



Mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Exposition durch elektromagnetische Felder

Quelle:
SCENIHR (2015)
Übersicht & Details:
GreenFacts

Aktualisierung 2015

Stufe 2 - Details Mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Exposition durch elektromagnetische Felder


1. Einführende Erklärungen zu elektromagnetischen Feldern.....	3
1.1 Was sind elektromagnetische Felder?.....	3
1.2 Wie wurden die Gesundheitsrisiken von elektromagnetischen Feldern neu bewertet?.....	3
1.3 Was waren das Ziel und das Ergebnis der öffentlichen Konsultation, die in 2014 zum vorläufigen Gutachtenentwurf über EMF organisiert wurden?.....	4
2. Welches sind die Quellen von Exposition durch Funkfrequenzfelder?.....	4
2.1 Wie wirken elektromagnetische Felder von Funkfrequenzen auf den Körper?.....	5
2.2 Wie hoch ist die Exposition durch Handys und drahtlose Geräte?.....	6
2.3 Welches ist die Expositionshöhe durch Mobiltelefon-Basisstationen und Funktürme?.....	7
2.4 Wie werden Funkfrequenz-(RF-)felder in der Medizin eingesetzt?.....	8
3. Können Mobiltelefone Krebs auslösen?.....	9
3.1 Können Mobiltelefone das Hirntumor-Risiko erhöhen?.....	9
3.2 Haben Versuchsstudien ein erhöhtes Krebsrisiko gezeigt?.....	9
3.3 Haben Studien zu Zellkulturen genetische Wirkungen gezeigt?.....	10
4. Können Mobiltelefone oder Basisstationen ein Auslöser für Kopfschmerzen oder andere gesundheitliche Auswirkungen sein?.....	10
4.1 Wurden Kopfschmerzen oder andere Symptome mit Mobiltelefonen in Verbindung gebracht?....	10
4.2 Können Mobiltelefone das Hirn beeinträchtigen?.....	11
4.3 Wurden Auswirkungen von Handy-Funkfrequenzfeldern auf die Fortpflanzung und die Entwicklung berichtet?.....	11
4.4 Sind Kinder für mögliche Auswirkungen von Mobiltelefonen empfänglicher?.....	12
5. Schlussfolgerungen zu Mobiltelefonen und Funkfrequenzfeldern.....	12
6. Zwischenfrequenz (ZF)-Felder beispielsweise von Induktionsöfen.....	13
6.1 Welches sind die Quellen von Mittelfrequenz-Feldern (IF-Feldern)?.....	13
6.2 Welche möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Mittelfrequenz-Feldern sind untersucht worden?.....	13
7. Extrem niederfrequente (ELF) Felder beispielsweise von Hochspannungsleitungen und von Haushaltsgeräten.....	14
7.1 Welches sind die Quellen von extrem niederfrequenten Feldern?.....	14
7.2 Welches ist die Expositionshöhe von ELF-Feldern?.....	14
7.3 Können ELF-Felder das Risiko von Kinderleukämie und anderen Krebsarten erhöhen?.....	15
7.4 Kann eine Exposition durch ELF Kopfschmerzen oder andere gesundheitliche Auswirkungen verursachen?.....	16
7.5 Können niederfrequente Magnetfelder Auswirkungen auf die menschliche Fortpflanzung haben?.....	16

7.6	Was kann zusammenfassend über ELF-Felder gesagt werden?.....	16
8.	Statische Magnetfelder beispielsweise von batteriebetriebenen Geräten und Hochspannungs-Gleichstrom-Freileitungen.....	17
8.1	Welches sind die Quellen von statischen Magnetfeldern?.....	17
8.2	Welche möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von statischen Magnetfeldern sind untersucht worden?.....	18
9.	Gibt es gesundheitliche Auswirkungen von kombinierter Exposition durch verschiedene EMF oder von gleichzeitiger Exposition durch andere Stoffe?	19
10.	Schlussfolgerungen zu gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern.....	19
10.1	Schlussfolgerungen zu Funkfrequenz- (RF) Feldern.....	19
10.2	Schlussfolgerungen zu Mittelfrequenz- (IF) Feldern.....	20
10.3	Schlussfolgerungen zu Niederfrequenz- (ELF) Feldern.....	20
10.4	Schlussfolgerungen zu statischen Magnetfeldern.....	21
10.5	Schlussfolgerungen zur kombinierten Exposition durch EMF und von gleichzeitiger Exposition durch Umweltstressoren.....	21
10.6	Forschungsempfehlungen.....	21

Die Antworten auf diese Fragen sind eine sinngetreue Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Gutachtens, das in 2015 durch den wissenschaftlichen Ausschuss "Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken" (SCENIHR) veröffentlicht wurde:

"Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)"

Die vollständige Veröffentlichung ist erhältlich unter
<https://copublications.greenfacts.org/de/elektromagnetische-felder/>
und unter: <http://ec.europa.eu/health/opinions2/de/elektromagnetische-felder/>

 Dieses PDF Dokument ist die 2. Stufe einer Kopublikation von GreenFacts. Die Kopublikationen bestehen aus einer benutzerfreundlichen, immer detaillierter werdenden Drei-Stufen Struktur, die in verschiedenen Sprachen in einem Frage-und-Antwort Format veröffentlicht werden.

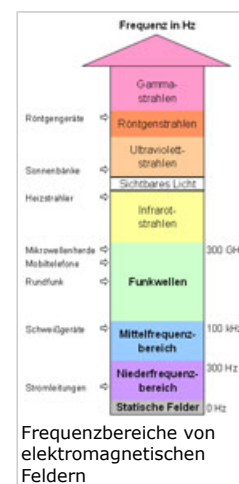
- Jede Frage wird in der 1. Stufe mit einer kurzen Zusammenfassung beantwortet.
- Die 2. Stufe bietet ausführlichere Antworten.
- Die 3. Stufe besteht aus dem Originaldokument, dem international anerkannten wissenschaftlichen Gutachten das wahrheitsgetreu in der 2. und 1. Stufe zusammengefasst ist.

*Alle GreenFacts Kopublikationen sind erhältlich unter: <https://copublications.greenfacts.org/de/>
und unter: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/policy/opinions_plain_language/index_de.htm*

1. Einführende Erklärungen zu elektromagnetischen Feldern

1.1 Was sind elektromagnetische Felder?

In dieser Zusammenfassung wird der Ausdruck "elektromagnetisches Feld" als Oberbegriff verwendet für statische magnetische und elektrische Felder, für niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder sowie für elektromagnetische Felder im Funkfrequenzbereich (RF). Während elektrische und magnetische Felder bis zum Funkfrequenzbereich (RF) unabhängig voneinander betrachtet werden können, sind sie im Funkfrequenzbereich wie Kettenglieder fest aneinander gekoppelt. Sie können natürlichen Ursprungs sein, wie etwa das statische Magnetfeld der Erde oder durch Reibung entstandene statische elektrische Felder (die beim Berühren von Gegenständen als kleinste Stromschläge erlebt werden können), oder breitbandige elektromagnetische Felder, die von Blitzschlägen oder der Sonnenaktivität herrühren. Der technische Einsatz von Elektrizität verursacht vor allem sinusförmige Wechselfelder, die im Niederfrequenzbereich (z. B. Haushaltsgeräte, Starkstromleitungen), im Mittelfrequenzbereich (z. B. Energiesparlampen, elektronische Überwachung von Kaufhausartikeln) sowie im Funkfrequenzbereich (z. B. Sendeantennen, mobile Telekommunikation, Mikrowellenöfen) entstehen können.



Statische Magnetfelder technischen Ursprungs entstehen durch Dauermagnete, die etwa in magnetischen Klammern oder Verschlüssen (z. B. in Halsbändern, Unterwäsche, Handtaschen oder Haltern) Anwendung finden, oder durch elektrischen Gleichstrom in batteriebetriebenen Geräten. Extrem starke statische Magnetfelder kommen an manchen Arbeitsplätzen sowie bei der Magnetresonanztomografie (MRT) in der Medizin zum Einsatz.

1.2 Wie wurden die Gesundheitsrisiken von elektromagnetischen Feldern neu bewertet?

Im Rahmen seiner Aufgabenstellung wird der SCENIHR beauftragt, fortlaufend die neue wissenschaftliche Beweislage, welche die Bewertung der gesundheitlichen Risiken auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder (EMF) beeinflussen könnte, zu überwachen und für die Kommission regelmäßig zu aktualisieren.

Der Zweck dieser Stellungnahme war es, die SCENIHR-Stellungnahme von 2009 im Licht neuer verfügbarer Informationen zu aktualisieren und Bereichen, in denen in früheren Stellungnahmen wichtige Wissenslücken identifiziert wurden, besondere Beachtung zu schenken. Zusätzlich geht es um biophysikalische Wirkungsmechanismen und die mögliche Rolle von gleichzeitiger Exposition durch Umweltstressoren.

Es erfolgte eine Rezension von entsprechenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Die in SCENIHR-Stellungnahmen verwendeten Studien stammen primär von originalen Forschungspapieren Original-Forschungsunterlagen, die in internationalen, unabhängig referierten wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht wurden und sind nach Kriterien gewichtet, die vom SCENIHR-Memorandum 'Use of the scientific literature for risk assessment purposes – a weight of evidence approach' ('Verwendung von wissenschaftlicher Literatur für Zwecke der Risikobewertung - ein evidenzbasierter Bewertungsansatz') vorgegeben werden. Der Ausschuss hat über 700 Studien rezensiert, die hauptsächlich nach 2009 (Jahr der Veröffentlichung der vorhergehenden Stellungnahme) bis zum Juni 2014 veröffentlicht wurden.

Bereiche, für welche die Literatur besonders spärlich ist, werden hervorgehoben und es wird erläutert weshalb bestimmte Studien nicht enthalten sind. Diese Bewertung beurteilt sowohl mögliche Auswirkungen auf Menschengruppen, die im Alltag elektromagnetischen Feldern ausgesetzt waren (epidemiologischer Nachweis) als auch mögliche Auswirkungen, die in Laborversuchen beobachtet wurden, welche an Freiwilligen, an Tieren und Zellkulturen (experimenteller Nachweis) durchgeführt worden sind. Ausgehend von diesem kombinierten Nachweis wird bewertet, ob ein Kausalzusammenhang zwischen Exposition durch elektromagnetische Felder und berichteten gesundheitsschädigenden Wirkungen besteht. Die Antwort auf diese Frage ist nicht unbedingt ein klares Ja oder Nein, sondern spiegelt das Gewicht des Befunds für oder gegen einen Kausalzusammenhang zwischen EMF-Exposition und Wirkung wider. Falls solch ein Zusammenhang gefunden wird, beurteilt die Risikobewertung wie stark die gesundheitliche Auswirkung ist und wie groß das Gesundheitsrisiko für verschiedene Expositionshöhen und -muster wäre (Dosis-Wirkungsbeziehung). Die Art und der Umfang von Unwägbarkeiten werden hervorgehoben und die Weise, in der elektromagnetische Felder Wirkungen hervorrufen könnten (plausible Mechanismen) bewertet.

1.3 Was waren das Ziel und das Ergebnis der öffentlichen Konsultation, die in 2014 zum vorläufigen Gutachtenentwurf über EMF organisiert wurden?

In der Vorbereitungsphase ihrer Stellungnahmen führt der Wissenschaftliche Ausschuss öffentliche Konsultationen durch indem er die vorläufige Stellungnahme vorstellt und spezifische Kommentare und Beiträge sammelt. Im Falle der Stellungnahme zu EMF war vom 4. Februar bis 16. April 2014 eine öffentliche Konsultation auf der Website der Wissenschaftlichen Ausschüsse zugänglich. Zusätzlich wurde am 27. März 2014 eine öffentliche Anhörung in Athen abgehalten. 57 Organisationen und Einzelpersonen beteiligten sich an der öffentlichen Konsultation und es wurden 186 Kommentare zu verschiedenen Kapiteln und Abschnitten der Stellungnahme vorgelegt. Jede Vorlage wurde vom SCENIHR mit Sorgfalt bei der Revision des Gutachtenentwurfs berücksichtigt und die wissenschaftliche Stellungnahme wurde überarbeitet, um die entsprechenden Kommentare zu beachten.

2. Welches sind die Quellen von Exposition durch Funkfrequenzfelder?

Geräte, die elektromagnetische Felder im (RF) Funkfrequenzbereich (von 100 kHz bis 300 GHz) erzeugen, sind in unserer Gesellschaft weit verbreitet. Die hauptsächlichen Quellen sind Mobiltelefone, schnurlose Telefone, lokale drahtlose Netzwerke sowie Fernseh- und Radiosendeantennen. Sie werden auch in der medizinischen Diagnose und Therapie, von Radarsystemen und Mikrowellenherden verwendet.



Drahtlose lokale Computernetzwerke verwenden Funkfrequenzfelder
Fotokredit: Ramzi Mashisho

Informationen über die Feldstärke der Funkfrequenzen, die von einer bestimmten Quelle ausgehen, sind greifbar und bei der Bestimmung der Einhaltung von Sicherheitsgrenzwerten nützlich. Es ist viel schwieriger, die alltägliche Exposition von Einzelpersonen durch Frequenzfelder zu bewerten. Solche Daten sind jedoch für epidemiologische Untersuchungen von möglichen gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder von wesentlicher Bedeutung. Durch verbesserte Methoden wie die Verwendung von persönlichen Expositometern - Geräten, die von Einzelpersonen getragen werden, um ihre Exposition durch elektromagnetische Felder zu messen - könnte mit der Zeit mehr Wissen angesammelt werden. Die Bewertung von Exposition sollte nicht nur auf einzelne Quellen, wie etwa Mobiltelefon-Basisstationen, beschränkt werden, sondern eine Exposition durch mehrere Quellen berücksichtigen. Die Tatsache, dass sich die Technologien ständig ändern, z. B. von analogem zu digitalem Rundfunk und ein Auftauchen von neuen Lösungen wie Ultrabreitband-Technologien (UWB) auf dem Markt, führt langfristig zu wechselnden Expositionsmustern der Bevölkerung.

Die Quellen von Funkfrequenzfeldern operieren in verschiedenen Frequenzbändern. Die Stärke von elektromagnetischen Feldern nimmt mit zunehmender Entfernung rasch ab. Im Laufe der Zeit kann eine Person mehr Funkfrequenzenergie von einem Gerät in Körpernähe absorbieren als von einer starken Quelle, die sich weiter weg befindet. Schnurlose Telefone, lokale drahtlose Netzwerke und Diebstahlsicherungen sind Quellen für die Nahkommunikation. Mobiltelefon-Basisstationen und Funktürme sind Langstrecken-Quellen.

2014 schätzte die Internationale Fernmeldeunion, dass weltweit etwa 7 Milliarden Mobiltelefone in Gebrauch sind. In Europa wird bei der mobilen Kommunikation meist entweder die GSM- oder UMTS-Technologie verwendet. Die Europäische Union hat Sicherheitsgrenzwerte für die vom Körper absorbierte Energie aus der Exposition durch ein Mobiltelefon festgelegt. In Europa verkaufte Mobiltelefone müssen standardisierten Test durchlaufen und die Einhaltung der Spezifikationen des Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) nachweisen. Typische Frequenzen für Geräte, die Funkfrequenzfelder erzeugen [siehe Anhang 3]

Typische Quellen von elektromagnetischen Feldern

Frequenzbereich	Frequenzen	Einige Beispiele für Expositionsquellen
Statisch	0 Hz	Bildschirmgeräte; MRT (medizinische Bildgebung) und andere Diagnose- oder wissenschaftliche Instrumente; industrielle Elektrolyse; Schweißgeräte
ELF (Niederfrequenzbereich)	0-300 Hz	Starkstromleitungen, häusliche Verteilungsleitungen, Hausgeräte, Elektromotoren in Autos, Zügen und Straßenbahnen, Schweißgeräte
IF (Mittelfrequenzbereich)	300 Hz - 100 kHz	Bildschirmgeräte; Diebstahlsicherungen in Läden; berührungslose Zugangskontrollsysteme, Kartenleser und Metalldetektoren; MRT ; Schweißgeräte
RF (Funkfrequenzbereich)	100 kHz - 300 GHz	Mobile und schnurlose Telefone; Rundfunk und Fernsehen; Mikrowellenherde; Radar- und Funkgeräte; Kofferradios; MRT
THz-Technologien	300 GHz - 20 THz	Anwendungen sind noch in Entwicklung, aber derzeit kommen hauptsächlich Telekommunikationsanwendungen und Körperscanner in Betracht.

2.1 Wie wirken elektromagnetische Felder von Funkfrequenzen auf den Körper?

Die Wirkmechanismen elektromagnetischer Felder im Funkfrequenzbereich sind bekannt. Allgemein handelt es sich um Energieabsorption, die auf den mechanischen Kräften von EMF beruhen, die Moleküle beschleunigen (kinetische Energie induzieren), die dann zusammenprallen und dadurch eine Gewebeerwärmung verursachen. Selbst wenn die grundlegende physikalische Wirkung nicht-thermisch ist, sind die biochemischen und physiologischen Reaktionen temperaturabhängig. Diese nachgewiesenen Mechanismen erlauben eine Extrapolation von wissenschaftlichen Ergebnissen auf den gesamten Frequenzbereich und eine breitbandige Bewertung der Gesundheitsrisiken. Sie wurden verwendet, um dazu beizutragen, die Exposition durch EMF zu begrenzen und denselben Schutzgrad über den ganzen Frequenzbereich zu bieten. Mehrere Studien weisen auf andere hypothetische Mechanismen hin, jedoch wurde keiner davon zweifelsfrei als im menschlichen Körper in einer Expositionshöhe unterhalb bestehender Grenzwerte wirkend geprüft.

2.2 Wie hoch ist die Exposition durch Handys und drahtlose Geräte?

Wenn der Körper Funkfrequenzfeldern ausgesetzt ist, absorbiert er im Laufe der Zeit Energie. Die Rate, mit der Energie aufgenommen wird, heißt Spezifische Absorptionsrate (SAR). Sie variiert im ganzen Körper. Die Ratsempfehlung 1999/519/EC definiert die grundlegenden Begrenzungen und Referenzwerte für den Schutz der allgemeinen Bevölkerung vor Exposition durch EMF, indem sie SAR-Werte festlegt, die nicht überschritten werden sollten. Da viele der für die Festlegung der Grenzwerte benötigten physikalischen Mengen nicht ohne Weiteres gemessen werden können, werden Referenzwerte für praktische Zwecke der Expositionsbewertung gegeben, um zu bestimmen, ob die grundlegenden Begrenzungen wahrscheinlich überschritten werden.

Für Mobiltelefone ist die Exposition überwiegend auf die Kopfteile beschränkt, die in der Nähe der Telefonantenne sind. Die Ratsempfehlung legt einen Funkfrequenz-Sicherheitsgrenzwert für eine lokale Spezifische Absorptionsrate (SAR) von 2 W (2000 mW) pro Kilogramm fest, gemittelt über 10 g Körpergewebe im Kopf und Rumpf eines Menschen.

Mobiltelefone werden unter Annahme der schlechtesten Bedingungen getestet, vor allem bei Betrieb mit maximaler Leistung. In der Praxis ist, je nach Übertragungsqualität, die Sendeleistung während eines Telefongesprächs im Allgemeinen viel geringer, oft mehrere Größenordnungen niedriger als die maximale Leistungsabgabe des Geräts. Dies ist deshalb der Fall, weil die Leistungsregelung eines Mobiltelefons die Sendeleistung kontinuierlich auf das für eine stabile Übertragung benötigte Minimum drosselt. Ferner hängt die abgegebene Leistung davon ab, ob der Benutzer spricht oder zuhört, weil die Sendeleistung beim Hören, wenn keine Informationen übertragen werden müssen (unterbrochene Übertragungsart), beträchtlich vermindert ist. Wenn ein Telefon im Bereitschaftsbetrieb ist, liegt die Exposition typischerweise zwei Größenordnungen niedriger als bei Gesprächsbetrieb. Bei ausgeschaltetem Mobiltelefon tritt keine Exposition auf.

GSM-Telefone, die mit 900 MHz - einer der mobilen Kommunikation zugeteilten Frequenz - senden, haben eine maximale zeitlich gemittelte Ausgangsleistung von 250 mW. Die Leistung ist gemittelt, da GSM-Telefone Funksignale eher in kurzen wiederholten Datenblöcken senden als auf kontinuierliche Weise. Mobiltelefone nutzen nicht den gesamten zulässigen Expositionsbereich. Je nach Modell können die Test-SAR-Werte im Bereich zwischen 10 und 80 % des Grenzwerts liegen und ermöglichen Verbrauchern daher auf Basis der angegebenen Informationen fundierte Entscheidungen zu treffen.

Drahtlose Geräte, die wie etwa schnurlose Telefone und drahtlose Netzwerke (WLAN) für die Innenraumkommunikation gedacht sind, erzeugen ebenfalls Funkwellen, jedoch mit weniger Ausgangsleistung als Mobiltelefone. Das Mobilteil des schnurlosen Telefons eines typischen Haushalts erzeugt eine zeitlich gemittelte Leistung von etwa 10 mW. Basisstationen von schnurlosen Telefonen sind gewöhnlich nicht mehr als einige Dutzend Meter von den Mobilteilen entfernt und das Feld der Basisstation ist auch zu berücksichtigen. Ihre maximale zeitlich gemittelte Leistung ist dieselbe wie für ein Mobiltelefon. Aber im Gegensatz zu Mobiltelefonen befindet sich die Basisstation eines schnurlosen Telefons nicht in Körfernähe und weil die Feldstärke mit der Entfernung rasch abnimmt, ist die Exposition um Größenordnungen geringer. Das Endgerät eines drahtlosen Computernetzwerks (Wireless Local Area Network, WLAN) hat einen Spitzenwert von 100 mW, aber da die zeitlich gemittelte Leistung vom Datenverkehr abhängt, ist die tatsächliche Leistung gewöhnlich viel geringer. Selbst in der Nähe einer drahtlosen Netzwerkstation zu Hause und in Büros liegt die Feldstärke typischerweise unter $0,5 \text{ mW/m}^2$.

Ein anderes System, das in Europa langsam Anwendung findet, basiert auf Ultrabreitband-(UWB) Signalen. Der Frequenzbereich liegt um 500 MHz, Anwendungen sind drahtlose

Mikrofone, Gesundheitspflege und Verkehrsüberwachung. Bei solchen Systemen sind Feldstärken weit unter $0,1 \text{ mW/m}^2$ zu erwarten.

Einige Warensicherungsanlagen setzen Menschen elektromagnetischen Feldern im Funk- und Mittelfrequenzbereich aus. Diese Geräte werden zunehmend an den Ausgängen von Geschäften eingesetzt, um Ladendiebe aufzuspüren. Die Exposition durch Funkfrequenzen variiert je nach Art, hält jedoch die Grenzwerte ein. Funkfrequenzfelder werden auch in der Industrie eingesetzt, etwa bei induktivem Erwärmen von Metall. Die Diskussion über Arbeiter, die EMF ausgesetzt sind, liegt außerhalb des Bereichs dieser Zusammenfassung.

2.3 Welches ist die Expositionshöhe durch Mobiltelefon-Basisstationen und Funktürme?

Im Gegensatz zu Sendetürmen, die für einfach gerichtete Kommunikation gedacht sind, müssen Mobiltelefon-Basisstationen eine wechselseitige Kommunikation ermöglichen. Deshalb bilden sie notwendigerweise ein Netzwerk, um die einzelnen Mobiltelefone landesweit untereinander zu verbinden. Folglich sind heute in europäischen Staaten Basisstationen fast überall zu finden und stellen die mobile Kommunikation über großräumige Gebiete sicher.

Bei 900 MHz, einer wichtigen Frequenz für mobile Kommunikation und für GSM-Mobiltelefonnetzwerke, empfiehlt die EU, dass Menschen keinem Feld ausgesetzt sein sollen, das stärker als $4,5 \text{ W/m}^2$ (Leistungsdichte) ist. Nationale Messkampagnen zeigen, dass trotz der zunehmenden Zahl von Basisstationen und der Bereitstellung von zusätzlichen mobilen Telekommunikationstechnologien die elektromagnetischen Strahlungswerte in der Umwelt im Wesentlichen nahezu gleich geblieben sind. Die Sendeleistung von Innenraumgeräten wie WiFi-Hotspots und DECT-Geräten führt sogar gemeinsam immer noch zu einer sehr niedrigen Exposition im Vergleich zu Referenzwerten von europäischen und internationalen Richtlinien.

Bei den neueren UMTS-Netzwerken sorgt die Verwendung von Adaptive Power Control (APC), womit Mobiltelefone ihre Ausgangsleistung reduzieren um eine gute Signalqualität zu ermöglichen, für eine längere Lebensdauer ihrer Batterien. Das Netzwerk überwacht ständig die Signalqualität und kann die abgegebene Leistung eines Mobiltelefons bis zu drei Größenordnungen für GSM und bis zu neun Größenordnungen für UMTS verringern. Messungen zur Exposition der allgemeinen Bevölkerung sind begrenzt, da diese Mobiltelefone im Vergleich zu GSM-Telefonen wenig benutzt werden. Wo die Exposition gemessen wurde, betrug sie höchstens ein Tausendstel eines W/m^2 und gewöhnlich viel weniger (SCENIHR, 2009).

Das Problem bei Expositionsmessungen ist, dass diese typischerweise nur eine Kurzzeitmessung von höchstens 48 Stunden mit Personendosis-Kontrolle oder eine Einzelpunktmessung umfassen, die eine Momentaufnahme einer unmittelbaren Exposition an einem einzelnen Ort liefert. Für epidemiologische Studien zu Gesundheitsrisiken durch EMF werden überdies mangels klar anerkannter biologischer oder biophysikalischer Aktionsmechanismen mehrere alternative Expositionsmessungen bewertet (z. B. Feldstärke, Expositionshäufigkeit, kumulative Exposition, Zeit seit erstmaliger Exposition etc.) Der relevante Zeitraum, für welchen Expositionsdaten benötigt würden, ist einer von vielleicht mehreren Jahren.

Weitere wichtige Quellen von Funkwellen sind Radiosendesysteme (MW und UKW). Die Maximalwerte, die in der Öffentlichkeit zugänglichen Bereichen gemessen wurden, liegen normalerweise unter $0,01 \text{ W/m}^2$. In der Nähe des Zauns eines sehr starken Senders wurde in einigen Fällen eine Exposition von etwa $0,3 \text{ W/m}^2$ festgestellt.

Was die neue digitale Videorundfunktechnologie (DVB-T) betrifft, so wurde die höchste durchschnittliche Exposition im UKW-Frequenzband in Büroumgebungen verzeichnet und betrug $0,096 \text{ mW/m}^2$. Dies ähnelt den Leistungsdichten der älteren analogen Fernsehsendesysteme, aber weil digitale Systeme ein dichteres Netzwerk, wenn auch schwächerer Sender, brauchen, sind in einigen Gegenden größere Expositionshöhen zu erwarten, während es in anderen Regionen eine Verminderung geben kann. Andere Quellen langfristiger weiträumiger Exposition durch Funkfrequenzfelder sind zivile und militärische Radarsysteme, private mobile Funkssysteme oder neue Technologien wie digitale Audiorundfunksysteme und WiMAX.

Sogenannte Smart Meter werden verwendet, um den Energieverbrauch aus der Ferne zu überwachen und Daten an Versorgungsunternehmen weiterzuleiten. Mehrere unterschiedliche Arten sind in Verwendung und eine Studie kam zum Schluss, dass Smart Meter "nur geringfügige Beiträge zur gesamten Funkfrequenz-Hintergrundstrahlung in einem Haus leisten würde, was jedenfalls winzig im Vergleich zu bestehenden Sicherheitsgrenzwerten ist."

2.4 Wie werden Funkfrequenz-(RF-)felder in der Medizin eingesetzt?

Elektromagnetische Felder im Funkfrequenzbereich werden in der Medizin für die Hochfrequenz-Wärmetherapie zur Schmerzlinderung eingesetzt oder um Körpergewebe auf Temperaturen zu erwärmen bei denen Krebszellen abgetötet werden. Da hierbei eine biologische Wirkung erzielt werden soll, ist der Patient Funkfrequenzfeldern ausgesetzt, die über den für die allgemeine Bevölkerung empfohlenen Grenzwerten liegen. Es muss Sorge getragen werden, dass die Exposition von medizinischem Personal nicht die für Arbeiter festgelegten Werte übertrifft.

Eine weiteres gebräuchliches Anwendungsgebiet von Funkfrequenzfeldern in der Medizin ist die Magnetresonanztomographie (MRT), die zusätzlich sehr starke statische Magnetfelder verwendet (siehe Frage 8). MRT liefert hochauflösende Schnittbilder des Körpers einschließlich des Kopfs ohne durch Knochenstrukturen verursachte Abschattung.

3. Können Mobiltelefone Krebs auslösen?

3.1 Können Mobiltelefone das Hirntumor-Risiko erhöhen?

Zahlreiche kleine und eine Handvoll ausgedehnter epidemiologischer Studien gingen der Frage nach, ob der Gebrauch von Mobiltelefonen mit einem erhöhten Hirntumor-Risiko zusammenhängt. Die Aufmerksamkeit konzentrierte sich auf die Möglichkeit von Tumoren in der Kopf- und Nackenregion, da diese Gewebe am stärksten den Funkfrequenzfeldern ausgesetzt sind, die von Mobiltelefonen ausgehen. Des Weiteren legten einige Studien eine Verbindung nahe zwischen der von Mobiltelefonen ausgehenden Exposition durch Funkfrequenzfelder und einem erhöhten Risiko, an einem Tumor des Gehörnervs (Akustikusgeschwulst) und des Hirns (Gliom) zu erkranken.



Es gibt mehr als 7 Milliarden Handys im Einsatz in der Welt.
Fotokredit: Juha Blomberg

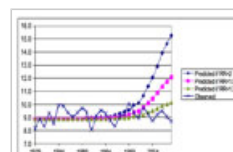


Figure 5. Observed glioma incidence rate in the Nordic countries and expected rates assuming mobile phone [siehe Anhang 1, S. 22]

Die Ergebnisse von Kohorten- und Häufigkeits- Zeittrendstudien unterstützen ein erhöhtes Gliomrisiko nicht. Die Möglichkeit eines Zusammenhangs mit Akustikusgeschwülsten bleibt offen.

Insbesondere die in nordischen Ländern beobachtete Gliom-Häufigkeitsrate wurde mit den erwarteten Raten verglichen, die beobachtet worden wären, falls es ein um 1,2, 1,5 und 2 erhöhtes Risiko gäbe, das mit einem regelmäßigen Mobiltelefongebrauch über mindestens 10 Jahre zusammenhängt. Die beobachtete Krebshäufigkeit zeigt nicht die vorhergesagte starke Zunahme, die zu erwarten wäre wenn es einen Kausalzusammenhang zwischen Mobiltelefonen und Krebs gäbe.

Die Tatsache, dass die Häufigkeitsraten der entsprechenden Tumore seit der Einführung von Mobiltelefonen nicht zugenommen haben, regen zur Vorsicht bei der Interpretation eines solchen hypothetischen Zusammenhangs an.

3.1.1 Die einzige epidemiologische Studie zu Mobiltelefongebrauch und Hirntumoren bei Kindern, bei der vier europäische Länder beteiligt waren, zeigte kein erhöhtes Risiko. Es werden jedoch mehr Studien benötigt.

3.1.2 Epidemiologische Studien weisen nicht auf ein erhöhtes Risiko für andere bösartige Erkrankungen, einschließlich Krebserkrankungen bei Kindern, hin. Mehrere Studien untersuchten auch das mögliche Krebsrisiko aus einer Exposition durch Funkfrequenzfelder von Sendetürmen. In den meisten Fällen konnten keine Schlüsse hinsichtlich eines Krebsrisikos gezogen werden.

3.2 Haben Versuchsstudien ein erhöhtes Krebsrisiko gezeigt?

Eine beträchtliche Anzahl von gut durchgeführten *In-Vivo*-Studien, bei denen viele verschiedene Tiermodelle verwendet wurden, waren im Ergebnis meist negativ. Darunter wurden mehrere lebenslange und langfristige Studien zur Exposition durch Funkfrequenzfelder an Versuchstieren durchgeführt, die 900 MHz GSM-Signalen und anderen hochfrequenten Signalen ausgesetzt wurden und zwar mit größeren Expositionshöhen als in früheren Studien. Alle Studien zeigten, dass es keine Auswirkung von Funkfrequenzfeldern auf das Risiko gab, Tumore zu bilden, selbst bei den höheren Expositionen nicht. Eine Studie fand eine geringere Überlebensrate bei exponierten Tieren heraus, jedoch gab es dafür keine Erklärung.

Die Ergebnisse der neuen Versuchsstudien stimmen mit denjenigen früherer Studien überein und bestärken insgesamt die Beweislage, dass Funkfrequenzfelder wie solche von Mobiltelefonen bei Versuchstieren keinen Krebs verursachen.

3.3 Haben Studien zu Zellkulturen genetische Wirkungen gezeigt?

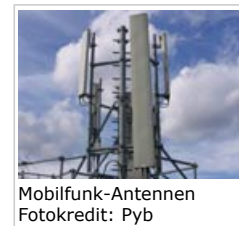
Eine Analyse von 88 *In-Vivo*- und *In-Vitro*-Studien, die zwischen 1990 und 2011 veröffentlicht wurden und Genschäden in Funkfrequenz ausgesetzten menschlichen Zellen bewertete, zeigte, dass die Größenordnung der Unterschiede zwischen Funkfrequenz ausgesetzten und scheinexponierten Kontrollgruppen, von einigen Ausnahmen abgesehen, klein war. Insgesamt lieferten diese Studien keinen Beweis für irgendeine Auswirkung von Funkfrequenzfeldern auf das genetische Material von Zellen.

Andere mögliche Auswirkungen wurden auch untersucht, wie etwa Zelltod, Genexpression oder Zellvermehrung. Die meisten der Studien fanden keinerlei Auswirkung.

4. Können Mobiltelefone oder Basisstationen ein Auslöser für Kopfschmerzen oder andere gesundheitliche Auswirkungen sein?

4.1 Wurden Kopfschmerzen oder andere Symptome mit Mobiltelefonen in Verbindung gebracht?

Einige Menschen schreiben unspezifische Krankheitssymptome wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindelgefühl, Müdigkeit und Hautreizungen ihrer Exposition durch elektromagnetische Felder zu. Solche Beschwerden haben Bedenken aufkommen lassen, dass bestimmte Individuen sensibler als andere gegenüber EMF sein könnten. Diese selbstberichteten Symptome werden idiopathische umweltbezogene Unverträglichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern (IEI-EMF) oder auch "elektromagnetische Hypersensibilität".



Mobilfunk-Antennen
Fotokredit: Pyb

Für Symptome, die von kurzfristiger Exposition durch Funkfrequenzfelder ausgelöst werden (gemessen in Minuten bis Stunden) führen die übereinstimmenden Ergebnisse aus mehreren Doppelblindversuchen zu einer starken allgemeinen Beweislage, dass Funkfrequenzfelder solche Wirkungen nicht verursachen.

Für Symptome, die mit längerfristiger Exposition zusammenhängen (Tage bis Monate) ist die Beweislast von Beobachtungsstudien weitgehend übereinstimmend, weist jedoch Lücken auf, vor allem bezüglich der objektiven Überwachung von Exposition. Die gegenwärtige Beweislage spricht für ein Fehlen von Auswirkungen auf Grund von Exposition durch Funkfrequenzfelder.

Selbst wenn der Selbstbericht eines Teilnehmers über die Exposition durch Funkfrequenzen genau ist, bleibt es schwierig zu unterscheiden, ob ein Zusammenhang mit Symptomen das Ergebnis von Exposition durch Funkfrequenzen als solches ist oder ob der Zusammenhang das Ergebnis eines 'Nocebo'-Effekts (negativer Placebo-Effekt) ist, bei dem der Glaube der Teilnehmer sie seien den Frequenzen ausgesetzt ausreicht, um ihre Symptome auszulösen.

Personen, die wissen, dass sie Funkfrequenzfeldern ausgesetzt sind, z. B. weil sie ein Mobiltelefon benutzen oder in der Nähe eines Sendemastens leben, neigen dazu, mehr Symptome zu berichten, wogegen Doppelblindstudien, bei denen die Personen nicht wissen,

ob sie Funkfrequenzfeldern ausgesetzt sind, keinen übereinstimmenden Zusammenhang zwischen Funkfrequenzfeldern und Symptomen fanden.

Es gibt tatsächlich keine wissenschaftlichen Beweise, dass Menschen - weder sogenannte sensitive Gruppen noch gesunde Kontrollgruppen - Funkfrequenzfelder besser wahrnehmen können als zufälligerweise erwartet würde.

4.2 Können Mobiltelefone das Hirn beeinträchtigen?

Weil Mobiltelefone mit dem Kopf in Berührung kommen, gab es Bedenken, dass sie das Hirn beeinträchtigen könnten.

Studien zu möglichen Auswirkungen einer Funkfrequenz-Exposition auf die Gehirnfunktion bei Menschen (wie etwa *Änderungen von Schlaf, Wahrnehmung, Durchblutung und Sauerstoffaufnahme*) ergaben gemischte Ergebnisse. Die durchgeführten Studien sind schwierig mit einander zu vergleichen und deshalb waren die beobachteten Wirkungen nicht ausreichend abgeglichen. Es gibt einige Studien, die darauf hindeuten, dass Auswirkungen mit dem Alter und dem Geschlecht variieren könnten; es ist nicht bekannt, ob Personen mit Vorerkrankungen unterschiedlich betroffen sein können. Die meisten der neueren Studien haben eine Wirkung von Funkfrequenz-Exposition auf Elektroenzephalogramme (EEG) bestätigt. Es wurden auch Wirkungen auf Schlaf-EEGs festgestellt, aber es gibt noch keinerlei überzeugenden Beweis. Mehrere der neueren Studien, die sich mit Auswirkungen von Funkfrequenzen auf das räumliche Lernen, das Gedächtnis und das Verhalten befassten, legen eine Wirkung bei niedrigen Feldstärken nahe, aber es bleiben wichtige Fragen hinsichtlich der Versuchsprotokolle. Derzeit können daraus keine überzeugenden Beweise gezogen werden.

Experimentell wurden viele verschiedene Endpunkte sowohl bei Mäusen auch als bei Ratten untersucht. Insgesamt sind diese Beobachtungen nicht übereinstimmend und erscheinen meistens auf Ebenen deutlich oberhalb von Richtwerten. Einer dieser Endpunkte ist die mögliche Beeinträchtigung der Blut-Hirn-Schranke. Neuere Studien zeigen nicht, dass eine Exposition durch Funkfrequenzen irgendeine Auswirkung haben, mehrere der Studien wurden derart durchgeführt, dass ihre Relevanz für Risikobewertung fraglich ist.

Insgesamt, im Hinblick auf neurologische Störungen und kognitive Funktionen, Bewegung oder ein erhöhtes Alzheimerisiko gibt es keine Belege, dass eine Funkfrequenz-Exposition durch Mobiltelefongebrauch eine gesundheitsrelevante Auswirkung haben.

4.3 Wurden Auswirkungen von Handy-Funkfrequenzfeldern auf die Fortpflanzung und die Entwicklung berichtet?

Zahlreiche ausgedehnte und gut durchgeführte Studien haben mögliche Auswirkungen von Funkfrequenzfeldern auf die Entwicklung von Tieren, einschließlich Säugetieren und Vögeln untersucht. Sie zeigen klar, dass Funkfrequenzfelder Geburtsfehler verursachen können wenn die Exposition weit über den Sicherheitsrichtwerten liegt und damit hoch genug ist, um die Gewebetemperatur deutlich zu erhöhen. Keine übereinstimmenden Belege für Wirkungen wurde bei Expositionshöhen gefunden, die keine relevante Gewebeerwärmung verursachen.

Keine signifikanten Auswirkungen wurden von beinahe ununterbrochener lebenslanger Exposition bei Mäusen über vier Generationen festgestellt. Neuere epidemiologische Studien haben keine erhöhten Risiken für neurologische Krankheiten oder die Fortpflanzung gezeigt, die mit Exposition durch Funkfrequenzen zusammenhängt; Auswirkungen auf Föten durch

den Mobiltelefongebrauch der Mutter während der Schwangerschaft werden auf Grund der niedrigen Expositionshöhe als nicht plausibel beurteilt. Die verfügbaren Daten liefern keine klaren Belege für schädliche Auswirkungen auf die Qualität menschlicher Samen.

Die frühere Stellungnahme des SCENIHR (2009) schlussfolgerte, dass bei nicht-thermischen Expositionshöhen keine schädlichen Auswirkungen auf Fortpflanzung und Entwicklung durch Funkfrequenzfelder zu befürchten sind. Die Berücksichtigung neuerer Daten von Menschen und Tieren ändert diese Bewertung nicht.

Es gibt immer noch keine begründeten Hinweise auf andere gesundheitliche Auswirkungen.

4.4 Sind Kinder für mögliche Auswirkungen von Mobiltelefonen empfänglicher?

Bei so vielen Kindern, die Mobiltelefone benutzen, gibt es Bedenken darüber wie Funksignale sie beeinträchtigen können. Einige Menschen machen sich Sorgen, dass Kinder empfindlicher als Erwachsene sein könnten. Da ihr Nervensystem noch in der Entwicklung steckt, ist ihr Hirngewebe leitfähiger und ihre Köpfe könnten mehr Energie von Mobiltelefonen absorbieren. Kinder, die Mobiltelefone benutzen, werden eine größere lebenslange Exposition haben als Menschen, die erst als Erwachsene mit der Benutzung begannen. Kinder können auch durch andere Quellen, wie etwa Babysprechanlagen, den Feldern ausgesetzt sein. Wenige Studien sind den möglichen Auswirkungen von Funksignalen auf Kinder nachgegangen und das Extrapolieren von Erwachsenenstudien bleibt problematisch. Insgesamt zeigt die aktuelle Beweislage nicht, dass Kinder empfindlicher für EMF durch Funkfrequenzen sein könnten. Das Alter kann jedoch auf Grund der kleineren Kopfgröße eine Rolle spielen beim lokalen SAR im Gehirn, sowie in spezifischen Geweben (z. B. Knochenmark im Schädel) auf Grund von altersbedingten Unterschieden ihrer dielektrischen Eigenschaften.

5. Schlussfolgerungen zu Mobiltelefonen und Funkfrequenzfeldern

In den vergangenen Jahren wurden umfangreiche Forschungen darüber durchgeführt, wie Funkfrequenzfelder, einschließlich jener, die von Mobiltelefonen erzeugt werden, die Gesundheit beeinträchtigen könnten. Die Kanzerogenität und eine Vielzahl von möglichen Auswirkungen wurden sowohl im Labor als auch in der menschlichen Bevölkerung untersucht.



Die Schlussfolgerungen der Stellungnahme basieren auf gründlicher Untersuchung aller sachbezogenen und sehr zahlreichen epidemiologischen und experimentellen Studien aus drei unabhängigen Beweislinien (Studien zu Menschen, Tieren und Zellkulturen).

Insgesamt zeigen die epidemiologischen Studien über Exposition durch Funkfrequenzen von Mobiltelefonen kein erhöhtes Risiko von Hirntumoren. Darüber hinaus weisen sie nicht auf ein erhöhtes Risiko für andere Krebsarten der Kopf- und Nackenregion hin. Eine beträchtliche Anzahl von gut durchgeführten *In-Vivo*-Studien, bei denen viele verschiedene Tiermodelle verwendet wurden, waren im Ergebnis meist negativ. Eine Vielzahl von *In-Vitro*-Studien, die sowohl genotoxische als auch nicht-genotoxische Endpunkte betreffen, wurden seit der zuletzt angenommenen Stellungnahme veröffentlicht. In den meisten dieser Studien wurden keine Auswirkungen von Exposition bei nicht-thermischen Höhen berichtet.

Die Theorie, dass Exposition durch Funkfrequenz die Hirnaktivität beeinträchtigt, wie sie durch Belege aus früheren EEG-Studien unterstützt wird, die während Schlaf- und

Wachphasen erfolgten, wurde auch durch einige neue Studien unterstützt, obwohl die geringen physiologischen Änderungen unklar bleiben und eine mechanistische Erklärung immer noch fehlt. Insgesamt fehlt es an Belegen, dass EMF im Bereich der Funkfrequenz kognitive Funktionen beim Menschen beeinträchtigen.

Symptome, die von einigen Menschen der Funkfrequenz-Exposition zugeschrieben werden, können manchmal stark genug sein, um ernsthafte Beeinträchtigungen der Lebensqualität einer Person zu verursachen. Seit der letzten SCENIHR-Stellungnahme durchgeführte Forschungen betonen jedoch die Schlussfolgerung, dass zwischen Funkfrequenz-Exposition und diesen Symptomen kein Kausalzusammenhang besteht. Entsprechende Studien zeigen, dass bei nicht-thermischen Expositionshöhen keine schädlichen Auswirkungen auf Fortpflanzung und Entwicklung durch Funkfrequenzfelder zu befürchten sind.

6. Zwischenfrequenz (ZF)-Felder beispielsweise von Induktionsöfen

6.1 Welches sind die Quellen von Mittelfrequenz-Feldern (IF-Feldern)?

In dieser Zusammenfassung bezeichnen Mittelfrequenzfelder (IF-Felder) elektromagnetische Felder, deren Frequenzen von 300 Hz bis 100 kHz reichen, d. h. sie sind etwas niedriger als Funkfrequenzen (RF) und höher als der Niederfrequenzbereich (ELF).



Anwendungen, die Mittelfrequenzfelder verursachen, haben in den letzten Jahren zugenommen und werden bestimmt noch zunehmen. Beispiele sind einige Warensicherungsanlagen, die an Ladenausgängen betrieben werden, Induktionskochplatten, Computer, Kompaktleuchtstofflampen, sowie einige Funkantennen. Solche Felder entstehen auch bei industriellen Anwendungen, etwa bei induktivem Erwärmen von Metall und beim Schweißen. In den meisten Fällen ist die Exposition begrenzt, aber bei Funksendern und industriellen Anwendungen kann die Exposition über den empfohlenen Richtwerten liegen, weshalb Schutzmaßnahmen ergriffen werden sollten.

Einige medizinische Anwendungen führen zu Expositionen in diesem Frequenzbereich, wie etwa gebräuchliche Geräte zur Stimulation von Nerven und Muskeln.

6.2 Welche möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Mittelfrequenz-Feldern sind untersucht worden?

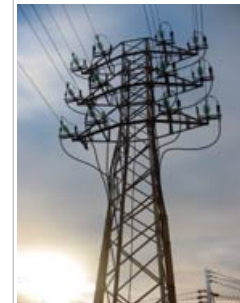
Bekannte biologische Effekte im Mittelfrequenzbereich sind die Stimulation von Nerven im unteren Frequenzbereich und Erwärmung im oberen Frequenzbereich. Diese erklären sich aus den Mechanismen, von denen bekannt ist, dass sie im RF- und ELF-Bereich auftreten. Es gibt immer noch zu wenige neue Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen von Exposition durch Mittelfrequenz im Allgemeinen und keine epidemiologischen Studien sind erschienen. Die Daten sind daher zu begrenzt für eine spezifische Risikobewertung in diesem Frequenzbereich.

Angesichts der zunehmenden Exposition durch Mittelfrequenzen wurden experimentelle Studien über Biomarker und gesundheitliche Auswirkungen in diesem Bereich als eine Forschungspriorität ausgemacht.

7. Extrem niederfrequente (ELF) Felder beispielsweise von Hochspannungsleitungen und von Haushaltsgeräten

7.1 Welches sind die Quellen von extrem niederfrequenten Feldern?

In dieser Bewertung bezeichnen Niederfrequenzfelder (ELF) elektromagnetische Felder, deren Frequenzen unter 300 Hz liegen, d. h. sie sind niedriger als Mittelfrequenzen. Die Hauptquelle von ELF ist Wechselstrom, der in Überleitungen von Eisenbahnen, in Überlandleitungen, elektrischen Installationen und Haushaltsgeräten fließt. Das erzeugte Magnetfeld hat die gleiche Frequenz wie der Strom, der es erzeugt, d. h. 16 $\frac{2}{3}$ Hz, 50 Hz oder 60 Hz (letztere vor allem in den USA). Weitere wichtige Quellen von ELF Magnetfeldern sind Kraft- und Umspannwerke, Schweißmaschinen, Induktionskochplatten sowie Straßenbahn- und U-Bahnssysteme.



Hochspannungsleitungen erzeugen Felder im Niederfrequenzbereich
Fotokredit: Miguel Saavedra

ELF-Felder können elektrisch oder magnetisch sein:

- **Ein elektrisches Feld** wird von elektrischen Ladungen erzeugt und ist von Kräften gekennzeichnet, die auf andere elektrische Ladungen einwirken. Es wird in Volt pro Meter (V/m) gemessen.
- **Ein magnetisches Feld** entsteht als Folge einer Bewegung von elektrischen Ladungen (elektrischer Strom) und ist von der Kraft gekennzeichnet, die auf ruhende oder bewegte elektrische Ladungen einwirkt. Die Stärke eines Magnetfelds wird gewöhnlich in Ampere pro Meter (A/m) gemessen, oder auch, um den magnetischen Materialeigenschaften als magnetische Induktion Rechnung zu tragen, in Tesla (T).



See also our Digest on Power Lines [siehe <https://www.greenfacts.org/en/power-lines/index.htm>]

Die Stärke sowohl von elektrischen als auch magnetischen Feldern nimmt mit der Entfernung von der Feldquelle stark ab.

ELF **elektrische** Felder neigen dazu, unter Hochspannungsfreileitungen am stärksten zu sein (bis zu einigen kV/m), und ELF **magnetische** Felder sind besonders stark in der Nähe von Kabeln mit hoher Strombelastung wie bei Schweißmaschinen und Induktionsöfen (bis zu einigen mT).

Um die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte zu ermitteln, muss die größtmögliche Exposition neben der Quelle bewertet werden, im Allgemeinen durch Vergleichen der gemessenen Feldstärken mit den gegebenen Referenzwerten. Die maximale Feldstärke von inhomogenen Feldern neben einer Quelle kann mehrere Größenordnungen höher sein als der Referenzwert von äquivalenten homogenen Feldern.

7.2 Welches ist die Expositionshöhe von ELF-Feldern?

Die **allgemeine Öffentlichkeit** durch verschiedene feste Quellen in der Umgebung Niederfrequenzfeldern ausgesetzt sein, z. B. Stromkabel und Transformatorstationen, besonders wenn diese sich in Häusern befinden.

Direkt unter einer **Hochspannungsleitung** kann die Exposition durch elektrische Felder mehrere kV/m und durch Magnetfelder mehrere 10 μ T betragen. Die Stärke sowohl von

elektrischen als auch magnetischen Feldern nimmt mit zunehmendem Abstand von der Leitung schnell ab.

Im Haushalt sind Magnetfelder am stärksten in der Nähe von Verteilerkästen und Elektrogeräten, insbesondere jenen, die Motoren oder Trafos enthalten sowie in der Nähe von leistungsstarken Geräten wie Elektroöfen oder Kochplatten. Je kleiner die Abmessung einer Quelle ist, desto wirkungsvoller ist Abstandsvergrößerung für die Reduzierung der Feldstärken.

7.3 Können ELF-Felder das Risiko von Kinderleukämie und anderen Krebsarten erhöhen?

Die Studien zu niederfrequenten Magnetfeldern konzentrieren sich auf Netzfrequenzfelder. 2002 stufte das Internationale Krebsforschungszentrum (IARC) niederfrequente Magnetfelder als "*möglicherweise für Menschen krebserregend ein*" (Gruppe 2B). Dies basierte auf epidemiologischen Studien, die berichteten, dass bei Kindern eine größere Wahrscheinlichkeit besteht, an Leukämie zu erkranken, wenn ihre zeitgemittelte Exposition durch niederfrequente Magnetfelder 0,3 - 0,4 μ T überschreitet, was ziemlich viel ist. Versuchsstudien mit Tieren unterstützten diese Ergebnisse nicht. Darüber hinaus kam das IARC zum Schluss, dass es keinen Beleg gab für einen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und irgendeiner anderen Art von Krebs.

Dieser mögliche Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und Kinderleukämie wurde weiter in mehreren epidemiologischen Studien untersucht, die ein erhöhtes Risiko für Kinder bestätigen, die in der Nähe von Hochspannungsleitungen leben, wo sie geschätzte tägliche Durchschnittsexpositionen (über 0,3 bis 0,4 μ T) haben, die viel höher sind als Durchschnittsexpositionen durch Magnetfelder zu Hause.

Aber es bleibt schwierig zu beurteilen, ob dieser anscheinend robuste Zusammenhang ursächlich oder ein Ergebnis methodischer Mängel der Studien ist, wie etwa Informationsverzerrung, Selektionsverzerrung und Störfaktoren.

Tatsächlich wurden wenige Fortschritte bei der Überprüfung der Kausalität des berichteten Zusammenhangs oder bei der Erklärung des Ergebnisses gemacht, weder durch einen plausiblen Mechanismus noch durch Finden einer alternativen Erklärung. Außerdem beobachtete eine ausgedehnte und neuere Studie, die sich mit Kinderleukämie-Sterblichkeit im Verhältnis zu niederfrequenten Magnetfeldern befasste, keinen Zusammenhang und stützte somit nicht die Hypothese, dass niederfrequente Magnetfelder preleukämische Klone fördern, die sowohl mit dem Risiko an Leukämie zu erkranken als auch mit dem Leukämie-Rückfallrisiko nach einer erfolgreichen Behandlung in Verbindung gebracht werden.

Studien zu anderen Arten von Krebs bei Kindern oder Erwachsenen zeigten keinen schlüssigen Zusammenhang und keine neue einflussreiche Studie über andere Krebsarten erschien in den letzten paar Jahren.

7.4 Kann eine Exposition durch ELF Kopfschmerzen oder andere gesundheitliche Auswirkungen verursachen?

Wie bei Funkfrequenzfeldern ist selbstberichtete "elektromagnetische Hypersensitivität" ein Thema, das auch im Falle von Exposition durch ELF auftaucht, einschließlich Berichten über verschiedene Symptome wie Hautrötung, Kribbeln und Brennen, sowie Müdigkeit, Kopfschmerz, Konzentrationsprobleme, Übelkeit und Herzklopfen. Mehrere Studien wurden den bestehenden Untersuchungen hinzugefügt. Insgesamt gesehen lieferten die Studien keinen überzeugenden Nachweis für eine Kausalbeziehung zwischen der Exposition durch niederfrequente Magnetfelder und selbstberichteten Symptomen.

Studien, die mögliche Auswirkungen von niederfrequenten Magnetfeldern auf die Hirnaktivität untersuchten, sind zu heterogen, um fundierte Aussagen zu machen. Weitgehend in Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen haben neuere Studien gezeigt, dass eine Exposition durch niederfrequente Magnetfelder keine Auswirkung auf Aktivität oder Bewegung hat. Es gibt einige Belege aus Tierstudien, dass eine Exposition durch niederfrequente Magnetfelder die Ausführung von Aufgaben des Raumgedächtnisses (sowohl Defizite als auch Verbesserungen wurden berichtet) beeinträchtigen und fast unmerkliche Zunahmen von Angst und Stress im Verhalten bewirken kann. Andere Studien haben potenzielle molekulare und zelluläre Mechanismen untersucht und obwohl zahlreiche Studien weiterhin von vorgeschlagenen Mechanismen - besonders bezüglich Auswirkungen auf reaktive Sauerstoff-Spezies - berichten, wurde keiner davon zuverlässig identifiziert, der bei in der alltäglichen Umgebung vorkommenden Expositionshöhen funktioniert.

Epidemiologische Studien liefern keine überzeugenden Belege eines erhöhten Risikos von neurodegenerativen Erkrankungen, einschließlich Demenz, die mit Exposition durch von Netzfrequenz verursachten Magnetfeldern zusammenhängen.

7.5 Können niederfrequente Magnetfelder Auswirkungen auf die menschliche Fortpflanzung haben?

Epidemiologische Studien zeigten keine Belege für schädigende Auswirkungen auf die Schwangerschaft oder die Gesundheit von Kindern. Manche Studien berichten einige unplausible Auswirkungen, müssen jedoch unabhängig wiederholt werden bevor sie für eine Risikobewertung verwendet werden.

7.6 Was kann zusammenfassend über ELF-Felder gesagt werden?

Die neuen epidemiologischen Studien decken sich mit früheren Feststellungen eines erhöhten Risikos von Leukämie bei Kindern mit geschätzten täglichen Durchschnittsexpositionen über 0,3 bis 0,4 μT . Wie in den früheren Stellungnahmen erläutert, wurden keine Mechanismen identifiziert und keine Versuchsstudien waren in der Lage, diese Feststellungen zu erklären, wodurch, zusammen mit den Mängeln der epidemiologischen Studien, eine kausale Deutung unmöglich ist.

Insgesamt gesehen lieferten vorhandene Studien keinen überzeugenden Nachweis für eine Kausalbeziehung zwischen der Exposition durch niederfrequente Magnetfelder und selbstberichteten Symptomen.

Studien, die mögliche Auswirkungen von Exposition durch ELF auf die Leistungsspektren des Wach-EEGs untersuchen, sind zu heterogen bezüglich angewandter Felder, Expositionsdauer, Anzahl der berücksichtigten Hinweise und statistischer Methoden, um

fundierte Aussagen zu machen. Das gleiche gilt für Ergebnisse, die das Verhalten und kortikale Erregbarkeit betreffen.

Epidemiologische Studien liefern keine überzeugenden Belege eines erhöhten Risikos von neurodegenerativen Erkrankungen, einschließlich Demenz, die mit Exposition durch Magnetfelder zusammenhängen.

Außerdem zeigen sie keine Belege für negative Auswirkungen auf die Schwangerschaft bezüglich niederfrequenter Magnetfelder. Die Studien, welche Auswirkungen auf die Gesundheitssituation in der Kindheit im Verhältnis zu mütterlicher Exposition durch niederfrequente Magnetfelder in Wohngebieten während der Schwangerschaft betreffen, beinhalten einige methodische Fragen, die angegangen werden müssen. Sie berichten unplausible Auswirkungen, müssen jedoch unabhängig wiederholt werden bevor sie für eine Risikobewertung verwendet werden können.

Neuere Ergebnisse zeigen nicht, dass Niederfrequenzfelder Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfunktion beim Menschen haben.

8. Statische Magnetfelder beispielsweise von batteriebetriebenen Geräten und Hochspannungs-Gleichstrom-Freileitungen

8.1 Welches sind die Quellen von statischen Magnetfeldern?

Ein magnetisches Feld entsteht als Folge einer Bewegung von elektrischen Ladungen (elektrischer Strom) und ist von der Kraft gekennzeichnet, die auf ruhende oder bewegte elektrische Ladungen einwirkt. Die Stärke eines Magnetfelds wird gewöhnlich in Ampere pro Meter (A/m) gemessen, oder auch in Tesla (T), um den magnetischen Materialeigenschaften, als magnetische Induktion, Rechnung zu tragen. Statische Magnetfelder schwingen nicht und haben deshalb keine Frequenz (0 Hz). Beispiele für Felder natürlichen Ursprungs sind statische Magnetfelder, die von Dauermagneten oder vom Erdmagnetfeld erzeugt werden.



Die Kernspintomographie verwendet statische Magnetfelder
Fotokredit: Kasuga Huang

Menschengemachte statische Magnetfelder entstehen überall, wo Elektrizität in Form von Gleichstrom (DC) eingesetzt wird, wie in manchen Eisenbahn- oder U-Bahn-Systemen, bei industriellen Verfahren wie der Aluminiumherstellung, dem Chloralkali-Verfahren und dem Gasschweißen oder wo Dauermagnete manchmal technisch genutzt werden wie für Klammern und Verschlüsse in Halsbändern, Unterwäsche oder Handtaschen.

Die Vielfalt der künstlichen Quellen solcher Felder ist begrenzt, aber neue Technologien, die statische Felder erzeugen, entwickeln sich schnell. Die Anzahl der Menschen mit implantierten metallischen Geräten wie etwa Schrittmachern, die von starken statischen Magnetfeldern beeinflusst werden können, nimmt ebenfalls zu.

Eine bekannte Anwendung von starken statischen Magnetfeldern ist die Magnetresonanztomografie (MRT), die hochauflösende Schnittbilder des Körpers einschließlich des Kopfs ohne durch Knochenstrukturen verursachte Abschattung liefert. Dieses bildgebende Verfahren der Medizin verwendet sehr starke statische Magnetfelder von einigen Tesla, die zu hohen Expositionen sowohl für Patienten als auch für das Personal führen können.

Frühere Gesundheitsbewertungen schauten hauptsächlich auf die Exposition alleine durch statische Felder, aber viele Anwendungen, besonders MRT, können zu einer Exposition

durch starke statische Magnetfelder in Kombination mit Funkfrequenz- und anderen Feldern führen. Neuere Studien haben deshalb damit begonnen, auf verschiedene Feldkombinationen und ihre möglichen Auswirkungen zu achten.

8.2 Welche möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von statischen Magnetfeldern sind untersucht worden?

Im Alltag sind Erdmagnetfelder zu schwach, um entsprechende Auswirkungen zu haben. Die starken Magnetfelder um und in der Nähe von Magnetresonanztomographen (MRT), die derzeit mit 0,3 – 9,4 T arbeiten, sind stark genug, um entsprechende Auswirkungen zu verursachen. Dies kann es notwendig machen, Schutzmaßnahmen wie Torbogen-Metalldetektoren für die die Zugangskontrolle zu ergreifen, um zu verhindern, dass ferromagnetische Gegenstände in die Nähe des MRT gelangen, um unerwünschte Interferenzen mit implantierten Herzschrittmachern zu vermeiden und - bei Magnetfeldern von 4 T und mehr - eine gefährliche Stimulation von Nerven und Muskeln zu verhindern.

In den meisten der verfügbaren *In-Vitro*-Studien, riefen statische Magnetfelder über 30 μ T neuronale Effekte hervor, obwohl in einigen Fällen die Wirkungen temporär und reversibel waren. In allen Studien war die Genexpression beeinträchtigt, und die betroffenen Gene sind vor allem für Wachstum und Teilung von Zellen zuständig. Mehrere Studien berichten, dass bei Tieren Auswirkungen von statischen Magnetfeldern bei Stärken von mT bis T auftreten. Da viele Ergebnisse jedoch auf Einzelstudien beschränkt sind, stellen sie keine sichere Grundlage für eine Risikobewertung dar. Einige Tierstudien zeigen Auswirkungen von Magnetfeldern auf Durchblutung, Gefäßwachstum und auf Wachstum und Entwicklung, aber einige Ergebnisse sind widersprüchlich und klären die gemischten Ergebnisse früherer Studien nicht auf.

Seit der vorherigen SCENIHR-Stellungnahme (2009) identifizierte eine Meta-Analyse von Studien, die gesundheitliche Auswirkungen von statischen Magnetfeldern bewertete, vier Studien, die Auswirkungen wie Schwindelgefühl, Übelkeit und Vertigo. Bei keiner Feldstärke wurde der Exposition eine bedeutende Auswirkung auf kognitive Funktionen zugeschrieben.

Die Häufigkeit des Auftretens dieser Symptome schien vor allem mit der Stärke der MRT-Systeme, der in ihrer Nähe verbrachten Zeit und der Bewegungsgeschwindigkeit der Angestellten in diesen Feldern zusammenzuhängen. Diese Auswirkungen sind erklärbar durch bekannte Wechselwirkungsmechanismen und ihr Vorkommen ist wahrscheinlicher in Feldern über 2 T. Die Bedeutung dieser Effekte für die Gesundheit des Personals bleibt unklar, aber gemäß einiger Studien könnten diese dosisabhängigen Wirkungen theoretisch zu einem Risiko für Unfälle und Fehler beim Bedienpersonal führen, die es und die Patienten schädigen.

Obwohl diese neuen Studien die Schlussfolgerung bestätigen, dass diese Auswirkungen reparabel und nicht dauerhaft sind, gibt es auch einige Belege für genotoxische Effekte bei mit MRT untersuchten Patienten, aber es scheint unwahrscheinlich, dass das statische Feld allein solche Auswirkungen verursachen könnte. Weitere Studien zur DNA-Integrität und MRT-Exposition werden deshalb benötigt.

Magnetfelder in und um Kernspintomographen sind also stark genug, um relevante Nebenwirkungen wie Beschleunigung ferromagnetischer Gegenstände oder magnetische Interferenzen mit elektronischen Geräten zu ermöglichen. Sie rechtfertigen Schutzmaßnahmen wie die Zugangskontrolle durch Torbogen-Metalldetektoren oder eine Zugangsbeschränkung für Träger von Schrittmachern, die nicht kernspintauglich sind, um eine nachteilige Interferenz mit implantierten Herzschrittmachern zu vermeiden.

Es gibt insgesamt keine übereinstimmenden Belege für anhaltende, gesundheitsschädigende Wirkungen aufgrund kurzfristiger Exposition bis zu einigen Tesla.

9. Gibt es gesundheitliche Auswirkungen von kombinierter Exposition durch verschiedene EMF oder von gleichzeitiger Exposition durch andere Stoffe?

Die wenigen verfügbaren Studien zu **kombinierter Exposition** durch verschiedene elektromagnetische Felder liefern nicht genügend Belege für eine spezifische Risikobewertung. Die Studien über Auswirkungen auf die DNA-Integrität nach einer MRT-Untersuchung sind von klarem Interesse um weiterverfolgt zu werden. Es ist jedoch nicht klar, welche Komponente der komplexen Exposition durch EMF beim Scannen die Wirkung verursacht: Das statische Magnetfeld, das geschaltete Gradienten-Magnetfeld oder das gepulste Hochfrequenz-Magnetfeld mit seiner Wärmewirkung. Weitere Studien zur DNA-Integrität und MRT-Exposition werden benötigt und die Machbarkeit von Kohortenstudien von MRT-Patienten und gelegentlich exponiertem Personal sollte diskutiert werden.

Hinsichtlich **gleichzeitiger Exposition** durch Niederfrequenz oder Funkfrequenz mit mehreren chemischen oder physikalischen Stoffen wurde in manchen Fällen eine Zunahme oder eine Abnahme der Wirkungen einiger Chemikalien oder physikalischer Stoffe beobachtet. Aufgrund der kleinen Zahl verfügbarer Untersuchungen und der großen Vielzahl angenommener Protokolle (verschiedene chemische oder physikalische Behandlungen und verschiedene EMF-Expositionsbedingungen) ist es unmöglich, Schlüsse zu ziehen. Weitere Forschungen sollten durchgeführt werden, um die Rolle von elektromagnetischen Feldern bei der Zunahme/Abnahme des Effekts anderer Behandlungen wie UV-Bestrahlung und ionisierender Bestrahlung zu klären und die potenziell nützlichen (schützenden) Auswirkungen solcher Expositionen auf Menschen zu erforschen.

10. Schlussfolgerungen zu gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern

10.1 Schlussfolgerungen zu Funkfrequenz- (RF) Feldern

Funkfrequenzfelder (100 kHz - 300 GHz) werden von einer Vielzahl von Quellen erzeugt wie etwa Rundfunk und Fernsehen, Mobiltelefonie und drahtlose Netzwerke.

Insgesamt zeigen die epidemiologischen Studien zur Exposition durch Funkfrequenzfelder kein erhöhtes Risiko von Hirntumoren. Darüber hinaus weisen sie nicht auf ein erhöhtes Risiko für andere Krebsarten der Kopf- und Nackenregion hin. Einige Studien erhoben Fragen hinsichtlich eines erhöhten Risikos für Vielnutzer von Mobiltelefonen an Gliom und Akustikusgeschwulst zu erkranken. Die Ergebnisse von Kohorten- und Häufigkeits-Zeitrendstudien unterstützen ein zugenommenes Gliomrisiko nicht. Die Möglichkeit eines Zusammenhangs mit Akustikusgeschwülsten bleibt offen. Epidemiologische Studien weisen nicht auf ein erhöhtes Risiko für andere Krebsarten, einschließlich Krebserkrankungen bei Kindern, hin.

Eine Vielzahl von *In-Vitro*-Studien wurden seit der zuletzt angenommenen Stellungnahme veröffentlicht. In den meisten dieser Studien wurden keine Auswirkungen, weder genotoxische noch nicht-genotoxische, für Expositionshöhen unterhalb der Grenzwerte verzeichnet. Frühere Studien, die nahelegen, dass Exposition durch Funkfrequenz die Hirnaktivität beeinträchtigen kann, wie sich durch Änderungen im EEG während der Schlaf-

und Wachphasen widerspiegelt, werden durch neuere Studien bestätigt. Angesichts der Vielzahl angewandter Felder, der Expositionsdauer, der Anzahl der berücksichtigten Hinweise und der statistischen Methoden ist es schwierig, fundierte Schlüsse zu ziehen. Studien über kognitive Funktionen beim Menschen fehlt es an Übereinstimmung. Die biologische Relevanz berichteter geringer physiologischer EEG-Änderungen bleiben unklar und eine mechanistische Erklärung fehlt immer noch.

Eine vernünftige experimentelle Evidenzlage schlägt nun vor, dass eine Exposition durch Funkfrequenz, zumindest kurzfristig, keine der selbstberichteten Symptome auslöst, die als "elektromagnetische Überempfindlichkeit" bekannt sind. Obwohl zusätzliche Beobachtungsstudien notwendig sind, um einen möglichen Zusammenhang einer längerfristigen Exposition mit den Symptomen zu bewerten, spricht die Beweislast bis jetzt gegen einen Kausaleffekt.

Menschliche Studien zu neurologischen Erkrankungen und Symptomen zeigen gar keine oder keine übereinstimmenden Effekte.

10.2 Schlussfolgerungen zu Mittelfrequenz- (IF) Feldern

Mittelfrequenzfelder (300 Hz – 100 kHz) entstehen in Quellen wie Computer, Induktionskochplatten, Kompaktleuchtstofflampen und Warensicherungsanlagen. Die Exposition durch Mittelfrequenzfelder am Arbeitsplatz ist in manchen Fällen beträchtlich höher als die Exposition der allgemeinen Bevölkerung. Es sind bisher jedoch sehr wenige Forschungsarbeiten zu Mittelfrequenzfeldern und Gesundheitsrisiken in der Berufswelt oder für die allgemeine Bevölkerung veröffentlicht worden und die Datenmenge ist noch zu gering für eine entsprechende Risikobewertung. Angesichts der zunehmenden Exposition durch Mittelfrequenzfelder am Arbeitsplatz, zum Beispiel in Läden und in bestimmten Gewerben, ist es wichtig, dass der Forschung in diesem Bereich Priorität eingeräumt wird.

10.3 Schlussfolgerungen zu Niederfrequenz- (ELF) Feldern

Niederfrequenz-Felder (ELF) (unter 300 kHz) werden von Quellen wie Hochspannungsleitungen und Haushaltsgeräten erzeugt. Studien, die mögliche Auswirkungen von Exposition durch niederfrequente Magnetfelder (ELF MF) auf die Hirnaktivität von Freiwilligen untersuchen, sind zu heterogen bezüglich angewandter Felder, Expositionsdauer, Anzahl der berücksichtigten Hinweise und statistischer Methoden, um fundierte Aussagen zu machen. Das gleiche gilt für Ergebnisse, die das Verhalten und kortikale Erregbarkeit betreffen.

Die neuen epidemiologischen Studien decken sich mit früheren Feststellungen eines erhöhten Risikos von Leukämie bei Kindern mit geschätzten täglichen Durchschnittsexpositionen über 0,3 bis 0,4 μT . Wie in den früheren Stellungnahmen erläutert, wurden zwischenzeitlich keine Mechanismen identifiziert und es gibt keine Unterstützung von Versuchsstudien, die diese Feststellungen erklären könnten, wodurch, zusammen mit den Mängeln der epidemiologischen Studien, eine kausale Deutung unmöglich ist.

Nur einige wenige neue epidemiologische Studien zu neurodegenerativen Erkrankungen wurden seit der zuletzt angenommenen Stellungnahme veröffentlicht. Sie stützen nicht die frühere Schlussfolgerung, dass eine Exposition durch niederfrequente Magnetfelder das Risiko für die Alzheimer-Krankheit oder andere neurodegenerative Erkrankungen oder Demenz erhöhen könnte.

10.4 Schlussfolgerungen zu statischen Magnetfeldern

Statische Magnetfelder entstehen durch Quellen wie Dauermagnete und Quellen, die Gleichströme benutzen.

Zusammengefasst bieten die neuen berichteten Ergebnisse keinen Grund für eine Änderung der in der vorherigen Stellungnahme schon vorgelegten Risikobewertung der Exposition durch statische Magnetfelder. Es gibt allgemein keine übereinstimmenden Belege für anhaltende, gesundheitsschädigende Wirkungen aufgrund kurzfristiger Exposition bis zu einigen Tesla.

10.5 Schlussfolgerungen zur kombinierten Exposition durch EMF und von gleichzeitiger Exposition durch Umweltstressoren

Die wenigen verfügbaren Studien zu **kombinierter Exposition** durch verschiedene elektromagnetische Felder liefern nicht genügend Belege für eine Risikobewertung.

Die Stellungnahme von 2009 schlussfolgerte, dass es einige Belege von *In-Vivo* -Studien gab, die nahelegen, dass **gleichzeitige Exposition** durch Niederfrequenzfelder eine ko-karzinogene Wirkung habe, während es keine Belege gab, dass Funkfrequenzfelder in ähnlicher Weise funktionieren könnten. Die seither berichteten Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine gleichzeitige Exposition durch ELF oder RF mit mehreren chemischen oder physikalischen Stoffen tatsächlich zu einer Zunahme oder einer Abnahme ihrer Wirkungen führen kann, aber aufgrund der kleinen Zahl verfügbarer Untersuchungen und der großen Vielzahl angenommener Protokolle ist es gegenwärtig unmöglich, diese Risiken zu bewerten.

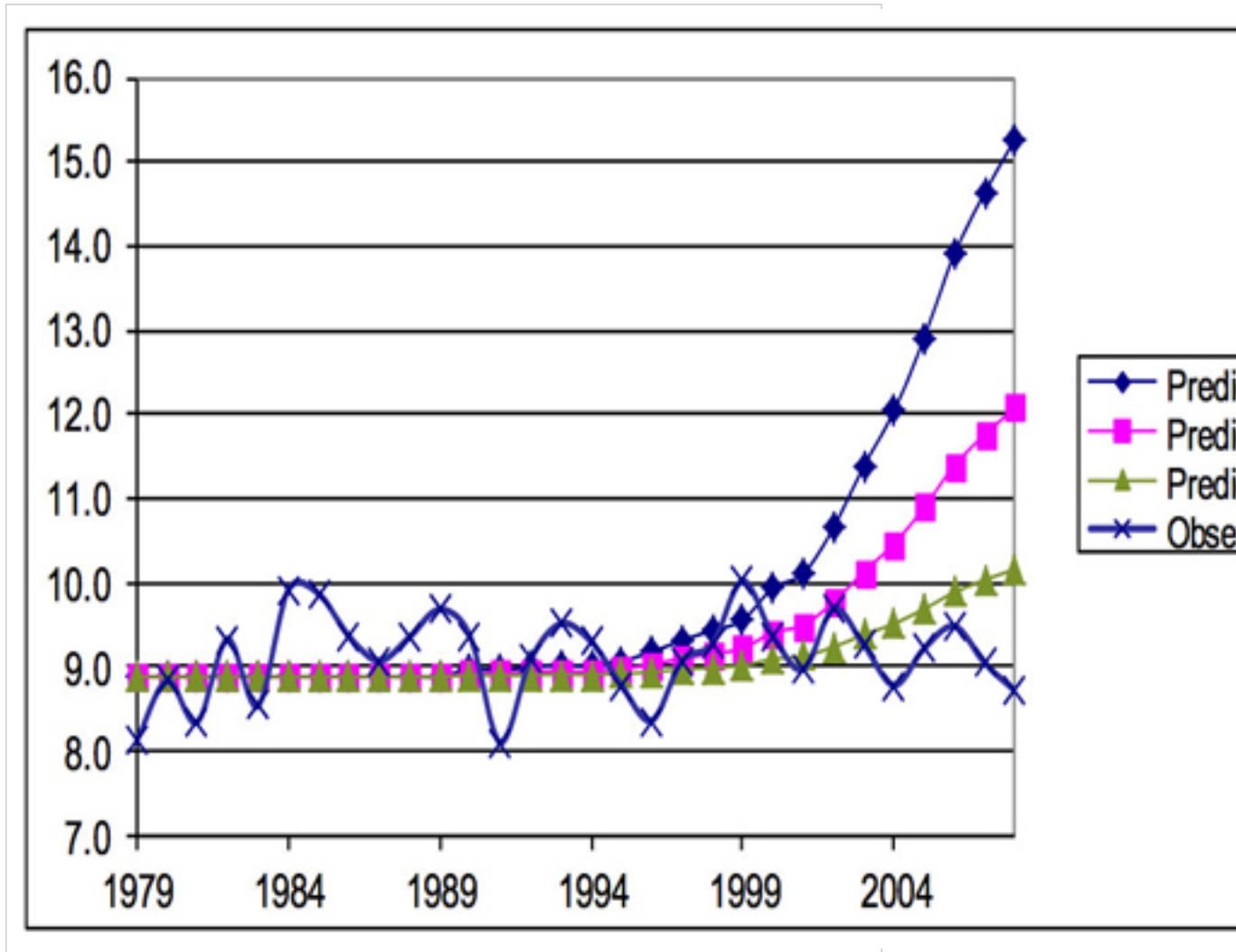
10.6 Forschungsempfehlungen

Eine Zusammenstellung nach Prioritäten gestaffelter Forschungsempfehlungen, eine methodische Anleitung zur Versuchsplanung und Mindestanforderungen für die Gewährleistung von Datenqualität und Datennutzbarkeit für die Risikobewertung wird in den Kapiteln 3.14 und 3.15 der Stellungnahme gegeben.

Anhang

Annex 1:

Figure 5. Observed glioma incidence rate in the Nordic countries and expected rates assuming mobile phone



(regular mobile phone use of 10 years or more) related relative risk increases of 1.2, 1.5 and 2, respectively

[Based on data from Deltour et al. 2012]

Source: SCENIHR Potential health effects of exposure to electromagnetic fields [see http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf], 3.6.1.1. Epidemiological studies, p.79

Cogeneris sprl [siehe <https://www.greenfacts.org/>] ist Inhaber des Urheberrechts der leserfreundlichen Drei-Stufen Struktur in welcher dieses SCENIHR Gutachten präsentiert ist.