

Schriften der Sudetendeutschen Akademie  
der Wissenschaften und Künste

Band 37

Forschungsbeiträge der Naturwissenschaftlichen Klasse

ERNST HABIGER

## **Elektromagnetische Felder – ein kritischer Umweltfaktor**

*Bedrohungen – Ängste – Schutzmaßnahmen*

### *Summary*

The growing use of electricity for energy and communication purposes increases the environmental impact through emanating of electrical, magnetic and electromagnetic fields from these installations. They belong to the so called non-ionising radiation and they are able in excess of a certain intensity to influence the human body in an undesirable manner. It will be shown: there is no reason to dramatise but neither to ignore that problem.

### *Einführung und Zielsetzung*

Mit dem steigenden Einsatz von Elektroenergie für energetische und kommunikative Zwecke erhöht sich die Umweltbelastung durch davon ausgehende elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) [11]. Sie gehören zur sogenannten nichtionisierenden Strahlung und können ab einer bestimmten Intensität den menschlichen Körper auf unerwünschte Weise beeinflussen. Dies erfordert einerseits angemessene Schutzmaßnahmen im öffentlichen und beruflichen Umfeld und wird andererseits in der breiten Öffentlichkeit unter dem Begriff Elektrosmog auf vielfältige Weise mehr oder weniger sachlich diskutiert und bietet bedenkenlosen Individuen die Möglichkeit, den Geldbeutel ihrer Zeitgenossen durch das Angebot teurer aber wirkungsloser Schutzeinrichtungen zu erleichtern. Siehe z.B. [13]. Aus realer Sicht sind bei der Diskussion dieser Problematik folgende Sachverhalte zu berücksichtigen:

- 1) **Bei der Einführung neuer Technologien** besteht immer die Gefahr, dass sie bezüglich ihrer Langzeitwirkungen ungenügend erprobt zum Einsatz gelangen (Beispiele sind Dioxin, FCKW, Asbest, Contergan, Radarstrahlung, nichtionisierende Strahlung u.a.).
- 2) **Es gibt viele nationale und internationale Institutionen**, die sich mit der EMF-Problematik befassen und Tausende von Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen. Laut Deutschem Mobilfunk (DMF)-Programm fehlt eine allgemeine Rechtsgrundlage zum Schutz vor nichtionisierender Strah-

lung. Das heißt, es besteht weiterer Forschungsbedarf! Insbesondere bezüglich möglicher Langzeitwirkungen > 10 Jahre. Es sind deshalb Vorsorgemaßnahmen in Ergänzung bereits bestehender Grenzwertregelungen erforderlich!

- 3) **WHO:** Angesichts der Tatsache, dass Felder ab einer bestimmten Dosisierung in jedem Fall Wirkungen auf den menschlichen Organismus haben, erhebt sich die Frage, inwieweit dabei in das natürliche, über elektrische Signale gesteuerte Bioregulationssystem nachteilig eingegriffen wird. Diese Fragestellung ist bislang nicht in vollem Umfang wissenschaftlich geklärt! **Und zwar fehlen entsprechende tragfähige Modelle!**
- 4) **Richtlinie 2004/40/EG** enthält Mindestvorschriften zum Schutz gegen EMF. In Kraft getreten: Juni 2013. (2013/35/EU). Grenzwertfestlegungen waren bislang den EU-Mitgliedstaaten überlassen. Dabei bestanden große Unterschiede (Faktor 50 bis 100 in neun Mitgliedstaaten der EU sowie in der Schweiz, Israel und Russland).
- 5) **Vom Bundesamt für Strahlenschutz, BfS** gibt es deshalb definitive Vorgehinweise für den Umgang z.B. mit Mobilfunkgeräten. Siehe Fazit.

Vor diesem Hintergrund möchte ich in diesem Beitrag Folgendes verdeutlichen: Es besteht kein Grund, die bestehende Situation zu **dramatisieren**, aber auch kein Grund, die EMF-Problematik zu **bagatellisieren** oder **zu ignorieren**. Ausgehend von behördlichen Quellen wie BfS, SSK, WHO u.a. werde ich die EMF-Problematik und vorgeschriebene Schutzvorkehrungen erläutern.

### *Felder und Feldintensität*

#### *Natürliche Felder*

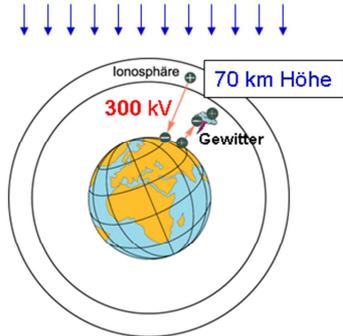
Dies sind elektromagnetische Felder, wie sie seit Jahrtausenden in unserer Umwelt existieren bzw. im menschlichen Körper durch sein elektrisches Bioregulationssystem erzeugt werden (Abb. 1 und Abb. 2). Schäden am menschlichen Körper sind hier ggf. durch Blitzpulsfelder zu befürchten.

#### *Künstliche Felder*

Das sind die Felder, die von elektroenergetischen und informationstechnologischen Installationen emittiert werden und von denen Störungen und Schädwirkungen erwartet werden können. Mit dem zunehmenden Einsatz solcher technischen Mittel steigt auch ihre Intensität in unserem Umfeld mit der Zeit ständig an.

Da sind zunächst die elektrostatischen und die magnetostatischen Felder, die eine zeitlich konstante räumliche Verteilung aufweisen (Abb. 3a), dann die elektrischen und magnetischen Wechselfelder, die zwar eine räumlich konstante Feldverteilung haben aber im Frequenzbereich bis ca. 100 kHz in ihrer Intensität zeitlich schwingen (Abb. 3b), und schließlich die elektromagnetischen Wellenfelder, die sich mit Frequenzen bis 300 GHz im leeren Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten (Abb. 3c).

**Elektrische Felder**  
(Galaktisches & atmosph. Rauschen)



- Galaktisches & atmosph. Rauschen **0,1  $\mu\text{V/m}$  ... 10  $\text{mV/m}$  (kHz ... GHz)**
- Stärke des elektrostatischen Feldes über der Erdoberfläche ca. **130  $\text{V/m}$  (im Sommer) bis 270  $\text{V/m}$  (im Winter)**
- bis **20  $\text{kV/m}$**  bei Gewitter

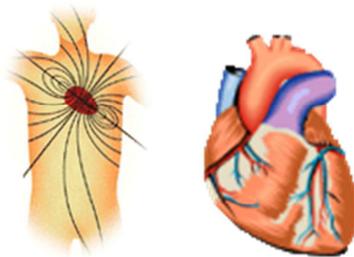
**Magnetische Felder**  
(Erdmagnetfeld und Blitzpulsfelder)



- Stärke des statischen Erdmagnetfeldes ca. **30 ... 60  $\mu\text{Tesla}$ ,**
- In Blitznähe Flussdichten bis **1000  $\mu\text{T}$**  und darüber möglich

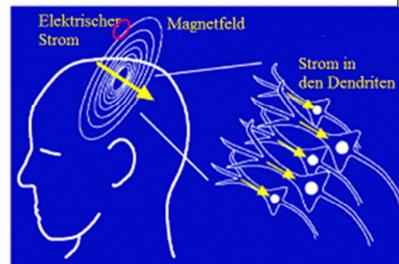
Abbildung 1: Natürliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder [1]

**Magnetfelder erzeugt durch Aktionsströme des Herzens**



Feldstärke: ca. **100 pTesla** ( $10^{-12}$  Tesla)  
ca. **ein Millionstel** des Erdmagnetfeldes  
Frequenz: Hertzbereich

**Magnetfelder erzeugt durch Hirnstromaktivitäten**



Feldstärke: **einige Femto-Tesla**  
(1 Femto-Tesla =  $10^{-15}$  Tesla)  
ca. **0,01 Milliardenstel** des Erdmagnetfeldes  
Frequenz: 0,3 bis 70 Hz

Abbildung 2: Biomagnetische Felder (Quelle: Wikipedia u.a.)

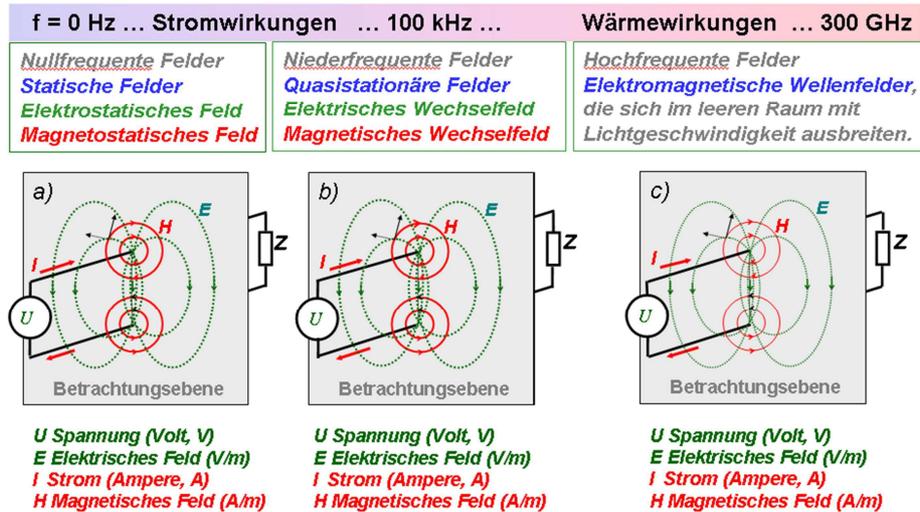


Abbildung 3: Feldarten und deren Wirkungen in elektrischen Stromkreisen

Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über typische Werte von magnetischen Gleichfeldern.

Quellen	Magnetische Flussdichte in $\mu\text{T}$
Zum Vergleich: Erdmagnetfeld	30 bis 60
Straßen-, U- oder Stadtbahn (Bln, Hamburg) 1 m Abstand von der Bahnsteigkante	50 bis 110
Fahrgastraum einer Straßen- oder U-Bahn	150 bis 350
Deaktivatoren von Sicherheitsetiketten in der Artikelüberwachung (Handel, Bibliothek)	<b>&lt; 1000</b> (15 x Erdmagnetfeld)
<b>Kernspintomographie (Bedienpersonal)</b>	<b>bis 100 000</b> (1.000 x Erdfeld)
<b>Kernspintomograph (Patient)</b>	<b>bis 7 000 000</b> (100.000 x Erdfeld)

Tabelle 1: Typische Werte der magnetischen Flussdichte von magnetischen Gleichfeldern [1]

Die Quellen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder (50/60 Hz) sind in den Industrieländern flächendeckend verteilt (Abb. 4).

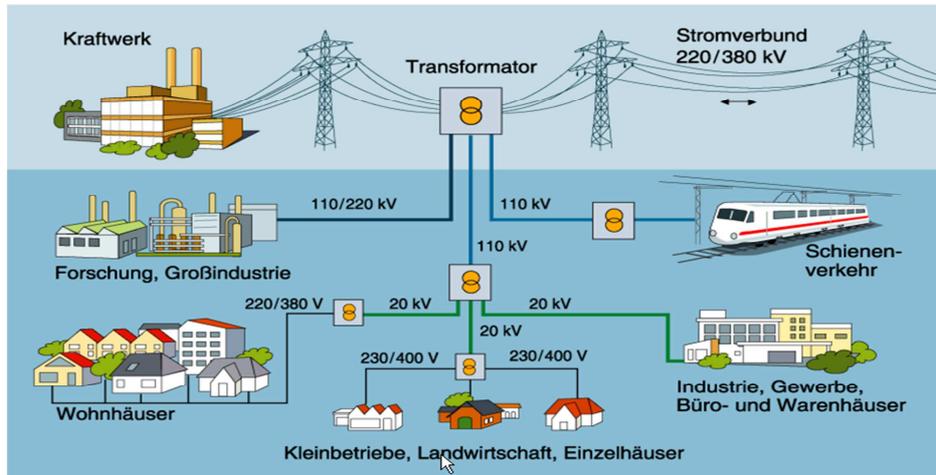


Abbildung 4: Quellen niederfrequenter elektrischer und magnetische Felder [14]

Davon ausgehend gibt es folgende Feldbelastungen, und zwar im Nahbereich von Hochspannungsstrassen (Abb. 5):

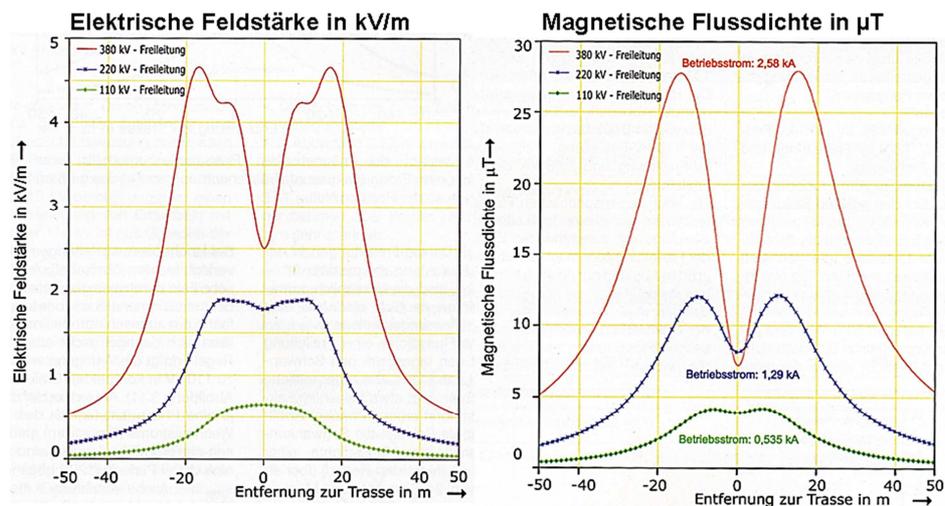


Abbildung 5: Elektrisches & magnetisches Feld im Nahbereich von Hochspannungsleitungen [1]

Und das Magnetfeld im Nahbereich einer Netzstation siehe Abbildung 6.

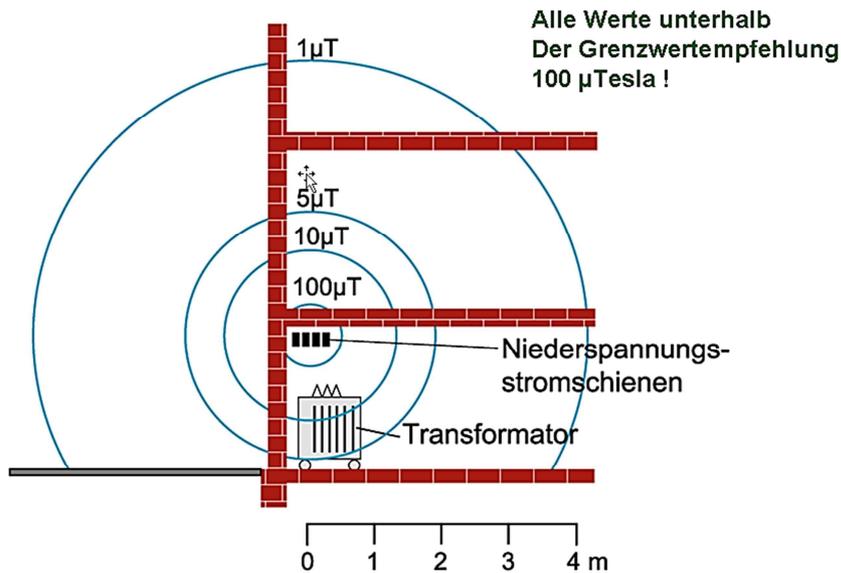


Abbildung 6: Magnetfeld im Nahbereich einer Netzstation [2]

Und schließlich noch die 50 Hz-Magnetfelder im Umkreis von Haushaltsgeräten (Tab. 2). Bei den meisten von ihnen wird der Wert der Grenzwertempfehlung von  $100 \mu\text{T}$  nach BfS deutlich unterschritten. Werte im grün unterlegten Bereich.

<b>Repräsentative Werte magnetischer Flussdichten von Haushaltsgeräten in unterschiedlichen Abständen</b> (gemessen in Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ), Gebrauchsgegenstände in Fettdruck)			
<b>Gerät</b>	<b>3 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>1 m</b>
Haarfön	<b>6 – 2000</b>	0,01 – 7	0,01 – 0,3
Rasierapparat	<b>15 – 1500</b>	0,08 – 9	0,01 – 0,3
Bohrmaschine	<b>400 – 800</b>	<b>2 – 3,5</b>	0,08 – 0,2
Staubsauger	<b>200 – 800</b>	<b>2 – 20</b>	0,13 – 2
Leuchtstofflampe	<b>40 – 400</b>	<b>0,5 – 2</b>	0,02 – 0,25
Mikrowellengerät	<b>73 – 200</b>	<b>4 – 8</b>	0,25 – 0,6
Radio (tragbar)	16 – 56	<b>1</b>	< 0,01
Küchenherd	1 – 50	<b>0,15 – 0,5</b>	0,01 – 0,04
Waschmaschine	0,8 – 50	<b>0,15 – 3</b>	0,01 – 0,15
Bügeleisen	8 – 30	<b>0,12 – 0,3</b>	0,01 – 0,03
Geschirrspüler	3,5 – 20	<b>0,6 – 3</b>	0,07 – 0,3
Computer	0,5 – 30	< <b>0,01</b>	
Kühlschrank	0,5 – 1,7	<b>0,01 – 0,25</b>	< 0,01
Fernsehgerät	2,5 – 50	0,04 – 2	<b>0,01 - 0,15</b>

Tabelle 2: 50 Hz-Magnetfelder im Umkreis von Haushaltsgeräten [3]

Bezüglich der Kommunikationsnetze ergibt sich ebenfalls in flächendeckender Verteilung das folgende Bild (Abb. 7):

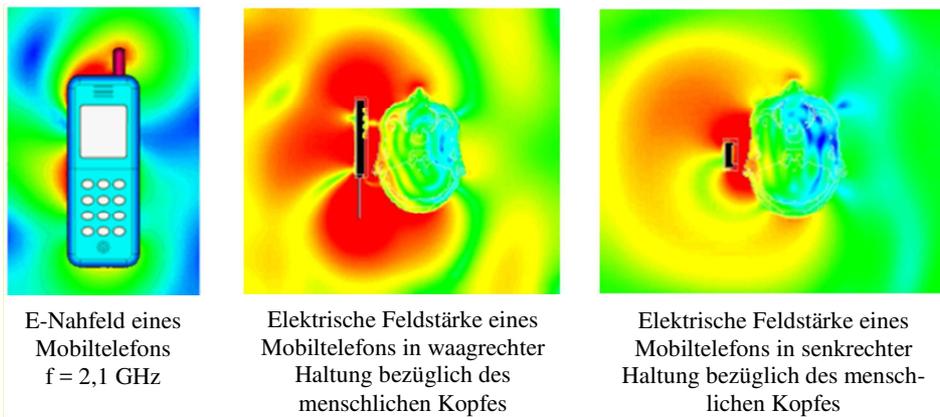


*Abbildung 7: Kommunikationssysteme – Quellen für Hoch- und Höchstfrequenzfelder*

Zurzeit gibt es deutschlandweit (Tendenz steigend):

- rund 300.000 Mobilfunk-Sendeanlagen,
- etwa 2 Millionen, kleinere Sendeanlagen,
- 100 Millionen, häusliche Sendeanlagen, (Schnurlos-Telefone, WLAN, Babyphone, Türöffner, und viele ähnliche Geräte),
- und ca. 100 Millionen, Mobiltelefone.
- Dazu Rundfunk, Fernsehen, Richtfunk, Radar und Amateurfunk.

Abbildung 8 zeigt Beispiele für die Feldstärkeverteilung eines Mobiltelefons bei Betrieb in Kopfnähe. Die Wertebereiche der Teilkörper-SAR-Werte betragen 0,04 bis 1,94 W/kg. Zulässig in Deutschland nach Empfehlung von ICNIRP [4] ist ein SAR-Wert von maximal 2 W/kg Biomasse, gemittelt über 10 Gramm Körpergewebe [10].



*Abbildung 8: Beispiele für hochfrequente Nahfelder (0,9 bis 2,1 GHz im Kopfbereich beim Mobiltelefonieren; Grün: schwache Felder, Rot: starke Felder) [15]*

Tabelle 3 gibt abschließend noch einen Überblick über Frequenzbereiche, Sendeleistungen und Expositionswerte von Funksendeanlagen [5]. Auch hier liegen die meisten Werte im grünen, d.h. im ungefährlichen Bereich.

Quelle	Frequenz/ Modulation A, F, P	Abstand	Typische Werte für die Exposition	Bemerkungen
Mittelwelle	1,4 MHz (A)	50 m 300 m	21 W/m <sup>2</sup> 537 W/m <sup>2</sup>	Leistung 1,8 MW
Kurzwelle	6 – 10 MHz (A)	50 m 220 m	2 W/m <sup>2</sup> 20 W/m <sup>2</sup>	Leistung 750 kW
CB-Funk, Walkie-Talkies	27 MHz (A)	5 cm 12 cm	bis 200 W/m <sup>2</sup> bis 20 W/m <sup>2</sup>	Leistung wenige Watt
Rundfunksender (UKW)	88 – 108 MHz (F)	ca. 1,5 km	< 0,05 W/m <sup>2</sup>	bis 100 kW
Fernsehsender VHF-TV UHF-TV	174 – 26 MHz (A,F) 470 – 890 MHz (A,F)	ca. 1,5 km ca. 1,5 km	< 0,02 W/m <sup>2</sup> < 0,005 W/m <sup>2</sup>	100 – 300 kW bis 5 MW
Mobilfunk D-Netz Handys	900 MHz (P)	2 – 5 cm	< 10 W/m <sup>2</sup>	
Sendemasten D-Netz	900 MHz (P)	> 50 m	< 0,01 W/m <sup>2</sup> < 0,001 W/m <sup>2</sup>	im Freien in Gebäuden
Mobilfunk E-Netz Handys	1,8 GHz (P)	1 – 5 cm	< 5 W/m <sup>2</sup>	
Sendemasten E-Netz	1,8 GHz (P)	> 10 m	< 0,05 W/m <sup>2</sup> < 0,0005 W/m <sup>2</sup>	im Freien in Gebäuden
Mobilfunk UMTS	1,8 – 2 GHz (P)	2 – 50 cm	< 10 W/m <sup>2</sup>	Schätzung
Sendemasten UMTS	1,8 – 2 GHz (P)	> 50 m	< 0,05 W/m <sup>2</sup>	Schätzung
Schnurlose Telefone	1,9 GHz (P)	1 – 5 cm	< 0,5 W/m <sup>2</sup>	
HF-Belastung in Ballungsgebieten	Rundfunk-, Fernsehsender Mobilfunk		0,0005 W/m <sup>2</sup> 0,1 – 0,4 W/m <sup>2</sup>	Durchschnittswert in einigen Orten in Großstädten der BRD (1985)
Mikrowellenkochgerät	2,45 GHz (ohne)	0,3 m 0,5 m 1 m	< 10 W/m <sup>2</sup> < 5 W/m <sup>2</sup> < 1 W/m <sup>2</sup>	
Diebstahlsicherung	0,9 – 10 GHz (P,A,F)		< 0,002 W/m <sup>2</sup>	im Nutztahl
Verkehrsradar	9 – 35 GHz (P)	3 m 10 m	< 0,25 W/m <sup>2</sup> < 0,01 W/m <sup>2</sup>	Leistung 0,5 – 100 mW
Flugüberwachungs- und Militärradars	1 – 10 GHz (P)	0,1 – 1 km > 1 km	0,1 – 10 W/m <sup>2</sup> < 0,5 W/m <sup>2</sup>	Leistung 0,2 – 20 kW

Tabelle 3: Parameter von Funksendeanlagen. Grün: ungefährliche Expositionswerte

#### *Grundsätzliches zu den biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder*

Dazu lässt sich aufgrund bisheriger Erkundungen nach ICNIRP Folgendes sagen:

- Die Wechselwirkung elektromagnetischer Felder mit biologischer Materie unterscheidet sich durch nichts von der Wechselwirkung mit anderer Materie.

- Elektromagnetische Felder interagieren mit Ladungsträgern im Körper (Ionen, Elektronen, Raumladungen in Molekülen etc. also auf molekularer Ebene.
- **Statische elektrische Felder** erzeugen durch Influenz eine Ladungstrennung.
- **Statische Magnetfelder** üben Kraftwirkungen aus (wichtig für Implantatträger).
- **Niederfrequente elektrische Wechselfelder** erzeugen einen Wechselstrom von Influenzladungen.
- **Niederfrequente magnetische Wechselfelder** induzieren einen Stromfluss.
- **Hochfrequente elektromagnetische Felder ( $f > 30 \text{ kHz}$ )** können absorbiert werden und die absorbierte Energie kann das Körpergewebe erwärmen.
- **Ob diese Effekte biologische oder gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen zeigen, hängt von der Dosierung ab.**
- **Inwieweit dabei in das natürliche über elektrische Signale gesteuerte Bio-regulationssystem des Menschen nachteilig eingegriffen wird, ist bislang nicht in vollem Umfang wissenschaftlich geklärt (Standpunkt der WHO!!!, Abb. 9)**

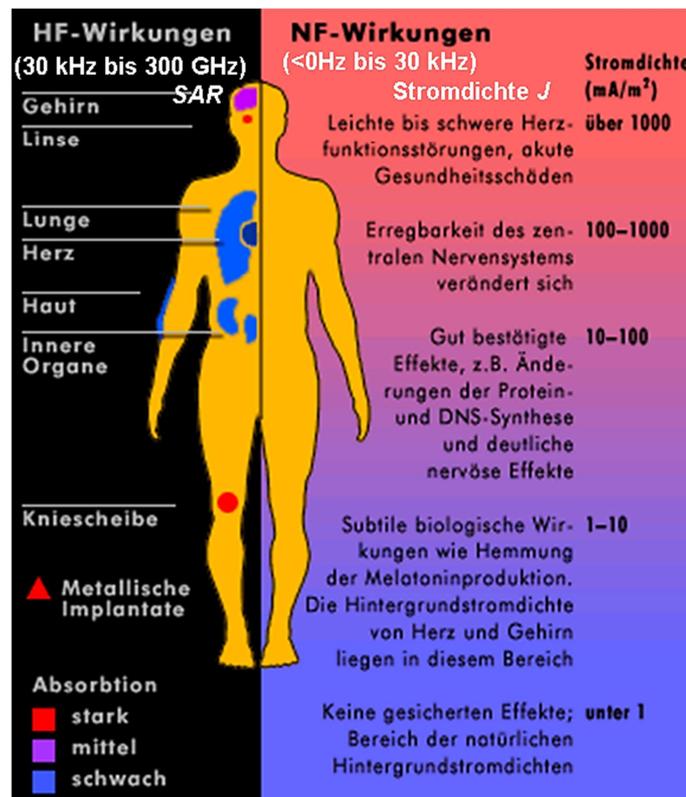


Abbildung 9: Wirkungen von NF- und HF-Feldern im menschlichen Körper [6]

*Was ist zulässig? (Grenzwerte, Normung, Gesetzgebung)*

Abbildung 10 zeigt die physikalischen Größen, die zur Beurteilung der Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder im menschlichen Körper herangezogen werden. Da sind zunächst die Basisgrößen. Sie sind direkt verknüpft mit möglichen biologischen Wirkungen, können aber im menschlichen Körper nicht so ohne weiteres gemessen werden. Deshalb greift man auf sogenannte abgeleitete Werte zurück, die der Messung leicht zugänglich sind. Dabei gilt die Regel, dass diesbezüglich ermittelte Grenzwerte überschritten werden dürfen, wenn bekannte Basisgrenzwerte eingehalten werden.

### Basisgrößen

Elektrische Stromdichte

$J$  im Körper in  $\text{mA/m}^2$ ,

Spezifische Absorptionsrate

$SAR$  in  $\text{Watt/kg}$  Körpermasse

Spezif. Energieabsorption

$SA$  in  $\text{Joule/kg}$  Körpermasse

Leistungsflussdichte

$S$  in  $\text{Watt/m}^2$

- Sind direkt verknüpft mit biologischen Wirkungen.
- Diesbezügliche Grenzwerte (Basisgrenzwerte) müssen eingehalten werden!!!



### Abgeleitete Werte

Elektrische Feldstärke

$E$  in  $\text{Volt/m}$ ,

Magnetische Feldstärke

$H$  in  $\text{Ampere/m}$ ,

Magnetische Flussdichte

$B$  in  $\mu\text{Tesla}$  ( $10^{-6} \text{Vs/m}^2$ ),

Leistungsflussdichte

$S$  in  $\text{Watt/m}$

- Diesbezügliche Grenzwerte dürfen überschritten werden, wenn die Basisgrenzwerte eingehalten werden.

*Abbildung 10: Physikalische Größen, die zur Beurteilung der Wirkungen elektromagnetischer Felder im menschlichen Körper herangezogen werden*

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung dieser Grenzwerte zeigt Abbildung 11. Überschreitet ein einwirkendes Feld den biologischen Schwellwert, treten gesundheitliche Wirkungen auf. Dieser Zusammenhang wird dann als gültig betrachtet, wenn er durch mehrere voneinander unabhängig tätige Forschergruppen bestätigt ist.

Ein Zehntel dieses Wertes wird als zulässig für die berufliche Exposition und ein Fünfzigstel des biologischen Schwellwertes wird als zulässig für die Allgemeinheit erachtet.

Grund für die nochmalige Reduzierung um den Faktor 5 sind: Alte Menschen, Kranke, medikamentös Behandelte, Kleinkinder und Säuglinge.

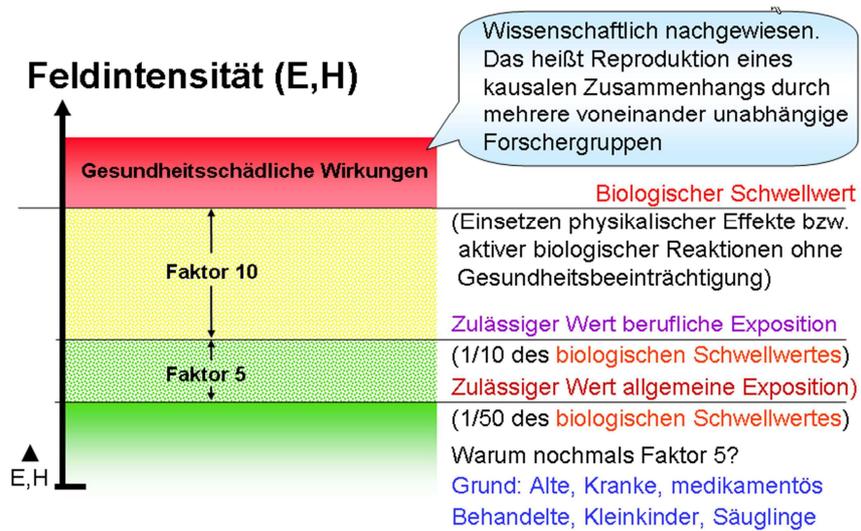


Abbildung 11: Methoden der Festlegung zulässiger Feldgrenzwerte [7]

Zahlreiche nationale und internationale Organisationen befassen sich mit der Untersuchung der Wirkungen elektromagnetische Felder auf den Menschen (Abb. 12, Abb. 13, Tab. 4 und Tab. 5), für die Allgemeinheit sowie für die Belange des Gesundheits- und Arbeitsschutzes in beruflicher Umgebung. Gesicherte Erkenntnisse liegen allerdings bislang nur für thermische Wirkungen elektrischer und elektromagnetischer Felder vor.

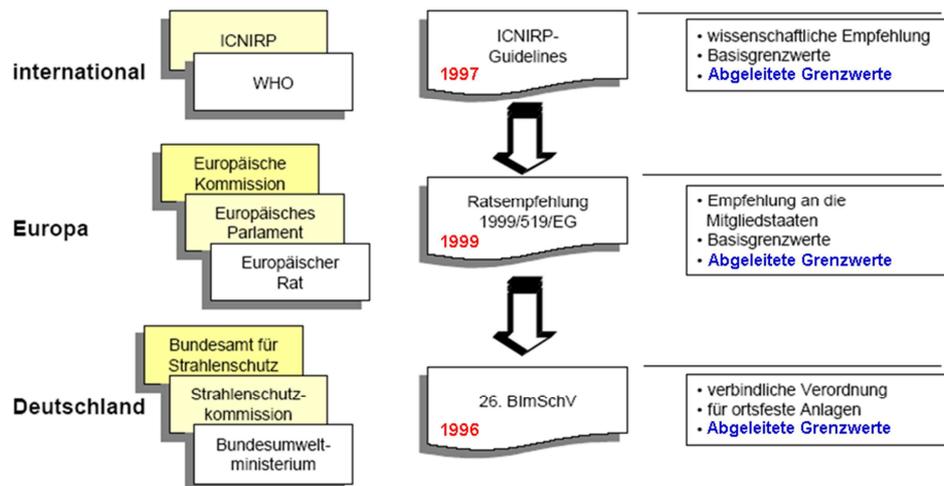


Abbildung 12: EMF-Gremien, Leitlinien, Vorschriften und Verordnungen zum Schutz der Allgemeinheit, d.h. der Öffentlichkeit

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; BImSchV: Bundes-Immissionschutzverordnung (Quelle: ZVEI: Zentralverband Elektroschutz- und Elektroindustrie)

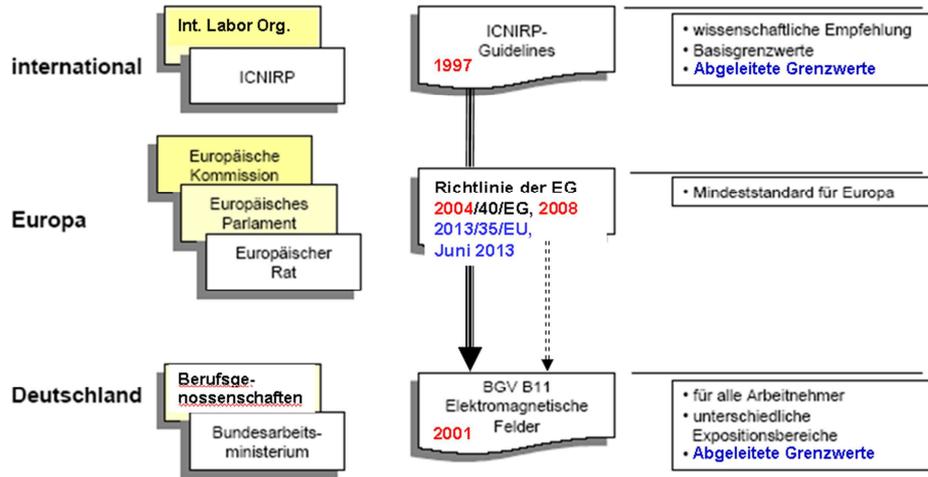


Abbildung 13: EMF-Gremien, Leitlinien, Vorschriften und Verordnungen für die Belange des Arbeits- und Gesundheitsschutzes in beruflicher Umgebung  
 ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; BGV: Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit (Quelle: ZVEI: Zentralverband Elektroschutz- und Elektroindustrie)

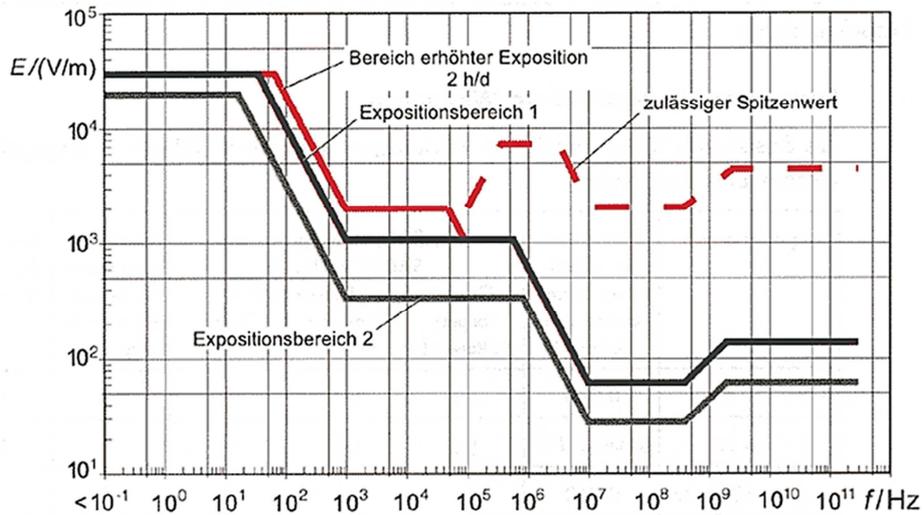
Niederfrequenz-Anlagen		
Frequenz in Hz	Elektrische Feldstärke Effektivwert in kV/m	Magnetische Flussdichte Effektivwert in $\mu\text{T}$
50	5	100
16 2/3	10	300
Hochfrequenz-Anlagen		
Effektivwert der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle		
Frequenz in MHz	Elektrische Feldstärke in V/m	Magnetische Feldstärke in A/m
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2000	$1,375\sqrt{f}$	$0,0037\sqrt{f}$
2000 – 300 000	61	0,16
Mobilfunkbasisstation		
Netzart	Frequenz in GHz	Leistungsflussdichte in $\text{W}/\text{m}^2$
D-Netz	um 0,9	4,5
E-Netz	um 1,8	9,2
UMTS-Netz	um 2,0	10

Tabelle 4: Grenzwerte gemäß 26. Bundesimmissionschutzverordnung (Allg.- Bevölkerung)

Frequenz f	Stromdichte (Kopf / Rumpf) J in mA/m <sup>2</sup>	Ganzkörper mittlere SAR in W/kg	Teilkörper (Kopf / Rumpf) SAR in W/kg	Teilkörper (Gliedmaßen) SAR in W/kg	Leistungs- flussdichte S in W/m <sup>2</sup>
Bis 1 Hz	40 8	- -	- -	- -	-
1 – 4 Hz	40/f* 8/f*	- -	- -	- -	-
4 – 1.000 Hz	10 2	- -	- -	- -	-
1 – 100 kHz	f**/100 f**/500	- -	- -	- -	-
0,1 – 10 MHz	f**/100 f**/500	0.4 0.08	10 2	20 4	-
0,01 – 10 GHz	- -	0.4 0.08	10 2	20 4	-
10 – 300 GHz	- -	- -	- -	- -	50 10

f\*, f\* einzusetzen in Hz; f\*\*, f\*\* einzusetzen in kHz

*Tabelle 5: Basisgrenzwerte nach ICNIRP und der EG-Richtlinie 2013/35/EU. Zulässige berufliche Exposition / Zulässige allgemeine Exposition. Letzere beträgt, wie bereits erläutert 1/5 der zulässigen beruflichen Exposition*



*Abbildung 14: Zulässige Werte der elektrischen Feldstärke in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition nach BGV B11*

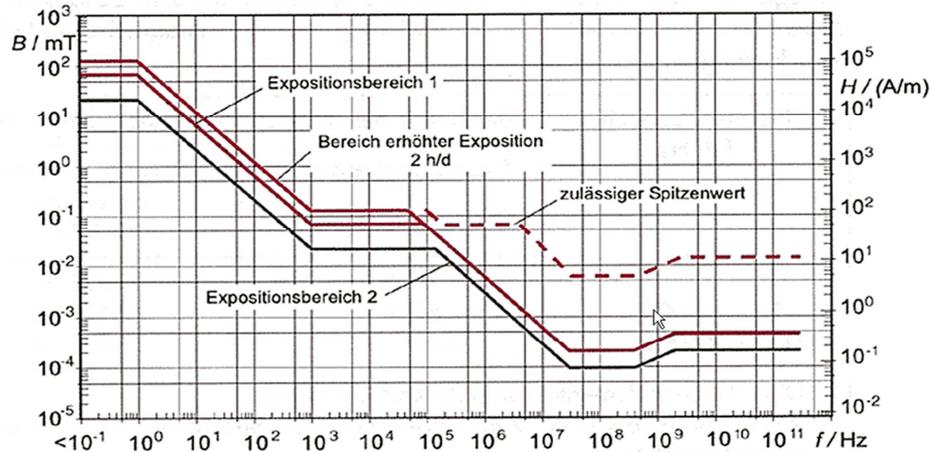


Abbildung 15: Zulässige Werte der magnetischen Flussdichte in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition nach BGV B11

In Abbildung 14 und 15 bedeuten:

Expositionsbereich 1: Kurzzeitige Exposition (1 Arbeitsschicht)

Expositionsbereich 2: Dauerexposition.

Außer den thermischen Effekten gibt es jedoch noch zahlreiche Hinweise auf mögliche andere Wirkungen, die elektromagnetische Felder im menschlichen Körper, insbesondere bei Langzeiteinwirkungen verursachen können und die von Feldstärken bis weit unterhalb der für thermische Effekte festgelegten Grenzwerte liegen (Abb. 16 und Abb 17). Die Graduierung der vorliegenden Hinweise ist darin farblich gekennzeichnet.

Dabei bedeuten nach [8]:

**Nachweis:** Es liegen übereinstimmende Ergebnisse identischer Untersuchungen vor.

**Konsistente Hinweise:** Es gibt starke Hinweise aus unterschiedlichen Untersuchungsansätzen.

**Starke Hinweise:** Es liegen übereinstimmende Ergebnisse vergleichbarer Untersuchungen vor.

**Hinweise:** Es liegen ähnliche Ergebnisse vergleichbarer Untersuchungen vor.

**Schwache Hinweise:** Es liegen nur einzelne Untersuchungsergebnisse vor.

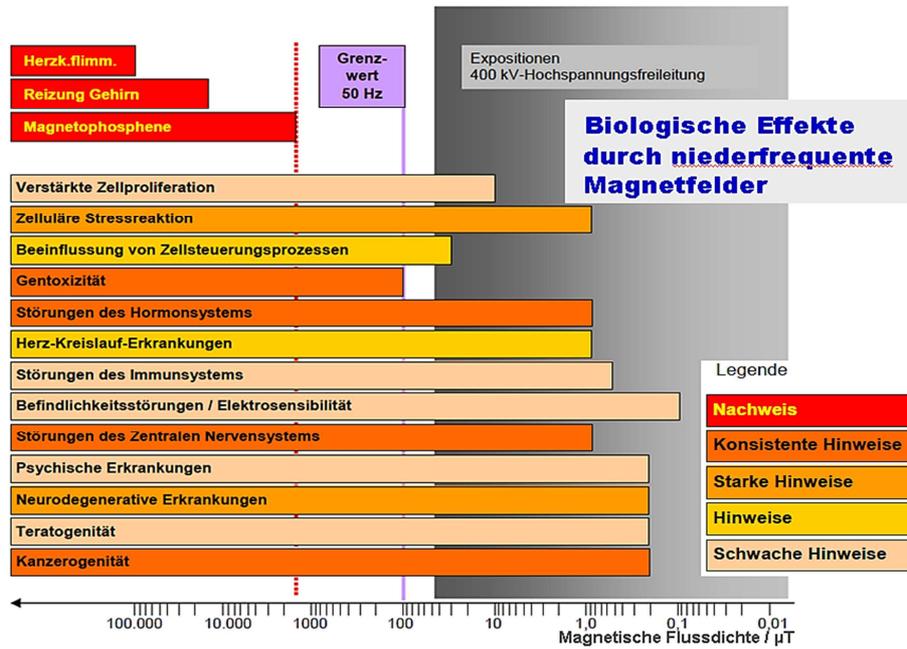


Abbildung 16: Mögliche biologische Wirkungen durch niederfrequente Magnetfelder [8]

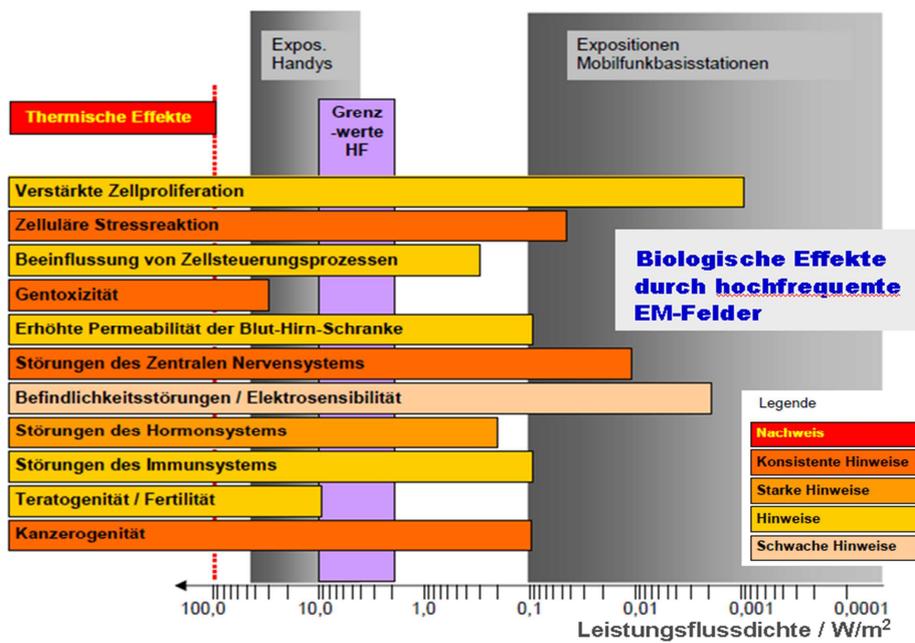


Abbildung 17: Mögliche biologische Wirkungen durch hochfrequente EM-Felder [8]

### *Schutzmaßnahmen (Unfall-, Arbeits- und Gesundheitsschutz)*

Es sind deshalb eine Reihe von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen zu treffen, um den Menschen sowohl im privaten, im öffentlichen und auch im beruflichen Umfeld vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch elektromagnetische Felder zu schützen, und zwar sind nach ICNIRP, 26. BimSchV, Bundesamt für Strahlenschutz und BGV B11 folgende Maßnahmen erforderlich:

- Unternehmen sind verantwortlich für die Einhaltung der Grenzwerte,
- Unterrichtung der Arbeitnehmer/Einrichtung von Personenschutzprogrammen,
- Medizinische Überwachung des gefährdeten Personals,
- Realisierung technischer und verwaltungsmäßiger Kontrollen,
- Technische Maßnahmen und Vorsorgemaßnahmen wie
- Begrenzen der Feldemissionswerte im Rahmen des technisch Möglichen,
- Einrichtung von Sicherheitsabständen, Sperren und Zugangsbeschränkungen,
- Realisierung von effektiven Schirmungsmaßnahmen,
- Bereitstellung persönlicher Schutzausrüstungen und Schutzbekleidung,
- Realisierung verwaltungstechnisch basierter Sicherheitsbelehrungen und Kontrollen.

### *Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit*

Die Risikowahrnehmung bezüglich elektromagnetischer Felder in der Öffentlichkeit ist durch folgende Sachverhalte gekennzeichnet:

- Kontroverse Diskussionen über mögliche EMF-bedingte gesundheitliche Risiken finden seit Jahrzehnten statt.
- Dabei prallen wissenschaftlicher Sachverstand von Fachleuten, sowie Befürchtungen, Vorurteile und festgeprägte unsachliche Meinungen von technischen Laien aufeinander.
- Warum ist das so??? Risikowahrnehmung ist das Ergebnis einer Informationsfusion. Als Bewertungsmaßstab dient dabei das individuell gespeicherte Abbild der Wirklichkeit.
- Nach Ulrich Beck (Soziologe): Wirklichkeit wird in der modernen Welt durch das Individuum nicht unmittelbar sondern entsprechend ihrer Interpretation in den Massenmedien wahrgenommen.
- Die massenmediale Interpretation EMF-bedingter gesundheitlicher Risiken leidet unter einer Überzeichnung der Wirklichkeit und in der Boulevardpresse durch eine profitgetriebene Verzerrung der Wirklichkeit.
- Nach wie vor besteht eine Diskrepanz zwischen wissenschaftlicher Kenntnislage und gesellschaftlicher Einschätzung wissenschaftlichen Wissens bzw. der Wahrnehmung möglicher Risiken.

Darüber hinaus siehe Abbildung 18.

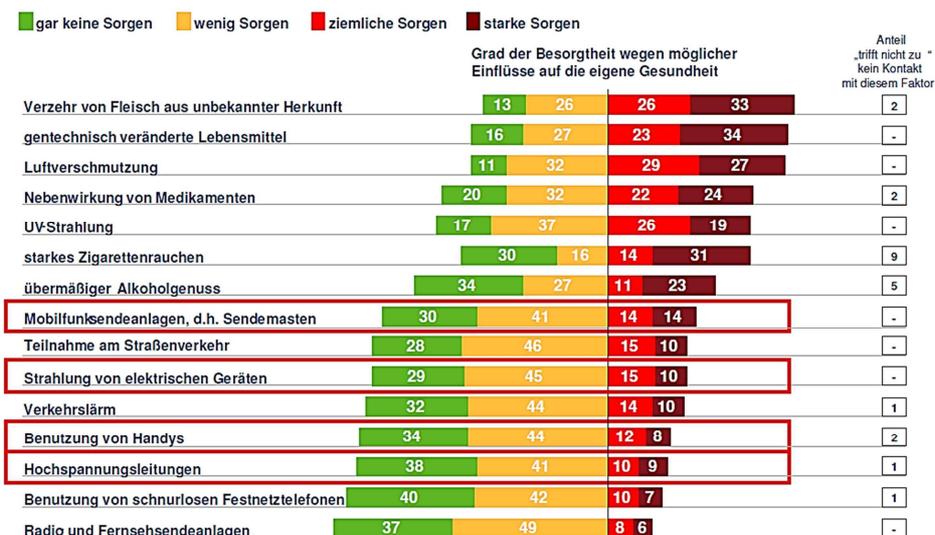


Abbildung 18: Grad der allgemeinen Besorgtheit bezüglich möglicher EM-Einflüsse auf die Gesundheit neben anderen Umwelt-Einflüssen in der Öffentlichkeit nach [9]

Fazit

Durch den steigenden Einsatz von Elektroenergie für energetische und kommunikative Zwecke erhöht sich für uns alle die Umweltbelastung durch davon ausgehende elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder, die ab einer bestimmten Intensität den menschlichen Körper auf unerwünschte Weise beeinflussen können. Dies erforderte die Festlegung entsprechender zulässiger Grenzwerte, die aber in gesicherter Form bislang nur für thermische Wirkungen vorliegen. Darüber hinaus fehlen definitive Aussagen über Langzeitwirkungen > 10 Jahre und es gibt zahlreiche Hinweise auf die mögliche Beeinträchtigung zahlreicher Körperfunktionen durch Feldstärken bis weit unter die thermisch basierten Grenzwerte (Abb. 16 und Abb. 17). Vom Bundesamt für Strahlenschutz werden deshalb weitere Schutzvorkehrungen empfohlen. So z.B. für den Umgang mit Mobiltelefonen:

- Nutzung des Festnetztelefons, wenn die Wahl zwischen Festnetz und Handy besteht.
- Telefonate mit dem Handy möglichst kurz halten.
- Mit dem Handy bei schlechtem Empfang möglichst nicht telefonieren. Je schlechter die Verbindung zur nächsten Basisstation ist, desto höher muss die Leistung sein, mit der das Handy sendet und damit die Stärke des hochfrequenten Feldes.
- Handys mit möglichst niedrigem SAR-Wert verwenden! SAR-Werte verfügbarer Handy-Modelle siehe [10].

- Head-Sets nutzen! Durch die Verwendung von Head-Sets wird der Abstand zwischen Kopf und Antenne stark vergrößert. Der Kopf ist dadurch beim Telefonieren geringeren Feldstärken ausgesetzt.
- Textnachrichten schreiben. Dabei muss das Handy nicht am Kopf gehalten werden.

Mit diesen Empfehlungen lässt sich die persönliche Strahlenbelastung einfach reduzieren. Besonders wichtig ist die Begrenzung der Strahlenbelastung für Kinder, da diese sich noch in der Entwicklung befinden und deshalb gesundheitlich empfindlicher als Erwachsene reagieren könnten. Das BfS empfiehlt daher, Handytelefonate bei Kindern so weit wie möglich einzuschränken.

Weitere Vorsorge-Empfehlungen im Zusammenhang mit elektronischen Implantaten, mit Hörgeräten, für Krankenhausumgebungen, in Flugzeugen und Autos finden sich auf der Website des BfS [3].

### *Abkürzungsverzeichnis*

**μTesla** – Mikro – Tesla =  $10^{-6}$  Tesla (Tesla = Einheit der magnetischen Flussdichte)  
**μV/m** – Mikro Volt pro Meter =  $10^{-6}$  Volt pro Meter (Maß für die elektrische Feldstärke)  
**26. BImSchV** – 26. Bundesimmissionsschutzverordnung  
**A** – Ampere (Maß für die elektrische Stromstärke)  
**A/m** – Ampere pro Meter (Einheit der magnetischen Feldstärke)  
**BfS** – Bundesamt für Strahlenschutz  
**BGV B11** – Berufsgenossenschaftliche Vorschrift B11  
**DMF** – Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (Laufzeit: 2002 bis 2008)  
**EG** – Europäische Gemeinschaft  
**EMF** – Elektromagnetische Felder  
**EM-Felder** – Elektromagnetische Felder  
**EU** – Europäische Union  
**FCKW** – Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff  
**Femto-Tesla** =  $10^{-15}$  Tesla (Tesla = Einheit der magnetischen Flussdichte)  
**GHz** – Giga Hertz =  $10^9$  Hertz (Hertz = Einheit für die Frequenz)  
**Hz** – Hertz (Einheit für die Frequenz; Anzahl wiederkehrender Vorgänge je Sekunde)  
**ICNIRP** – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection  
**kHz** – kilohertz =  $10^3$  Hertz  
**kV** – kilovolt =  $10^3$  Volt  
**kV/m** – kilovolt /m =  $10^3$  Volt pro Meter (Maß für die elektrische Feldstärke)  
**mA/m<sup>2</sup>** – Milliampere pro Quadratmeter =  $10^{-3}$  A/ m<sup>2</sup> (Maß für die Stromdichte)  
**MHz** – Megahertz =  $10^6$  Hertz (Einheit für die Frequenz)  
**mV/m** – Millivolt pro Meter =  $10^{-3}$  V/m (Maß für die elektrische Feldstärke)  
**pTesla** – Pikotesla =  $10^{-12}$  Tesla (Tesla = Einheit der magnetischen Flussdichte)  
**S** – Leistungsflussdichte (gemessen in Watt/Quadratmeter)  
**SAR** – Spezifische Absorptionsrate (gemessen in Watt/kg Körpermasse)  
**SSK** – Strahlenschutzkommission  
**V/m** – Volt/Meter ((Maß für die elektrische Feldstärke)  
**W/m<sup>2</sup>** – Watt pro Quadratmeter (Maß für die Leistungsflussdichte/Bestrahlungsstärke)  
**WHO** – World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)  
**WLAN** – Wireless Local Area Network (drahtloses lokales Netz)  
**ZVEI** – <https://www.zvei.org/>

*Literatur*

- [1] [www.emf-portal.de](http://www.emf-portal.de)
- [2] [https://de.wikipedia.org/wiki/Transformatorstation#/media/File:Netzstation\\_Trafo.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Transformatorstation#/media/File:Netzstation_Trafo.jpg)
- [3] [http://www.bfs.de/DE/home/home\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/home/home_node.html)
- [4] <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
- [5] <https://www.emf-portal.org/de>
- [6] <http://www.narda-sts.de/fundamentals/effects.html>
- [7] <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>
- [8] <http://www.verminderstraling.nl/pdf/ecolog%20lezing.pdf>
- [9] <http://www.bfr.bund.de/cm/343/elektromagnetische-felder-risikowahrnehmung-in-der-oeffentlichkeit.pdf>
- [10] <http://www.handywerte.de/>
- [11] <http://www.who.int/peh-emf/about/en/whataremfgerman.pdf>
- [12] [https://senak.inf.tu-dresden.de/wordpress/?page\\_id=926](https://senak.inf.tu-dresden.de/wordpress/?page_id=926)
- [13] <http://www.innenraumanalytik.at/Newsletter/tugraz.pdf>
- [14] Elektromagnetische Felder im Alltag. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
- [15] <http://www.temf.de>.