar. Sie können nur sehr aufwändig mit hochspezialisierten und sehr teuren Massnahmen wirksam eingedämmt werden.

Elektrische Installationen

Die Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NIS-Verordnung) regelt die Feldeinwirkung im Gebäudeinneren, die von elektrischen Installationen ausgeht. Es gibt technische Vorschriften für die Anordnung von Leitern und Verteilsystemen, um Immissionen möglichst tief zu halten.

Elektrische Ausstattung

Induktionskochfeld: Induktionskochfelder erzeugen Magnetfelder im Bereich von 20–50 Kilohertz. Magnetische Streufelder können entstehen, wenn das Kochfeld vom Pfannenboden nicht vollständig abgedeckt wird oder ungeeignetes Kochgerät zur Anwendung kommt. Bei ordnungsgemäsem Gebrauch liegen die Immissionen auch in wenigen Zentimetern Distanz deutlich unterhalb der Grenzwerte.

Mikrowellengeräte: In Mikrowellengeräten wird mit starker Hochfrequenz-Strahlung Nahrung erwärmt. Die Geräte sind so konzipiert, dass keine Strahlung nach aussen dringt, um die Energie vollumfänglich für die Erhitzung der Lebensmittel zu nutzen. Auch nach der Anschaffung eines Mikrowellengeräts lohnt es sich, sich mit den Sicherheitsvorschriften und der Bedienungsanleitung vertraut zu machen.

Beleuchtung: Moderne Leuchtkörper (LED, Energiesparlampen) sind weitgehend unkritisch. Niedervolt-Halogen-Beleuchtungen weisen aufgrund der relativ hohen Ströme und der grossen Leiterabstände der Stromschienen vergleichsweise grosse Magnetfelder auf.

«Feldeinflüsse in der Planung berücksichtigen.»

Niederspannungs-Installations-Norm (NIN):

Das Umweltschutzgesetz verlangt, Einwirkungen, die für Menschen schädlich oder lästig werden könnten, im Sinne der Vorsorge zu begrenzen. Die nicht-ionisierende Strahlung wird vom Gesetzgeber als eine solche Einwirkung behandelt. Deshalb werden elektromagnetische Felder von Strominstallationen oder Funkanlagen auch hinsichtlich ihrer Störeinwirkungen auf Geräte und Installationen vom Gesetzgeber reguliert. Diesem Thema wird in der NIN 2015 neu ein ganzes Kapitel gewidmet.

Elektrizitätsversorgung

Je höher die Spannung, umso geringer sind die Leitungsverluste in der Elektrizitätsübertragung. Deshalb wird der Strom für den Transport über lange Distanzen auf sehr hohe Spannungen (bis 380 000 Volt) transformiert. Diese Spannung wird dann in Unterwerken wieder stufenweise bis auf 440 und 230 Volt auf der untersten Versorgungsebene (Niederspannung) abgesenkt.

Hochspannungs- und Freileitungen

Unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen kann man an Hochspannungsleitungen kleine Funkenentladungen erkennen. Sie erzeugen ein hörbares Knistern. Was sich gefährlich an-

hört, ist es jedoch nicht. Die Entladungen sind auf die örtlich hohen Spannungen der Leiterseile, die zu spontanen Ionisationen der Luft führen können, zurückzuführen.

Die grössten Feldstärken (auf Bodenhöhe) misst man dort, wo die Leitungen dem Boden am nächsten kommen. Der Immissionsgrenzwert wird an diesen Stellen gerade noch eingehalten. Mit der Entfernung vom spannungsführenden Leiter nimmt die elektrische Feldstärke rasch ab. Elektrische Felder werden durch Objekte verzerrt und abgeschwächt. Die Leitfähigkeit von Gebäudehüllen reicht aus, um ein äusseres elektrisches Feld praktisch vollständig abzuschirmen.



Magnetfelder von Hochspannungsleitungen dagegen dringen leicht durch die Gebäudehülle ins Hausinnere ein. Selbst Betonwände bieten keine Abschirmwirkung. Die Stärke eines Magnetfeldes einer Hochspannungsleitung hängt vom Stromfluss und der geometrischen Anordnung sowie dem Betrieb der Leiter ab. Auch beim Magnetfeld liegt die höchste Feldstärke direkt unter der Leitung. Der Immissionsgrenzwert wird aber auch hier eingehalten. In einer Entfernung von ca. 50 Meter vom Trasse einer grossen Höchstspannungsleitung ist bei optimiertem Betrieb auch der Anlagegrenzwert (1 Mikrottesla) unterschritten. In Entfernungen ab ca. 100 Meter sind die Magnetfelder der hausinternen Installationen und Geräte grösser als jene einer nahen Freileitung.

Erdverlegte Kabel

In der lokalen Elektrizitätsverteilung werden möglichst in die Erde verlegte Kabel eingesetzt. Der Energietransport über grosse Distanzen hingegen geschieht fast ausschliesslich über Freiluft-Hochspannungsleitungen. Ob künftig vermehrt Erdkabel auch im Hochspannungsnetz eingesetzt werden, ist eine politische und wirtschaftliche Frage.

Im Erdkabel können die Leiter nahe beieinander liegen. Hier misst man Magnetfelder, die mit zunehmendem Abstand zum Leiter sehr rasch abnehmen. Allerdings liegen diese Kabel nicht sehr tief unter der Erde. Unmittelbar über dem Kabelkanal ist deshalb die Magnetfeldstärke vergleichsweise hoch. Bei einer Verlegungstiefe zweier Leiter von 0,8 Meter und Stromstärken von je 750 Ampere werden die Immissionsgrenzwerte direkt über der Leitung fast erreicht. Bereits in wenigen Metern Distanz wird aber der Anlagegrenzwert von 1 Mikrottesla unterschritten.

Transformatorstationen

Der Wechsel von der Höchstspannung bis zur Niederspannung an der Steckdose erfolgt über mehrere Transformationsstufen. Die Umformung von Mittelspannung auf Niederspannung erfolgt an verschiedenen Verzweigungspunkten des Verteilnetzes. Die stärksten Magnetfelder gehen vom Transformator selbst und den daran angeschlossenen Sammelschienen aus. Die Absenkung der Spannung hat immer eine Erhöhung des Stroms und damit auch ein grösseres Magnetfeld zur Folge.

«Je höher die Spannung, desto kleiner der Verlust.»

Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen arbeiten primär mit Gleichstrom und erzeugen biologisch unkritische statische, elektrische und magnetische Felder. In 30–50 Zentimetern Abstand zur Leitung ist das Magnetfeld mit demjenigen der Erde vergleichbar. Wechselrichter erzeugen auch höherfrequente Felder. Die Feldstärken liegen im Bereich leistungsstarker Haushaltgeräte.

Medizinalbereich

Die Medizin hat schon früh elektrische Felder in Diagnostik und Therapie genutzt. Mit der Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT) ist ein weiteres, äusserst leistungsfähiges Gerät verfügbar geworden. Eine auch nur einigermaßen umfassende Darstellung von EMF-Anwendungen im Medizinalbereich würde den Rahmen und die inhaltliche Ausrichtung dieser Broschüre sprengen. Es werden hier ausgewählte Beispiele diagnostischer und therapeutischer Einsätze von EMF angesprochen.

«Nutzen von Feldern in der Medizin.»

Magnet-Resonanz-Tomograf (MRT)

Ein MRT liefert ein dreidimensionales Bild des Innern des Menschen. Im Gegensatz zu Röntgengeräten oder Computertomografen verwendet ein MRT nicht Röntgenstrahlung, sondern elektromagnetische Felder. Die Technologie ist sehr aufwändig und kompliziert. Es müssen verschiedenste Felder kombiniert werden, um die für ein 3-D-Bild nötigen Informationen zu generieren. Dabei kommen starke statische Magnetfelder, die mit supraleitenden Spulen erzeugt werden, magnetische Gradientenfelder und hochfrequente Impulsfelder zum Einsatz. Im Vergleich zum diagnostischen und therapeutischen Nutzen sind beim MRT die bekannten Nebenwirkungen (Schwindel, Wärmegefühl, Unwohlsein) vernachlässigbar klein. Tomografie-Personal ist geschult. Alle Bestimmungen zum Arbeitsschutz müssen eingehalten werden.

Medizinische Lebenshilfen

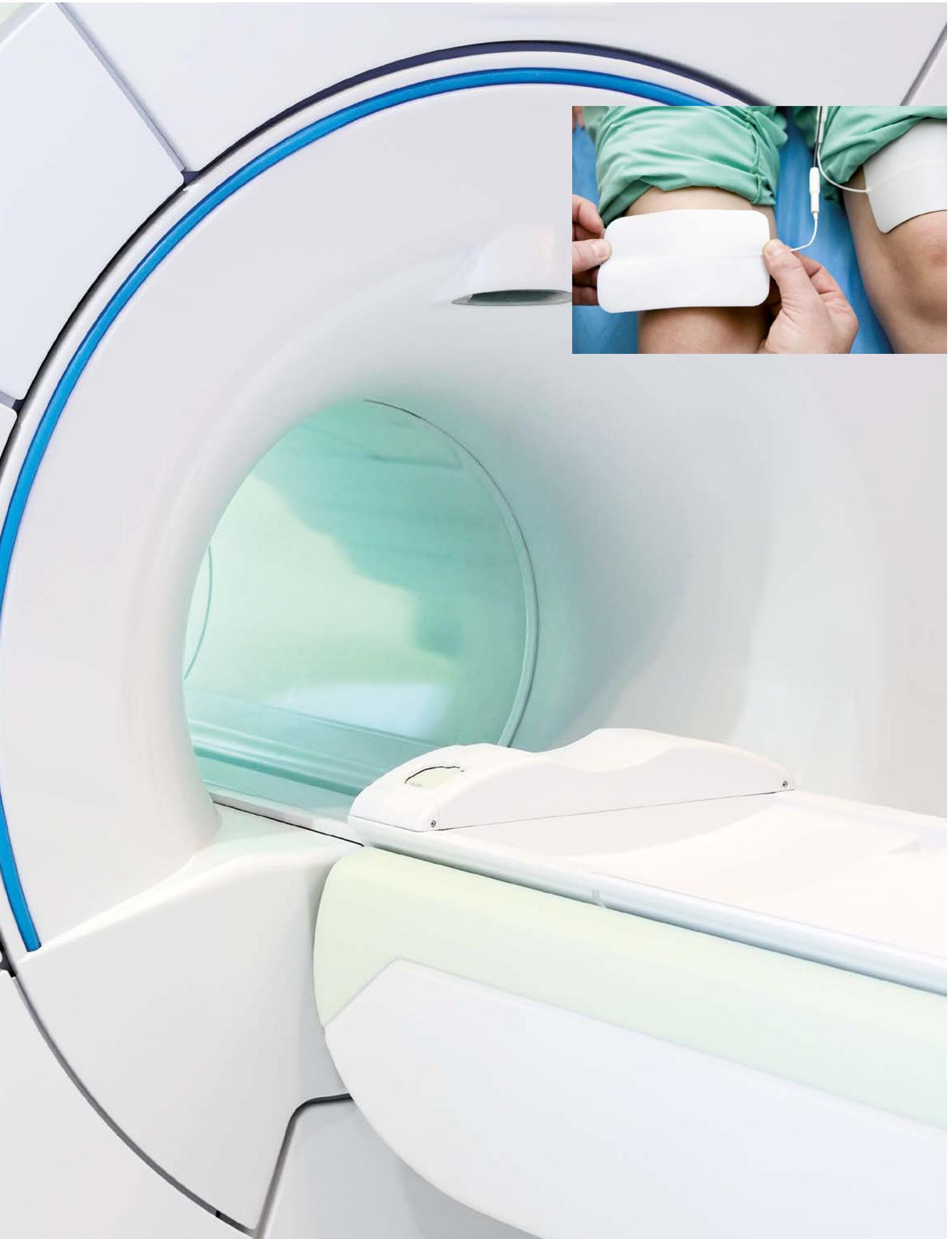
Dazu gehören implantierbare elektronische Geräte wie Herzschrittmacher, Defibrillatoren, Cochlea-Implantate oder aktive Stimulatoren von Organen, Muskeln oder Nerven. Es gilt, das Risiko von möglichen Störungen der Implantate durch externe elektromagnetische Felder zu minimieren. Besondere Beachtung schenkt man dabei elektronischen Sicherungssystemen wie z.B. Artikelsicherungsanlagen, Metalldetektoren, RFID-Anlagen. Die allermeisten Geräte sind störsicher. Für Arbeitgeber und Berufstätige an exponierten Arbeitsplätzen hat die SUVA Empfehlungen erlassen.

Therapeutische Anwendungen

Es gibt eine Reihe von therapeutischen Verfahren und Geräten, die mit nieder- oder hochfrequenten elektromagnetischen Feldern arbeiten. Es gibt auch Anwendungen mit gepulsten elektromagnetischen Feldern (PEMF). Der therapeutische Nutzen vieler Anwendungen ist umstritten. Im Folgenden werden einige ausgewählte Einsätze dargestellt.

Niederfrequenz-Therapie: Niederfrequente magnetische Felder können Nerven und Muskeln anregen, weil sie im Körperinnern Spannungen und Ströme generieren. Solche oftmals gepulsten Magnetfeld-Therapien werden zur Linderung von Schmerzen und zur Verbesserung der Durchblutung eingesetzt. Der therapeutische Nutzen ist wissenschaftlich nicht erwiesen. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) rät von einer Anwendung entsprechender Produkte (Magnetfeldmatten) ab. Andere Verwendungen gepulster Magnetfelder sind Bestrahlungen nach Frakturen, um das Knochenwachstum zu beschleunigen oder die gezielte Stimulierung von Hirnregionen in der sogenannten transkraniellen Magnetfeldstimulation. Der Nutzen dieser Anwendungen ist klinisch belegt, jedoch wissenschaftlich nicht vollkommen unbestritten.

Hochfrequenz-Therapie: Die Wirkung, die erzielt werden soll, ist die Erwärmung von Gewebe. Man spricht auch von Diathermie. Die Anwendungen basieren auf der Tatsache, dass das Gewebe die Strahlungsenergie von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern absorbiert und in Wärme umsetzt. Je nach eingesetzter Frequenz und Intensität der Strahlung ist die Wirkung anders. Sehr hochfrequente Felder erwärmen nur die alleräusserste Hautschicht, z.B. Infrarot-Therapie, langwelligere Strahlung kann dagegen tiefer ins Gewebe eindringen. In der Kurzwellen-Therapie wird der ganze Körper erwärmt. Die gezielte lokale Erwärmung von Körperregionen oder Organen sollte unter ärztlicher Kontrolle erfolgen. Eine spezielle Anwendung der Diathermie wird in der Elektrochirurgie eingesetzt: elektromagnetische Felder werden zur punktgenauen Erhitzung und Zerstörung von Geweben verwendet, die sogenannte Hochfrequenz-Ablation, etwa in der Tumorbehandlung.



Behörden

Mit der starken Zunahme vor allem von Funkanwendungen wurde Mitte der 1990er-Jahre begonnen, die Strahlenbelastung behördlich zu regulieren. Berücksichtigt wurden dabei bestehende nationale Vorgaben, wie das Umweltschutzgesetz, als auch internationale Empfehlungen zur Begrenzung der Strahlenbelastung.

Internationales Umfeld

Eine der wichtigsten internationalen Organisationen für Schutzempfehlungen im EMF-Bereich ist die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP). Ihr Ziel ist es, einheitliche und verlässliche Grenzwerte für Feldbelastungen zu definieren, die

wissenschaftlich abgestützt sind. Dabei wird unterschieden zwischen Grenzwerten, die für die allgemeine Bevölkerung gelten, und solchen, die für Berufstätige zur Anwendung kommen. Letztere sind weniger streng, weil Personal an exponierten Arbeitsplätzen geschult werden kann.

Die Weltgesundheits-Organisation WHO hat die Empfehlungen der ICNIRP aufgenommen und rät den Mitgliedsländern, diese umzusetzen. Die Europäische Union hat 1999 eine «Empfehlung zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder» veröffentlicht. Das Dokument basiert ebenfalls auf den



ICNIRP-Empfehlungen und überlässt die Umsetzung den Mitgliedstaaten. Diese können auch strengere oder detailliertere Vorschriften erlassen.

Massnahmen in der Schweiz

Im Jahr 2000 hat der Bundesrat die Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NISV) in Kraft gesetzt. Ihr Ziel ist es, nachweislich gesundheitsschädigende Auswirkungen zu unterbinden. Die NISV übernimmt dabei im Wesentlichen die Standards der ICNIRP. Darüber hinaus hat sie zusätzlich, basierend auf dem Umweltschutzgesetz, strengere Emissionsgrenzwerte für Orte mit sogenannt empfindlicher Nutzung (Wohnungen, Schulen, Spitäler, Büros etc.) erlassen. Es handelt sich dabei um Vorsorgegrenzwerte, die in der Verordnung «Anlagegrenzwerte» genannt werden und sich von den der ICNIRP entlehnten «Immissionsgrenzwerten» unterscheiden.

Aufgabenteilung Bund und Kantone

Federführend bei der NISV ist das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Nichtionisierende Strahlungen (NIS). Der Vollzug wird je nach Anlagentyp von anderen Bundesämtern, vor allem aber von den kantonalen Fachstellen übernommen. Nur einzelne grössere Städte verfügen über eigene Fachstellen. Bei Fragen erteilt das Bundesamt für Umwelt BAFU oder das Baudepartement/Raumplanung des jeweiligen Kantons Auskunft.

Sorgfältige Standortwahl für Neubauten

Die kantonale Verwaltung gewährleistet die Einhaltung der NISV. Sie prüft, ob Anlagen- oder Gebäudeplanungen die gesetzlichen Bestimmungen erfüllen. Ist das nicht der Fall, werden Baubewilligungen verweigert. Für die Zonenplanung etwa greifen Raumplaner, wenn sie beispielsweise die Immissionen von Hochspannungsleitungen berücksichtigen, auf Informationen des Eidgenössischen Starkstrominspektorats (ESTI) zurück. Das ESTI verfügt über die notwendigen technischen Angaben von elektrischen Anlagen und kann Minimalabstände festlegen.

«Grenzwerte international regeln.»

Konsumgüter

Für transportable Geräte gelten primär Geräternormen, die von einschlägigen Institutionen gesetzt werden, z.B. IEC, Cenelec, ICNIRP oder CES (www.electrosuisse.ch). In der Schweiz kommen weitere nationale Gesetze und Verordnungen wie z.B. die Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV) hinzu. Normen gewährleisten unter anderem die Einhaltung der Standards zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von Geräten. Bei EMV-konformen Geräten ist sichergestellt, dass sie sich im Betrieb gegenseitig nicht stören. Auch die maximale Belastung des Menschen durch EMF wird in den Produktstandards geregelt, bei Mobiltelefonen beispielsweise über den sogenannten SAR-Wert (siehe Seite 7).

Gesundheit und Forschung

Seit Jahrzehnten werden die Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf die menschliche Gesundheit wissenschaftlich untersucht. Fest steht, dass sehr starke Strahlung die Gesundheit gefährden kann. Die relevanten biologischen Wirkmechanismen sind bekannt. Der Grossteil der Forschung widmet sich deshalb schwacher Strahlung (Feldstärken unterhalb der Grenzwerte) und möglichen Langzeiteffekten. Verschiedentlich wird vermutet, dass schwache Strahlung die Gesundheit gefährden könnte.

Elektrosensibilität

Es gibt Menschen, die empfindlich auf EMF reagieren. Sie bezeichnen sich als elektrosensibel. Schwache niederfrequente oder hochfrequente Strahlung löst bei ihnen Symptome des Unwohlseins aus, wie etwa Kopfschmerzen, Schlafstörungen oder Nervosität. Bis anhin gibt es keine anerkannten Kriterien für eine objektive Diagnose solcher Befindlichkeiten. Die Forschung hat in den letzten 10 Jahren die Elektrosensibilität intensiv untersucht, sowohl im Labor im Rahmen von Kurzzeit-Experimenten als auch im Umfeld von Infrastrukturanlagen mit Langzeitstudien bei Anwohnern. Es konnte nicht belegt werden, dass EMF die Ursache der berichteten Symptome ist. Dagegen gibt es mehrfache und deutliche Hinweise auf Placeboeffekte.

«Viele Antworten und neue Fragen.»

Erhöhtes Krebsrisiko?

Das gesundheitspolitische Hauptinteresse im Zusammenhang mit EMF richtet sich auf das Krebsrisiko. Die zur WHO gehörende Internationale Krebsforschungsagentur IARC hat niederfrequente Magnetfelder und hochfrequente elektromagnetische Strahlung als «möglicherweise krebserregend» bewertet. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass es einerseits keine Beweise für ein erhöhtes Risiko gibt, andererseits ein solches aber auch nicht ausgeschlossen werden kann. Der Grund dafür ist die gegenwärtig noch zu dürftige Datenlage.

Bei den niederfrequenten Magnetfeldern steht das Leukämierisiko bei Kindern, die nahe an Hochspannungsleitungen wohnen, im Fokus. Bei hochfrequenten EMF geht es um das Hirntumorrisiko bei langfristiger Mobiltelefonnutzung (mehr als 10–15 Jahre). In beiden Bereichen kann heute noch kein abschliessendes Urteil gefällt werden. Aufgrund des gegenwärtigen Wissenstandes lassen sich erhebliche Risiken jedoch ausschliessen.

Andere Effekte

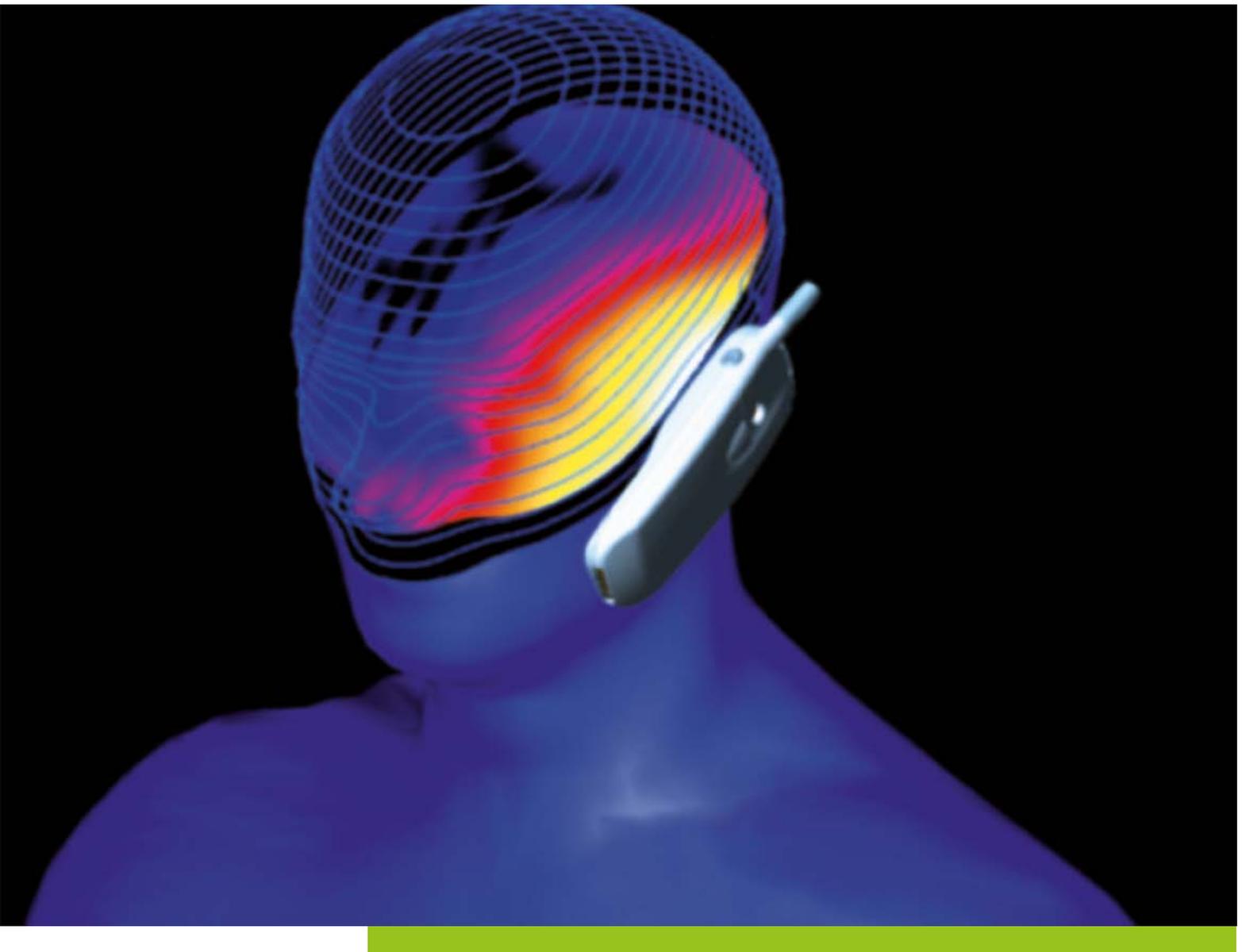
Bei niederfrequenten Magnetfeldern bestehen Verdachtsmomente bezüglich der Alzheimererkrankung. Das bezieht sich primär auf beruflich stark exponierte Personen, nicht auf die allgemeine Bevölkerung bzw. Alltagsexpositionen. Zu anderen Endpunkten hat man meist keine ausreichend robusten Daten, um sie seriös beurteilen zu können.

Hinsichtlich hochfrequenter EMF beziehen sich Verdachtsmomente u.a. auf die Fruchtbarkeit und auf mögliche genotoxische Wirkungen. Auch hier gilt: Die Datenlage präsentiert sich uneinheitlich und häufig widersprüchlich. Seriöse Schlussfolgerungen sind gegenwärtig nicht möglich.

Forschungsaktivitäten

Auf nationaler und internationaler Ebene wird seit Jahrzehnten zu EMF geforscht. Neben den erwähnten Themen, von denen mehrere wissenschaftlich noch nicht abschliessend beurteilt werden können, interessiert vor allem die Frage, ob und wie schwache EMF (Feldstärken unterhalb der Grenzwerte) auf den Organismus oder Zellen im Organismus wirken könnten. Bislang wurde in Zell- und Tierstudien noch kein biologischer Mechanismus entdeckt. Ein solcher würde entscheidend dazu beitragen, die bisherigen Befunde zu einzelnen Krankheitsbildern besser zu interpretieren.

Der Bund hatte zur Erforschung solcher Fragen ein vierjähriges wissenschaftliches Programm finanziert. Dieses ist inzwischen abgeschlossen. Gegenwärtig ist die an der ETH Zürich domizillierte Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM) die einzige Institution in der Schweiz, die gezielt EMF-Forschungsförderung betreibt. Forschende können aber auch regelmässig auf Mittel seitens der Bundesbehörden, insbesondere BAG und BAFU, zählen. Sie engagieren sich auch erfolgreich in internationalen Projekten.



Elektromagnetische Felder

Wo immer elektrisch geladene Teilchen (Elektronen oder Ionen) vorhanden sind, entstehen Spannungen, wo immer sich elektrisch geladene Teilchen bewegen, entstehen Ströme. Spannungen und Ströme generieren elektrische und magnetische Felder. Wir unterscheiden im Zusammenhang mit technisch produzierten Spannungen und Strömen u.a. drei Arten von Feldern: niederfrequente elektrische und magnetische sowie hochfrequente elektromagnetische Felder. Sie sind in unserer Umwelt allgegenwärtig und normalerweise sinnlich nicht direkt wahrnehmbar.

Das niederfrequente elektrische Feld

Elektrische Felder haben ihren Ursprung in geladenen Teilchen. Je grösser der Ladungsunterschied ist, desto stärker ist das elektrische Feld. Die Masseinheit für die elektrische Feldstärke ist das Volt pro Meter (V/m).

Beim Netzstrom schwankt die Spannung 50-mal pro Sekunde hin und her (von +325 Volt zu -325 Volt). Deshalb beträgt die Frequenz des Netzstroms 50 Hertz. Der Eisenbahnstrom hat dagegen eine Frequenz von 16,7 Hertz. Beide Frequenzen liegen im elektromagnetischen Spektrum im untersten Bereich und zählen deshalb zur Niederfrequenz.

Die elektrischen Felder von Stromanwendungen lassen sich mit leitfähigen Materialien leicht abschirmen. Aus gesundheitlicher Sicht gelten niederfrequente elektrische Felder als kaum problematisch. Die grössten elektrischen Feldstärken misst man im Alltag unterhalb von Hochspannungsleitungen. Im Innern von Gebäuden findet man fast ausschliesslich Felder «eigenen Ursprungs», z.B. Haushaltgeräte, Kabel, Akkus.

Das niederfrequente magnetische Feld

Jeder stromführende Leiter erzeugt in seiner Umgebung ein Magnetfeld. Je stärker der Strom, umso grösser das Magnetfeld. Die Feldstärke sinkt mit zunehmendem Abstand zur Leitung. Das magnetische Feld wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen.

Neben der magnetischen Feldstärke hat sich mit der magnetischen Flussdichte eine zweite Messgrösse etabliert. Diese berücksichtigt den Unterschied des Magnetflusses in verschiedenen Materialien. Sie wird mit der Einheit Mikrottesla (μT) bezeichnet.

Im Fall des Netzstroms ändern sich Stromstärke und Stromrichtung entsprechend den Spannungsänderungen im Rhythmus von 50 Hertz. Frequenzen unterhalb einiger 10 000 Hertz nennt man «Niederfrequenz», deshalb spricht man bei Magnetfeldern im Zusammenhang mit Stromanwendungen von niederfrequenten Magnetfeldern.

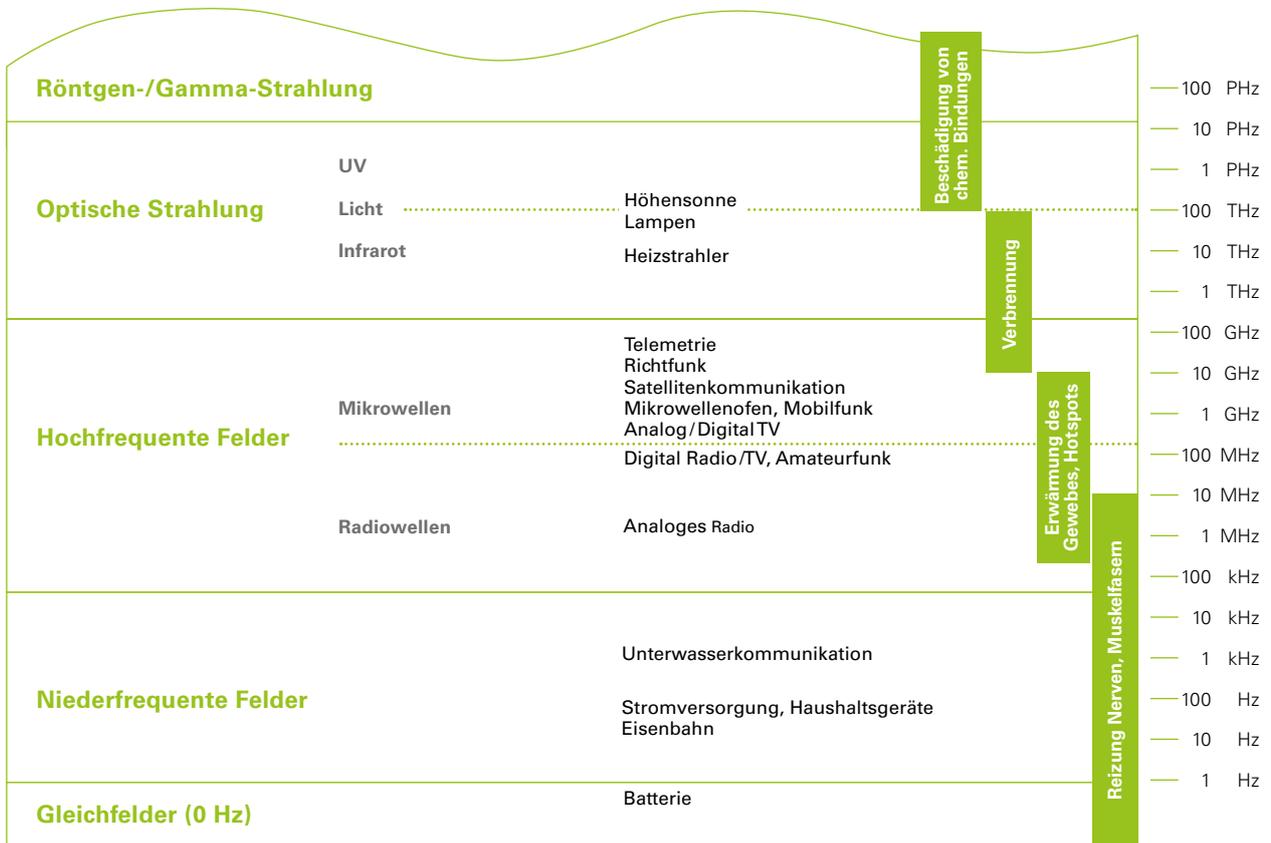
Niederfrequente Magnetfelder durchdringen Körper, Wände und Gehäuse fast ungehindert. Sie sind sehr schwierig abzuschirmen. Weil die meisten technisch erzeugten magnetischen Felder stromabhängig sind, verschwinden sie automatisch bei abgeschalteten Geräten.

Das hochfrequente elektromagnetische Feld

Ab einer Frequenz um 30 000 Hertz tritt bei elektromagnetischen Feldern ein spezielles Phänomen ausgeprägt auf: Das Feld kann sich verselbständigen. Es löst sich von seiner Quelle ab und kann sich als elektromagnetische Welle frei im Raum «fortpflanzen». Auf diesem Prinzip basieren alle Funkanwendungen.

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden in Begriffen der Strahlung beschrieben. Ein Aspekt von Strahlung ist deren Frequenz. Sie wird mit griechischen Kürzeln ausgedrückt, also: Kilo für Tausend, Mega für Million, Giga für Milliarde (100 Megahertz entsprechen demnach 100 Millionen Hertz = 100 Millionen Schwingungen pro Sekunde). Ein zweiter Aspekt ist die Intensität der Strahlung. Sie wird über die elektrische Leistung in Watt (W) definiert. Die maßgebliche Einheit im Hinblick auf die biologische Wirkung ist die Leistungsflussdichte (W/m^2). Sie zeigt an, welche Strahlungsleistung (in Watt) ein Flächensegment (in Quadratmetern) durchfließt. Die Leistungsflussdichte kann umgerechnet werden in Feldstärken, etwa V/m. Das ist auch die Einheit, die in der Gesetzgebung verwendet wird.

Das elektromagnetische Spektrum: Bereiche, Beispiele, Eigenschaften



Glossar

V	Volt, Masseinheit für die elektrische Spannung
V/m	Volt pro Meter, Masseinheit für die elektrische Feldstärke
A	Ampere, Masseinheit für die elektrische Stromstärke
A/m	Ampere pro Meter, Masseinheit für die magnetische Feldstärke
T	Tesla, Masseinheit für die magnetische Flussdichte
μT	Mikrotesla, ein Millionstel Tesla
Hz	Hertz, Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde
kHz	Kilohertz, 1000 Hz (Frequenzangabe)
MHz	Megahertz, 1000 kHz (Frequenzangabe)
GHz	Gigahertz, 1000 MHz (Frequenzangabe)
THz	Terahertz, 1000 GHz (Frequenzangabe)
PHz	Petahertz, 1000 THz (Frequenzangabe)
W	Watt, Masseinheit für Energieumsatz pro Zeitspanne (Leistung)
W/m²	Watt pro m ² , Masseinheit für die Leistungsflussdichte
EMF	Elektromagnetische Felder oder «Elektrosmog», Frequenzbereich: 0 Hz–300 GHz
CES	Comité Electrotechnique Suisse
IEC	International Electrotechnical Commission
Cenelec	European Committee for Electrotechnical Standardization
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
GSM	Global System for Mobile Communications, Mobilfunkstandard der 2. Generation (2G)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System, Mobilfunkstandard der 3. Generation (3G)
LTE	Long Term Evolution, Mobilfunkstandard der 4. Generation (4G)
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications, Standard für Schnurlostelefone
SAR	Spezifische Absorptionsrate. Physikalische Grösse zur Messung der Strahlungsleistung, die der Kopf beim Telefonieren aufnimmt und in Wärme umwandelt. Max. zulässig sind 2 Watt pro Kilo Körpergewicht (W/kg)

Impressum

Herausgeber und verantwortlich für den Inhalt

Electrosuisse und FSM – Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation

Bild-Quellenangaben

S. 5 + 19: ETH Zürich

Copyright

Vervielfältigung und Veröffentlichung mit Quellenangabe erwünscht. In Deutsch, Französisch und Italienisch auch als PDF erhältlich. Kleinmengen bis 10 St. sind kostenlos erhältlich, grössere Stückzahlen auf Anfrage: www.electrosuisse.ch; PDF-Version oder gedruckt.

Weitere Informationen

Folgende Organisationen informieren über verschiedene Aspekte elektromagnetischer Felder:

www.esti.admin.ch
www.bafu.admin.ch
www.bakom.admin.ch
www.bag.admin.ch
www.suva.ch
www.mobilfunkstudien.org
www.emf.ethz.ch
www.emf-portal.org
www.icnirp.org
www.izmf.de
www.who.int

Weitere Informationsbroschüren aus dieser Serie

«Anschluss finden», Elektromobilität und Infrastruktur
«Energie – Sonnenklar», Photovoltaik: Technik und Infrastruktur
«LED's go!», Tipps und Hinweise zu LED-Beleuchtungen
«Entspannt – dank Effizienz», Der bewusste Umgang mit Elektrizität

Hinweis

Die vorliegende Broschüre dient ausschliesslich zu Informationszwecken. Sie wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität ihrer Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet sie nicht, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Eine Haftung für Schäden, die aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieser Informationsschrift resultieren könnten, wird ausdrücklich abgelehnt (Stand Mai 2015).

Mit Unterstützung von



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

www.bfe.admin.ch



www.hager.ch

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

www.satw.ch

Mit Unterstützung von



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI
Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI
Inspecturat federal d'installaziuns a current ferm ESTI

www.esti.admin.ch



Electrosuisse
Luppenstrasse 1
Postfach 269
CH-8320 Fehraltorf

T +41 44 956 11 11
info@electrosuisse.ch
www.electrosuisse.ch