

Elektromagnetische Felder und ihre biologischen Wirkungen

DI Dr. Hamid Molla-Djafari

Technischer Experte für EMF und EMV für Akkreditierung Austria

EMF EMES-Consult e.U.
Montleartstr. 42 / 4802, 1160 Wien, AUSTRIA
Tel.: 0043-676-9041717
molla-djafari@emf-emes.at
www.emf-emes.at



Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung
- 4) Dosimetrie
- 5) Biologische Auswirkungen
- 6) Normen
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA



Spektrum elektromagnetischer Wellen

Wellenart		Wellenlänge	Frequenz	[eV]	Wirkung
Telegrafiewellen		10^6 m = 1000 km 10^5 m = 100 km	300 Hz 3 kHz	10^{-10}	Zellreizung
Rundfunkwellen	lang	10^4 m = 10 km	30 kHz	10^{-9}	Erwärmung thermische und athermische Wirkungen
	mittel	10^3 m = 1 km	300 kHz	10^{-8}	
	kurz	10^2 m = 100 m	3 MHz	10^{-7}	
	ultrakurz Fernsehen	10^1 m = 10 m	30 MHz	10^{-6}	
Mikrowellen	MW-Herd	10^0 m = 1 m	300 MHz	10^{-5}	
	Radar	10^{-1} m = 100 mm 10^{-2} m = 10 mm	3 GHz 30 GHz	10^{-4} 10^{-3}	
Infrarotwellen		10^{-3} m = 1 mm 10^{-4} m = 100 μ m	300 GHz 3 THz	10^{-2}	thermische, photochemische, stimulierende Wirkung
		10^{-5} m = 10 μ m 10^{-6} m = 1 μ m	30 THz 300 THz	10^{-1} 10^0	
sichtbares Licht	770 nm	10^{-7} m = 100 nm		10^1	
ultraviolett	390 nm	10^{-8} m = 10 nm		10^2	
Röntgenstrahlen	weich	10^{-9} m = 1 nm 10^{-10} m = 100 pm		10^3 10^4	Ionisation
Gammastrahlen	hart	10^{-11} m = 10 pm 10^{-12} m = 1 pm		10^5 10^6	
		10^{-13} m = 0,1 pm 10^{-14} m = 0,01 pm		10^7 10^8	
kosmische Str.					



Was bedeutet "Elektrosmog" ?

1) Sprachlicher Aspekt

- SMOKE (= Rauch) + FOG (= Nebel) => "SMOG"
- SMOG (= Dunstglocke aus Rauch und Staub über Industriestädten)
- "ELEKTRO" + „SMOG“ => "ELEKTROSMOG" für elektromagnetische Felder

2) Verwendung

- früher => Erzeugung von Angst, Verunsicherung und neg. Assoziationen
- heute => Sammelbegriff für alle Arten elektromagnetischer Felder



Über den Begriff „Feld“

- Was ist ein physikalisches Feld?
- Warum werden bestimmte physikalische Phänomene Feld genannt?
- Was sollen wir uns unter „Feld“ vorstellen?



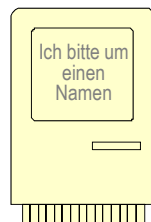
Wissenszuwachs

Es wird geschätzt, dass die Verdoppelung menschlichen Wissens
um 1800 => alle 100 Jahre geschah
um 1966 => alle 5 Jahre
um 2015 => alle 2 Jahre
und im Jahre 2050 => auf 1 Tag reduziert wird

Wir kennen Milliarden Dinge auf der Welt. Um über diese Dinge miteinander reden zu können, müssen sie benannt werden.

Aber wie ?

neues Ding



Wortgenerator

→ Zremse
→ Bridap
→ Arbudlip



Wie werden neue Bezeichnungen kreiert? → Wortbildung

- **mit Personennamen:** Ampere, Volt(a), Watt, Mach, Röntgen, pasteurisieren
- **durch Kombination von mehreren Wörtern:** Motor-haube, Raum-schiff, eis-laufen
- **mit Einzelbuchstaben aus mehreren Wörtern (Akronym):**
 - bit (BInary digiT bzw. Basic indissoluble Information uniT)
 - Aids (Acquired Immune Deficiency Syndrom)
 - OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries)
 - Byte, Radar, Laser, Euro, Uno, ...
- **durch Abkürzungen (Initialwort):**
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - UMTS (Universal Mobile Telephone System)
 - BSE (Bovine Spongiforme Enzephalopathie)
- **durch Benennung mit Fremdwörtern:** Small Talk, mailen, checken
- **durch Bedeutungsübertragung:** Mehrfachverwendung eines Wortes, z.B. „Weg“



Bedeutungsübertragung

Bei einer Bedeutungsübertragung wird die Bezeichnung (Name) eines Objekts über ein gemeinsames semantisches Merkmal des Objekts (Kontiguität) abstrahiert und für ein anderes Ding verwendet.

Beziehung zwischen zwei Ereignissen oder Gegenständen:
räumlich, zeitlich, kausal, ... => **Metonymie**
wenn die Beziehung „Ähnlichkeit“ ist => **Metapher**

Beispiele: die meisten *PC-Bestandteile* wie z.B.



Maus

Schnitt-Stelle

Eingang
Ausgang

Datenbus

(elektrischer) Strom

(magnetischer) Fluss

(elektrisches) Feld usw.

Die Bezeichnung "Feld" deutet auf **Ausdehnung** bzw. **ausgedehnte Wirkung**



Feldbegriff in der Physik

- **Warum werden manche physikalische Erscheinungen mit „Feld „ bezeichnet?**
Feld auf Deutsch ist der Name eines Phänomens, das räumlich ausgedehnt ist und durch **Bedeutungsübertragung** für die Bezeichnung von jenen physikalischen Phänomenen verwendet wird, deren Wirkung ebenfalls **räumlich ausgedehnt** ist. Diese Übertragung geschieht auf Grund dieses gemeinsamen Merkmals (**Kontiguität**) und die Angabe eines Hinweises (z.B. das Wort **elektrisch**).
- **Felder** in der Physik sind Phänomene, deren Wirkung **räumlich ausgedehnt** ist und ohne Kontakt auf die Materie ausgeübt wird.
- Ihre **Stärke** hängt von bestimmten physikalischen Gesetzen ab, die in der Physik entdeckt und in mathematischer Sprache ausgedrückt wird.
- Damit mündet die Frage, was ein besonderes Feld ist, in die Frage, welche **Wirkung** es hat und **auf was** es wirkt.

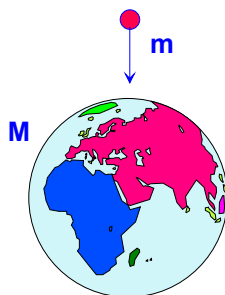
Beispiele:

- Gravitationsfeld => Hinweis = **Gravitation** (Kraftwirkung auf Massen)
 Elektrisches Feld => Hinweis = **elektrisch** (Kraftwirkung auf Ladungsträger)
 Magnetisches Feld => Hinweis = **magnetisch** (Kraftwirkung auf bewegte Ladungen)



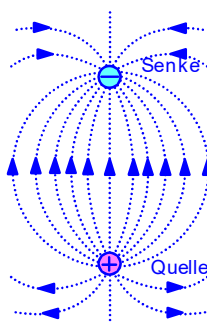
Räumliche Ausdehnung physikalischer Felder

Gravitationsfeld



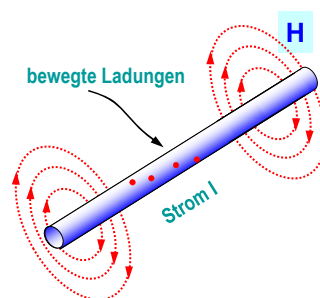
$$g \propto \frac{M}{r^2}$$

Elektrisches Feld



$$E \propto \frac{Q}{r^2} \text{ (Punktladung)}$$

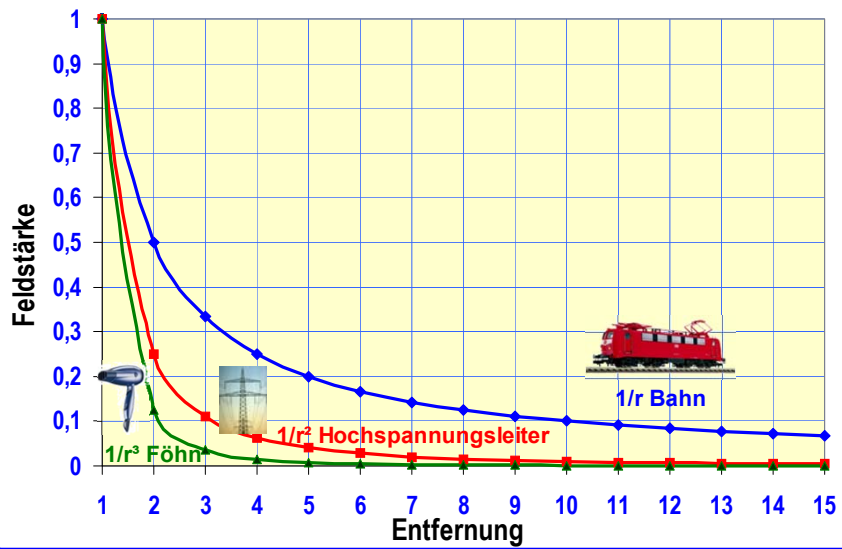
Magnetisches Feld



$$H \propto \frac{I}{r}$$



Abnahme der Feldstärke mit dem Abstand



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

11

Wie entstehen statische Felder?

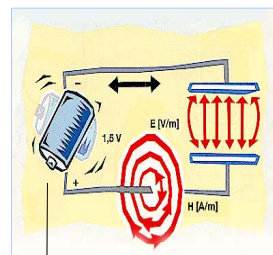
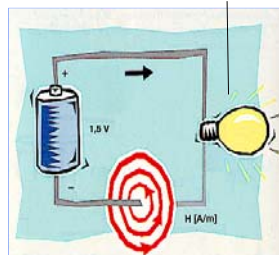
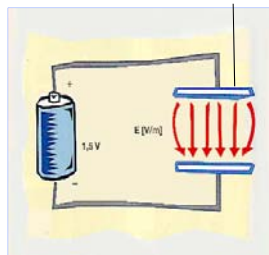
Statisches elektrisches Feld

Statisches magnetisches Feld

Elektromagnetisches Wechselfeld

Kondensator

Verbraucher



© Wandel & Goltermann

Anzahl der Umdrehungen in Sek.
= Frequenz [Hz]

Dr. H. Molla-Djafari ©

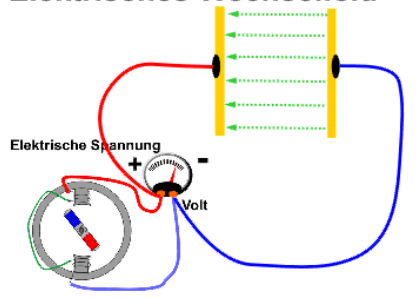


EMF EMES-Consult e.U.

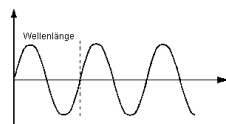
12

Wie entstehen Wechselfelder?

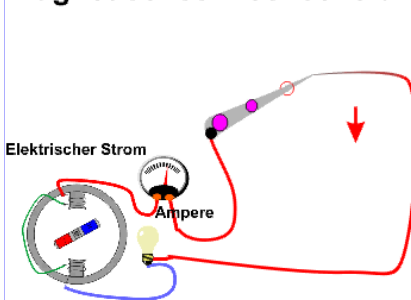
Elektrisches Wechselfeld



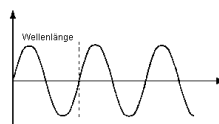
Generator



Magnetisches Wechselfeld

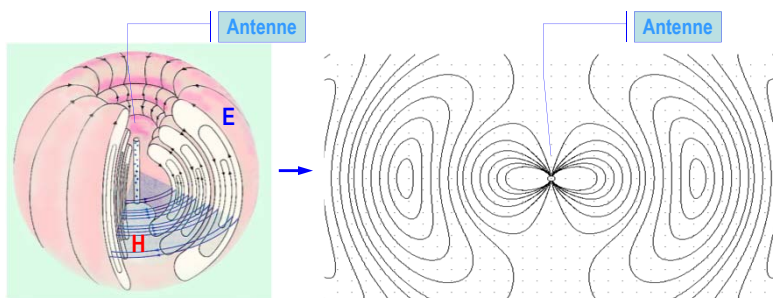


Generator



Was ist elektromagnetische Strahlung ?

Elektromagnetische Strahlung = Kraftfelder, die sich von ihren Quellen - das sind meistens Antennen - lösen und in Wellenform mit Lichtgeschwindigkeit im Raum ausbreiten. Dabei wird Energie transportiert.



Wenn elektromagnetische Strahlen auf geladene Teilchen treffen, versetzen sie diese in Bewegung. Hierbei bewirken sie im Niederfrequenzbereich Zellreizung und im Hochfrequenzbereich vornehmlich Erwärmung.

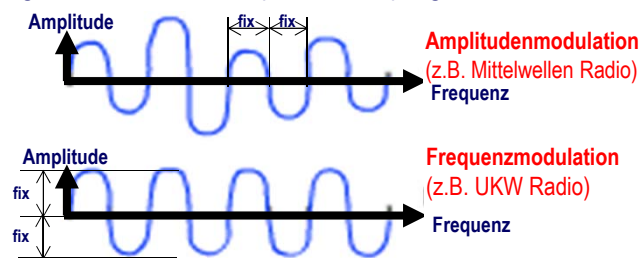


Wie wird Information übertragen ?

Unterbrechung des (Informations)Trägers: **Rauchsignale, Morsealphabet, Lichtsignal, ...**



Änderung eines Parameters des (Informations)Trägers: **Modulation**



Inhalt

1) Grundbegriffe

2) Physikalische Wirkungen

3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung

4) Dosimetrie

5) Biologische Auswirkungen

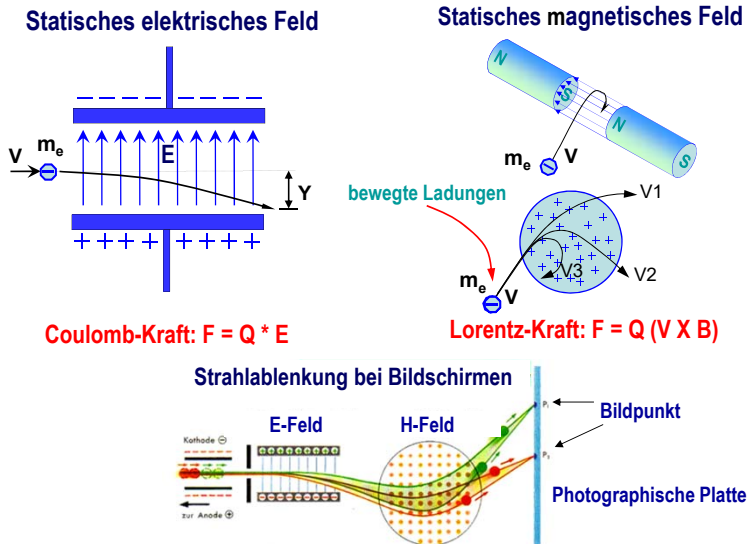
6) Normen

7) Schutzmaßnahmen

8) Studien der AUVA



Kraftwirkung auf Ladungsträger in statischen Feldern



Dr. H. Molla-Djafari ©

EMF EMES-Consult e.U.

17

Physikalische Wirkungen im:

Elektrostatischen Feld

Kraftwirkung auf Ladungsträger \longrightarrow **Coulomb-Kraft**
 Haarsträuben, Elektrisierung, Blitzschlag
 Brände und Explosionen in explosiven Gemischen
 Störung elektrischer Geräte (EMV)

Magnetostatischen Feld

Kraftwirkung auf bewegte Ladungsträger \longrightarrow **Lorentz-Kraft**
 Trennung von Ladungsträgern im Inneren des Körpers
 Beeinflussung von Nervenleitungen
 Magnetisierung von Zellen und Molekülen
 Beeinflussung des EKG
 Kraftwirkung auf ferromagnetische Gegenstände

Elektromagnetischen Feld

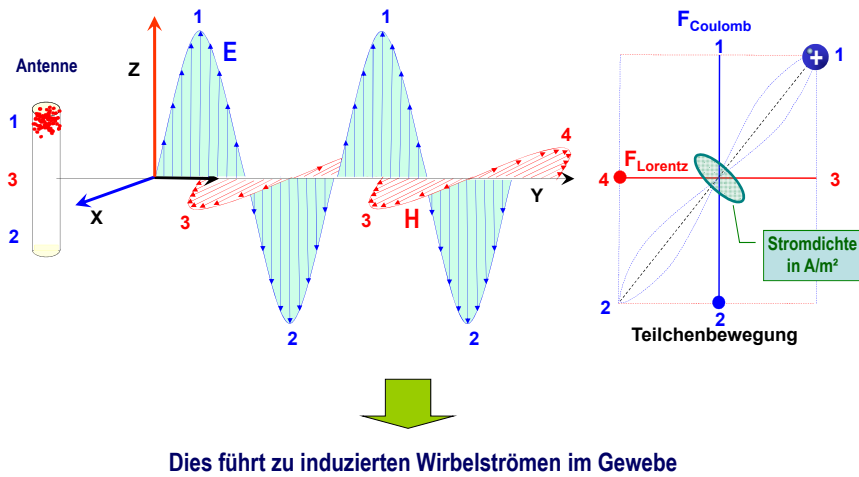
Wechselnde Kraftwirkung auf Ladungsträger \longrightarrow **Coulomb-Kraft + Lorentz-Kraft**
 Wirbelströme im Gewebe, Reizung (NF), Erwärmung (HF) (*thermische Wirkung*)
 Andere Wirkungen (*athermische Wirkungen*)

Dr. H. Molla-Djafari ©

EMF EMES-Consult e.U.

18

Kraftwirkung auf Ladungsträger in elektromagnetischen Feldern



Dr. H. Molla-Djafari ©

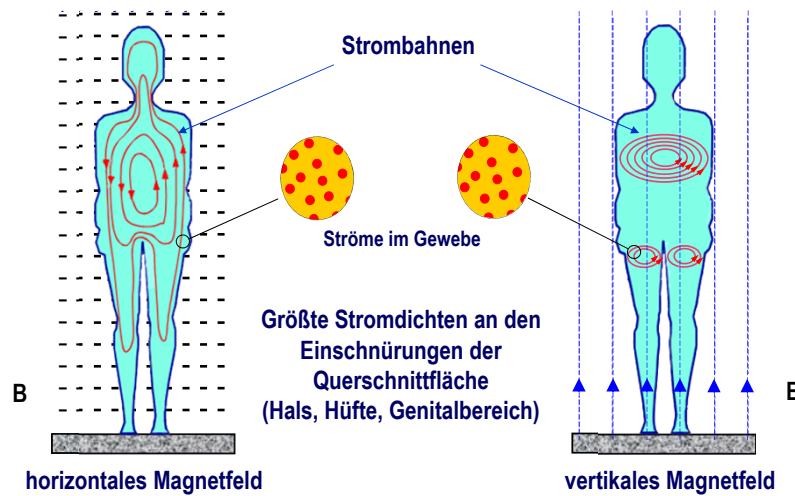


EMF EMES-Consult e.U.

19

Physikalische Wirkung von Wechselfeldern auf Ladungsträger

Induzierte Wirbelströme im Magnetfeld



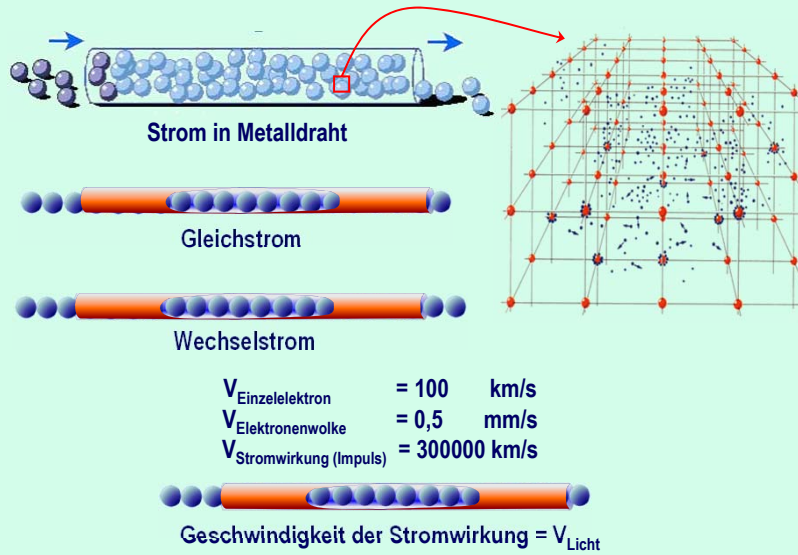
Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

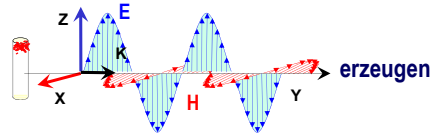
20

Elektrischer Strom im Metalldraht



Mechanismen der Energieabsorption und Wärmeerzeugung

Hochfrequente elektromagn. Wellen

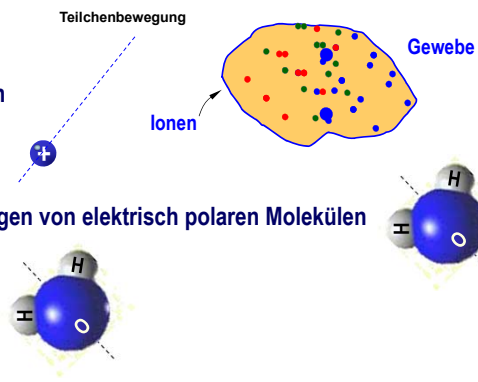


Erwärmung im Gewebe durch:

↳ Beschleunigung von Ionen

↳ Umorientierungsbewegungen von elektrisch polaren Molekülen

↳ Rotation der Moleküle



Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung
- 4) Dosimetrie
- 5) Biologische Auswirkungen
- 6) Normen
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA



Quellen der elektromagnetischen Hochfrequenzstrahlung

Natürliche Strahlung

Technisch erzeugte Strahlung

Offene Quellen

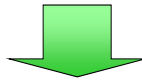
Geschlossene Quellen



Natürliche Strahlung

Erdoberfläche	Sonnenstrahlung	Mond	Materie im All	Mensch
				
60 - 80 nW/cm ²	10 pW/cm ²	gering	gering	80 nW/cm ²

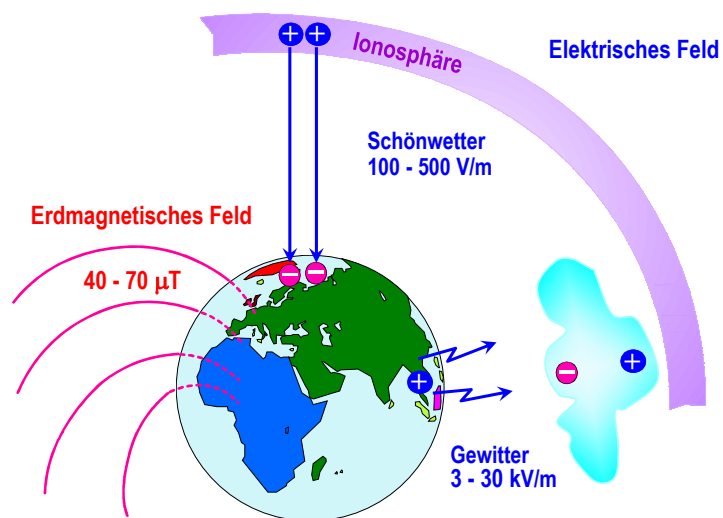
Jeder Körper mit einer Temperatur > -273 °C sendet Wärmestrahlung aus.
Ein kleiner Teil davon ist hochfrequent.



Voraussetzung für Nachrichtenübertragung



Statische Felder der Erde



Technisch erzeugte Strahlung (offene Quellen)



Rundfunk



TV



Telekommunikation



Mobilfunk



WLAN



Umspannwerk



Diebstahlsich.



Walkie Talkies



Richtfunk



Diathermie



Kabelkanal



Radar



Schnurlostele.



Röhrenbilds.



Magnetresonanz

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

27

Technisch erzeugte Strahlung (geschlossene Quellen)



Induktionsofen



Induktionsanlage



Holztrocknungsanlage



Textiltrocknungsanlage



Plastikschweißgerät



Mikrowellenherd

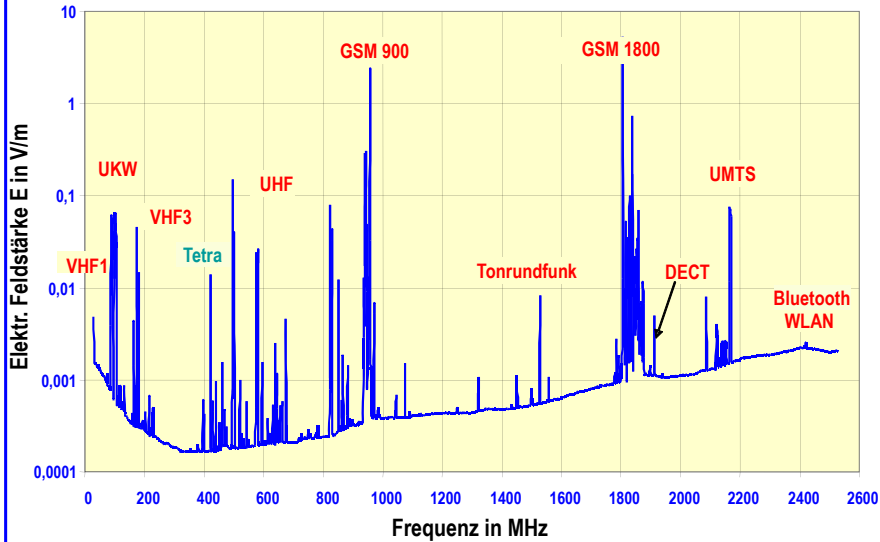
Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

28

Hochfrequenzfelder im Frequenzbereich 30 - 2530 MHz



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

29

Nachrichtenübertragung, Mobilfunk

Sendeanlagen	Frequenz	Leistung
Richtfunkstrecken	1 - 40 GHz	0.5 - 10 W
Satelliten-Fernmeldeanlagen	4 - 14 GHz	1000 kW
Privatsender: Privatfunkdienst/ Autotelefon/Personenrufdienste/ Polizei Rettung u. ä.	46-470 MHz	6 - 25 W
B-Netzgeräte (analog)	150 MHz	0.5 - 10 W Mobilstation
C-Netzgeräte (analog)	450 MHz	0.5 - 15 W Mobilstation
D-Netzgeräte (analog)	900 MHz	0.5 - 20 W Mobilstation
GSM 900/1800, UMTS, LTE (digital)	900/1800/1900	2/1/ 0,125 W (Handy)
Tetra (Behördenfunk, Sammelruf, ...)	400/1880 MHz	0,125 - 0,25 W Mobilstation
DECT	1880-1900 MHz	250 mW Basisstation und Handy 10 mW
WLAN	2400 MHz	100-200 mW Basisstation
Bluetooth	2400 MHz	Kl. I 100 mW, Kl. II 2,5 mW, Kl. III 1mW.
Funkamateure (5500)	1,6 MHz- einige GHz	25 - 1000 W (üblich 3-10 W)
200000 CB-Funkgeräte (Walkie-talkies) USA-Studie: Intensität im Kopfbereich	27 MHz	4 W (illegale Nachverst =>30-180 W) 4W > S ^E =2500, 100 W > S ^E =60000 W/m ²

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

30

Spezifische Absorptionsraten (SAR) verschiedener Mobiltelefon-Modelle im Überblick sowie Vorsorge- und Grenzwerte (sortiert nach aufsteigenden SAR-Werten)

Hersteller	Modell	SAR[W/kg]	Hersteller	Modell	SAR[W/kg]
Hagenuk	GlobalHandy (nicht mehr am Markt)	0,05 - 0,174	Motorola	cd 930	0,94
Motorola	Star Tac 130	0,10	Panasonic	EB-G520	0,95
Grenzwert Nova-Richtwert: 0,2			Ericsson	GH 688	0,95
Nokia	Nokia 8810	0,22	Panasonic	EB G500	0,98
Hagenuk	Global	0,28	Sharp	TQ G700	1,01
Motorola	StarTac	0,33	Philips	Genie	1,05
Motorola	Star Tac 130 (Antenne herausen)	0,38	Nokia	1611	1,06
Sony	KM-DX 1000	0,41	Philips	Diga	1,06
Ericsson	SH888	0,42	Bosch	GSM909	1,13
Grenzwert Chinesische Umweltbehörde: 0,5			Nokia	3210	1,14
Sony	MD-C1	0,55	Trium	Galaxy (Antenne nicht ausgefahren)	1,16
Ericsson	18888 World	0,6	Motorola	cd 920	1,17
Nokia	150	0,69	Nokia	3110	1,24
Motorola	CD 930	0,7	Ascom	Axento	1,25
Siemens	C25	0,12	Philips	Genie 1800	1,26
Nokia	8110i	0,73	Bosch	M-Com 906	1,32
Ericsson	S828	0,77	Ascom	Elista	1,33
Motorola	d160	0,81	Siemens	C25	1,33
Nokia	6110	0,87	Philips	Genie 1800 (Antenne eingefahren)	1,41
Ericsson	A1018s	0,88	Philips	Genie 900	1,52
Sony	CMD-ZI	0,88	Motorola	V3688	1,58
Ericsson	SH888	0,9	Bosch	GSM908	1,59
Ericsson	GF788	0,91	Grenzwert ANSUIEEE (USA) Grenzwert: 1,6		
Trium	Galaxy	0,93	Grenzwert ICNIRP-Grenzwertempfehlung: 2		
Aus Elektromog-Report 6(4)- April 2000			Philips	Genie 900 (Antenne eingezogen)	2,67



Antennen im Mobilfunkbereich



Indoor-Antennen



Bidirektionale Antenne



Sektorantenne



Stab- oder Rundstahlantenne



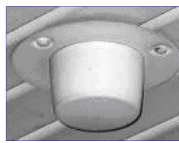
Richtfunk-Antenne



LogPer-Antenne



Antennen im Mobilfunkbereich



Topfanne
in Garagen, U-Bahn, S-Bahn,...

Mikrozelle, kleine Stabantenne

Mikrozelle, kleine Sektorantenne



Antennen im Mobilfunkbereich



Outdoor Mikrozelle



Kleine Basisstationen in der Stadt



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

35

Getarnte Antennen im Mobilfunkbereich



Farbliche Anpassung von Antennen an das umgebende Mauerwerk



Hinter "Rauchfang" verborgene Mobilfunkantennen

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

36

Getarnte Antennen im Mobilfunkbereich



Antennenbaum in Portugal
Verräterisch ist natürlich der BTS-Container, aber der Baum an sich ist gut gelungen.

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

37

Getarnte Mobilfunk-Basisstation (Stubenberg, Steiermark)



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

38

Getarnte Mobilfunk-Basisstation (Stubenberg, Steiermark)



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

39
39

Getarnte Mobilfunk-Basisstation (Stubenberg, Steiermark)



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

40

Getarnte Antennen im Mobilfunkbereich



Litfasssäulen mit Mobilfunkantenne



Feldstärkemessung bei Sendemasten

Anninger Höhe



Römerwand



Römerwand

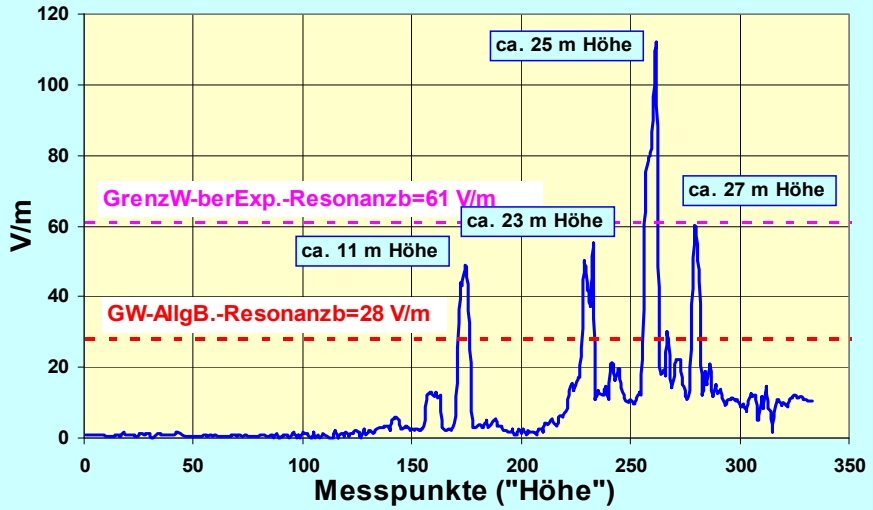


Schutzkleidung



Feldstärkemessung am Sendemasten

Römerwand (Werte im Gerät gespeichert),
Messgerät: EMR 300, Sonde 18 (100 kHz-3GHz)



Dr. H. Molla-Djafari ©

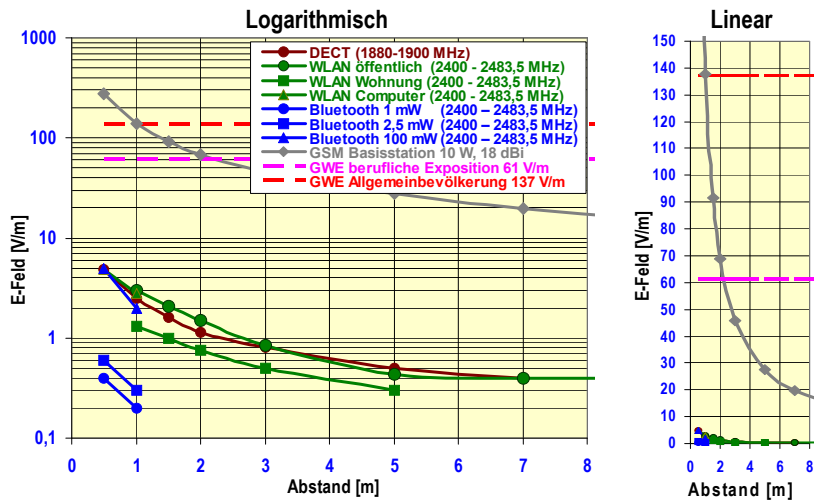


EMF EMES-Consult e.U.

43

Feldstärke von DECT, WLAN, Bluetooth, GS

Abnahme der Feldstärke mit dem Abstand von der Quelle



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

44

Radaranlage

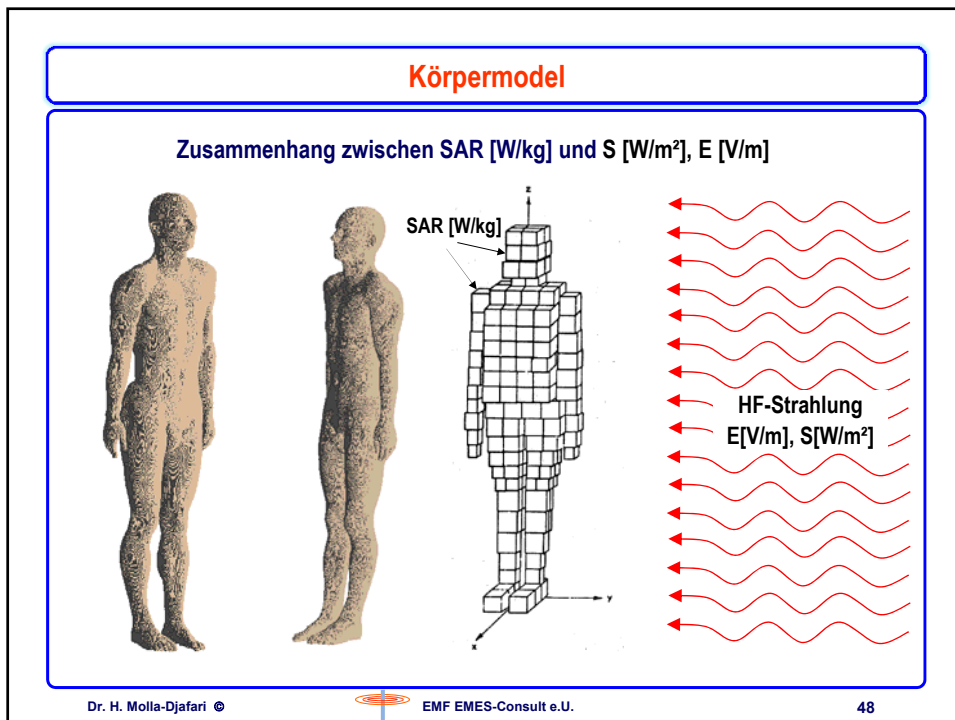
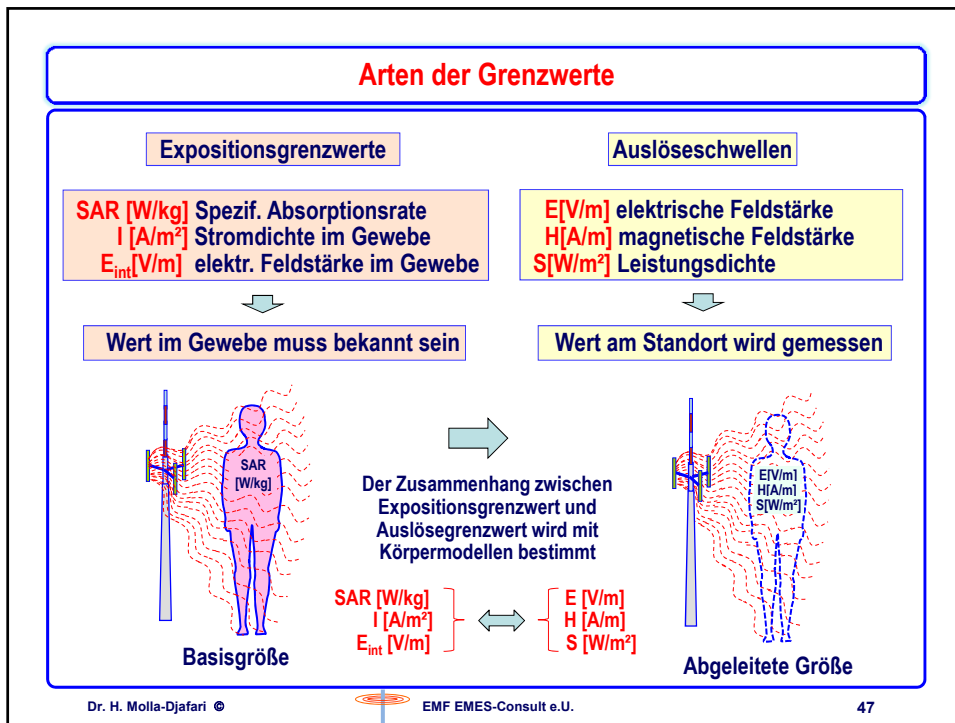
Radaranlagen	Strahlungsintensität
Verkehr 9 - 35 GHz	Gering 0.5 - 100 mW/cm ²
Luftverkehr (Bodnr.) bis zu 1000 kW Kurze Impulse 0.3 - 3 µs Wiederholfreq. 0.1 - 4 kHz	10000 mW/cm ² (Spitzenw.) 10 µW/cm ² (Durchschnittl.)
Luftverkehr (Bodnr.) 4.5 - 9.4 GHz	15 mW/cm ² (Oberfläche) 3 mW/cm ² (in 1 m)
Raumfahrt 3000 GW	30 mW/cm ² (in 1 km)
Schiffsverkehr Hochseeschiffe Binnenschiffe	hoch 10 mW/cm ²
Militär	sehr hoch
Wetterbeobachtung Lawinenwarnung Distanzmessung	gering



Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung
- 4) Dosimetrie
- 5) Biologische Auswirkungen
- 6) Normen
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA





Wie wird die Spezifische Absorptionsrate (SAR) gemessen ?

Durch die:

a) Messung der Temperaturzunahme in der Zeiteinheit im Gewebe

c spez. Wärme des Gewebes in J / kg.K

ΔT ... Temperaturzunahme in K

Δt Bestrahlungsdauer in s

$\frac{\Delta T}{\Delta t}$... Temperaturanstieg pro Zeiteinheit

$$\text{SAR} = c \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

bekannt zu messen

b) Messung der elektrischen Feldstärke im Gewebe

E elektr. Feldstärke im Gewebe in V/m

σ elektr. Leitfähigkeit in S/m

ρ Dichte des Gewebes in kg/m³

$$\text{SAR} = \frac{\rho}{\sigma} E^2$$



Bestimmung von SAR im menschlichen Kopf

SAR-Bestimmung ist sehr aufwendig → Messung von dT/dt oder E im Gewebe



Ausweg

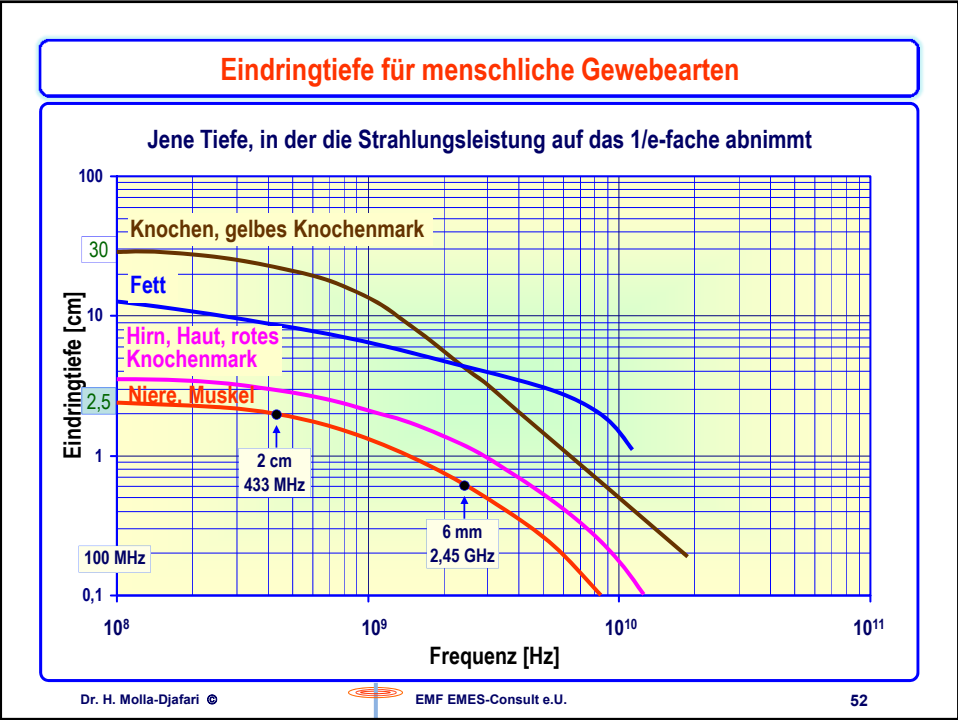
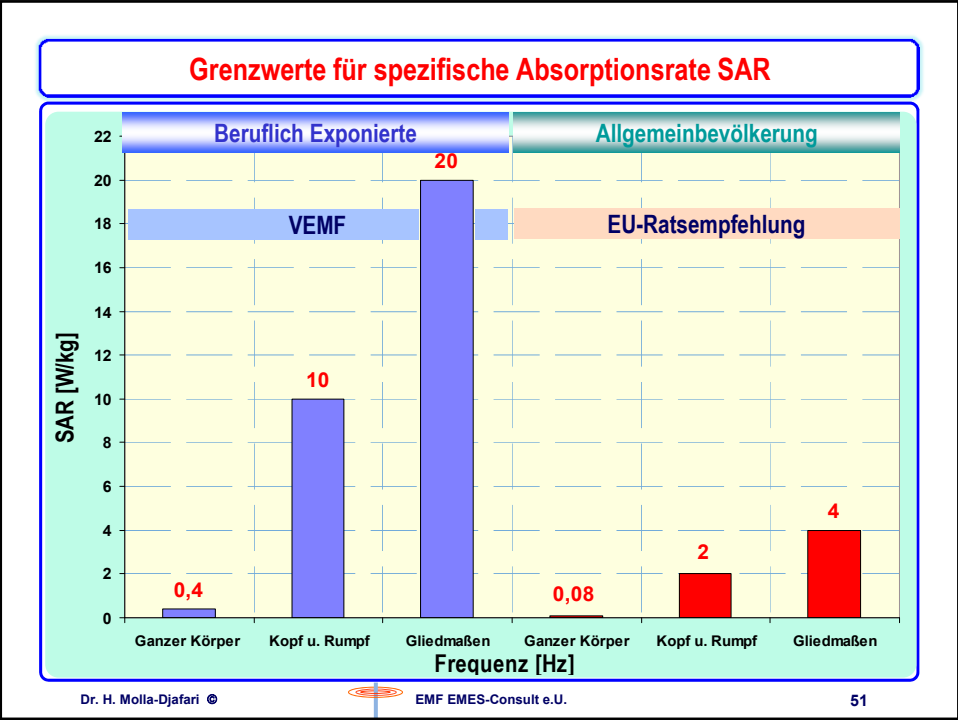
Messung der Verursacher

elektrische Feldstärke E

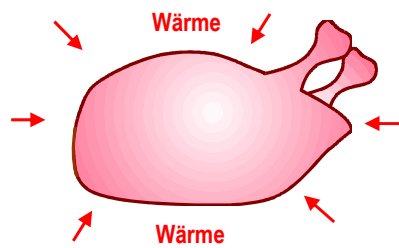
oder

Leistungsdichte S

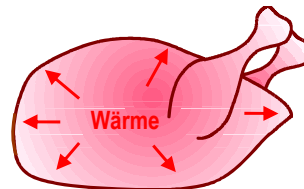




Arten der Wärmewirkung



Kochen auf konventionelle Art



Kochen mit Mikrowellen



Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung
- 4) Dosimetrie
- 5) Biologische Auswirkungen
- 6) Normen
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA



Direkte Wirkungen

Thermische Wirkungen



Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung

Direkte Wirkungen

Thermische Wirkungen

- Reizwirkungen
- Mikrowellen-Hören
- Entstehung von Hot Spots
- Trübung von Augenlinsen
- Gefährd. männl. Keimzellen
- Missbildungen
- Herzinfarkt und Hitzetod

Athermische Wirkungen

- DNA-Brüche
- Veränderung d. Proteine
- Blut-Hirn-Schranke
- Zunahme d. Krebsrisikos?
- Hormonelle Störungen? (Melatonin, Schilddrüse, Geschlechtshormone)
- Kognitive Fähigkeiten
- Schlafbeeinflussung
- Verhaltensänderungen (Tiere)

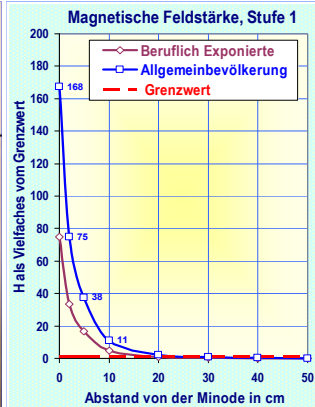
Indirekte Wirkungen

- Mikroschocks
- Explosionsgefahr
- Metallerwärmung
- Störspannungen (EMV)
- Beeinträchtigung medizinischer Implantate



Hot Spot durch fehlende oder schlechte Durchblutung

z.B. in Augenlinse, Innenohr, Knorpel, Sehne, ...



Katarakt-Entstehung bei narkotisierten Kaninchen

Augentemperatur = 41 °C => Mikrotrübung (Zurückbildung nach einigen Tagen)

Augentemperatur = 45 °C => bleibender Grauer Star

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

57

Nutzung von Hot Spots bei Hyperthermie zur Tumorbehandlung



Tumorgewebe ist weniger durchblutet als das umgebende Gewebe

Eine HF-Bestrahlung → Erwärmung → Hot Spot-Bildung (42-45 °C)

Erwärmung wirkt zellschädigend und damit dem Tumorwachstum entgegen

Die Hyperthermie wird begleitend zur Radio- bzw. Chemotherapie eingesetzt

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

58

Herzinfarkt und Hitzetod

Wirkungen einer Temperaturerhöhung im menschlichen Körper

Temperaturerhöhung	mögliche Folgen
39 °C	ohne weiteres verkraftbar
40 °C	Gefahr von Kreislaufversagen und Hitzekollaps Bei körperlicher Arbeit können entstehen: Verbrennungen Blutungen Gewebsnekrosen
41 °C	Gehirnschädigung möglich
43 °C	Hitzschlag mit tödlichen Folgen

Bei Tierversuchen führt eine SAR > 30 W/kg zum Wärmetod

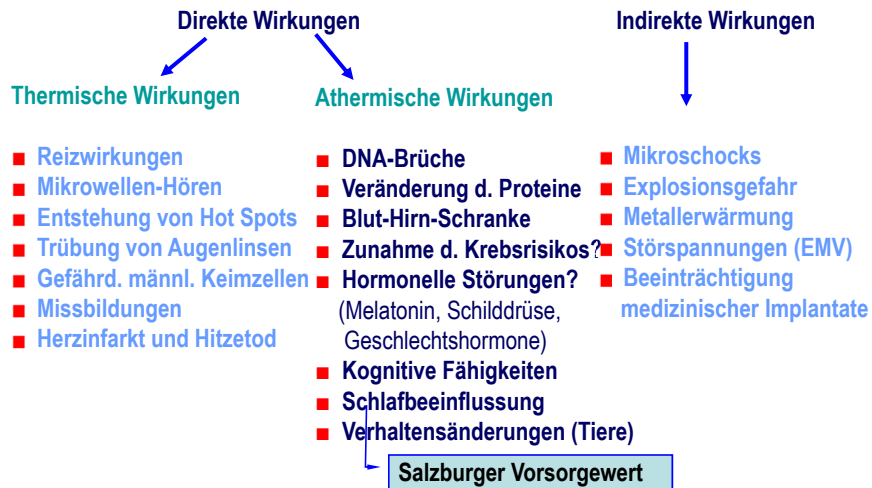


Direkte Wirkungen

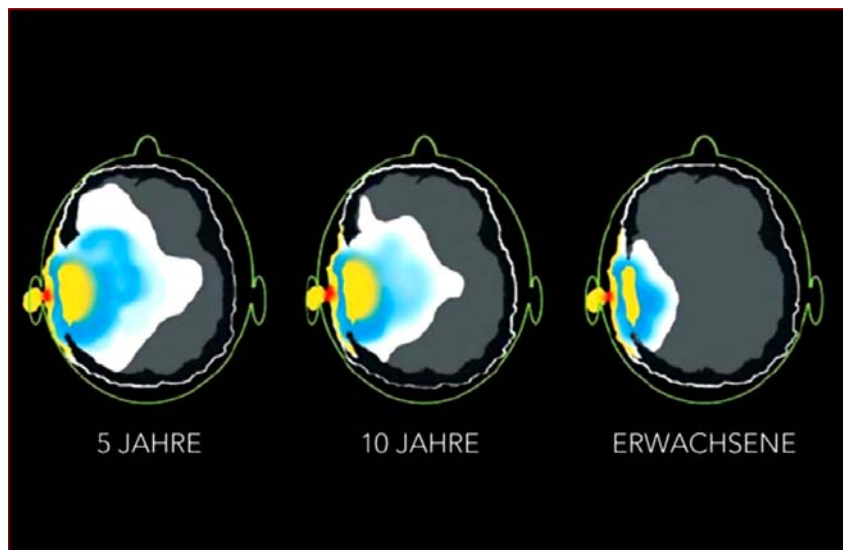
Athermische Wirkungen




Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung



Eindringtiefe von HF-EMF in menschlichen Kopf

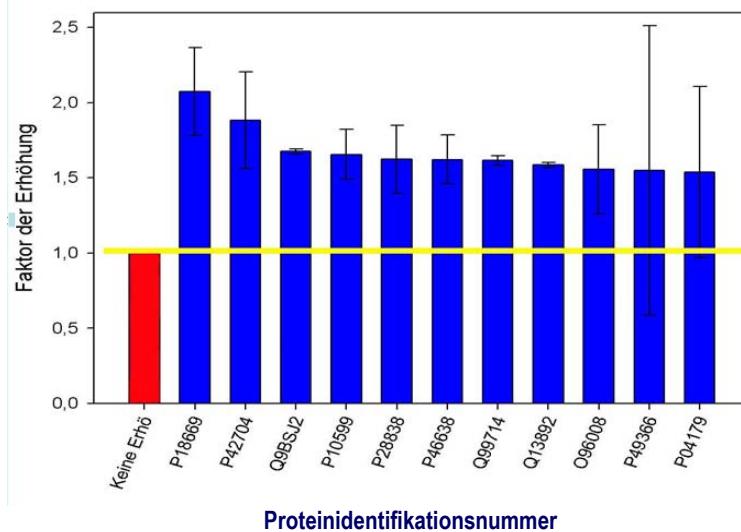


Neue Erkenntnisse durch Projekt ATHEM-1 und ATHEM-2

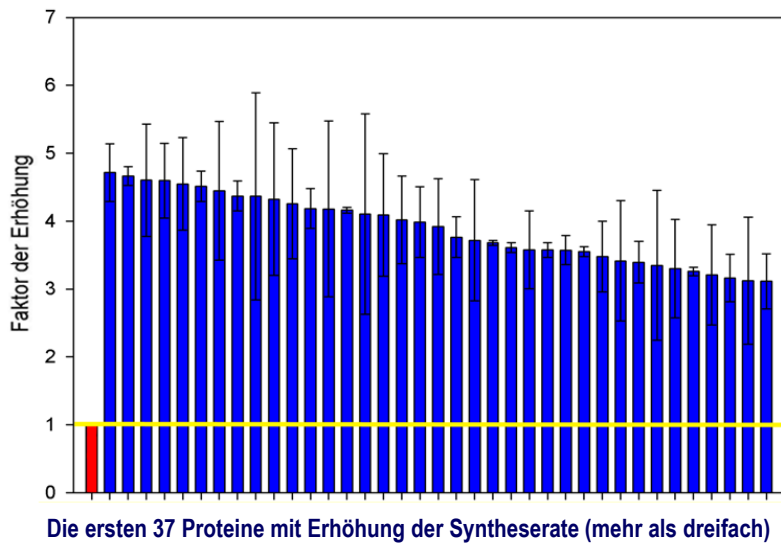
- Veränderungen der **Gehirnfunktion** hinsichtlich der **Gehirnströme** (EEG)
- Beeinflussung der **kognitive Fähigkeiten**
 - Reaktionsgeschwindigkeit => schneller, Fehlerrate höher
 - höhere SAR (d.h. mehr Exposition) => Zunahme der Fehlerrate
- Es gibt **empfindliche** (U87, U251) und **unempfindliche** Zellen (z.B. Leukozyten)
- Mobilfunkstrahlung führt bei empfindlichen Zellen zu massiver Erhöhung der Proteinsyntheserate => **Zellstress**
- Expositionsbedingte **DNA-Brüche** wurden in bestimmten Zellen bestätigt
- Die Exposition mit HF-EMF führt bei sensiblen Zellen zu **Oxidation der DNA**
- **Oxidation** der DNA macht diese brüchig; dies führt indirekt zu DNA-Brüchen 
- Dies bedeutet erhöhtes **Krebsrisiko**
- Die **Latenzzeit** bei HF-EMF Exposition betrug je nach Untersuchungsmodell und Zellart 20 Minuten, 2 Stunden, 4 Stunden, oder 16 Stunden.
- Ab Ende der Exposition sind nach ca. 2 Stunden **Erholungszeit** die DNA-Läsionen (Verletzung) nicht mehr messbar. Achtung: **Mutationen! Krebsrisiko.**
- Die expositionsbedingten DNA-Läsionen zeigten keine klare **Dosis-Wirkungsbeziehung.**



Zunahme der Proteinmenge



Zunahme der Proteinsyntheserate



Dr. H. Molla-Djafari ©

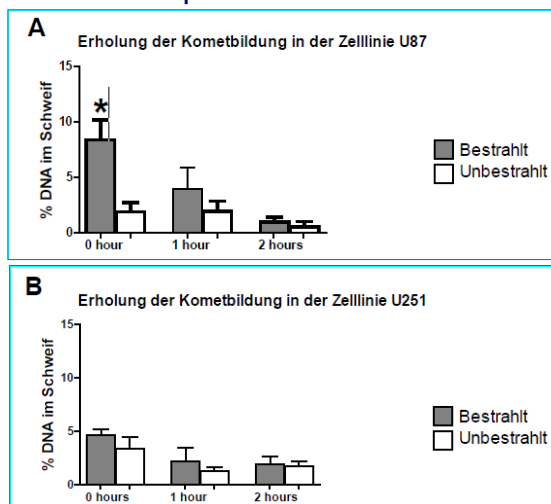


EMF EMES-Consult e.U.

65

Erholungszeit bei Standardbedingungen des Comet Assay

Glioblastom-Zellen (Hirntumorzellen) UMTS-Exposition: SAR = 1 W/kg,
Expositionsdauer = 16 Std



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

66

Ergebnisse von Projekt ATHEM-1 und ATHEM-2

Zusammenfassung von ATHEM-Ergebnissen

Proteinextrakte aus exponierten Zellen entfalten eine signifikant höhere DNA-Reparaturaktivität, weil es durch HF-EMF Exposition zu DNA-Läsionen kommt. Die Mehrheit der expositionsbedingten DNA-Brüche kann durch die Zelle repariert werden.

In diesem Zusammenhang sind allerdings Hinweise auf die Möglichkeit der Akkumulation kleinster aber dauerhafter DNA-Schäden bedeutsam. Sie rechtfertigen Maßnahmen zur Minimierung der Exposition, wie z.B. Empfehlungen zur umsichtigen Nutzung von HF-EMF und Tipps zur Handy-Nutzung, die gemäß einer Präventionsstrategie mögliche Langzeitfolgen minimieren sollen.



Entstehung von Krebs

- Auf Grund bisheriger Untersuchungen war man der Meinung, dass hochfrequente elektromagnetische Strahlung Krebs begünstigen, jedoch nicht verursachen kann.
- Auch im ATHEM-Projekt und im EU-Projekt REFLEX wurde bei In-vitro-Experimenten festgestellt, dass elektromagnetische Felder unterhalb der derzeitigen (thermischen) Grenzwerte sowohl im NF-Bereich wie auch im HF-Bereich nach einige Stunden Exposition das genetische Material in menschlichen Zellen verändern können. Diese Effekte könnten auf lange Sicht eine Erhöhung des Krebsrisikos bedeuten.
- Auf Grund dieser und anderer Beobachtungen hat die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in ihrer Sitzung im Mai 2011 hochfrequente elektromagnetische Felder als „möglicherweise krebserregend für den Menschen“ (Klasse 2B) eingestuft.
- Es gibt bereits zwei Gerichtsurteile, in denen die Entstehung von Gehirntumor auf stundenlange tägliche Exposition durch Handystrahlen zurückgeführt wird und im ersten Fall eine Berufsunfähigkeit von 80% zuerkannt wurde .



Sterilität

Allgemein: Erhöhung der Hodentemperatur => Einschränkung der Beweglichkeit der Spermien und der Zeugungsfähigkeit

Bei Mäusen: (2.45 GHz, SAR = 5,6 W/kg), bei 37°C Absterben der Spermien

Bei Ratten: 39 °C (Hoden) => vorübergehende Sterilität
45 °C (Hoden) => bleibende Sterilität
41 °C (rektal) => Sterben von Embryos

Bei Menschen: Sterilisierung von Männern durch HF-Strahlung in China



Verminderte Spermienqualität durch Mobilfunkstrahlung

■ **Untersuchung von Beweglichkeit und DNA-Brüchen bei menschliche Spermien**
Spermienzellen von 32 gesunden jungen Männern wurden nach Bestrahlung mit 900- und 1800-MHz-Strahlung auf **Prozentsatz** der lebenden Zellen, **Beweglichkeit** und **DNA-Strangbrüche** untersucht.

Man fand:

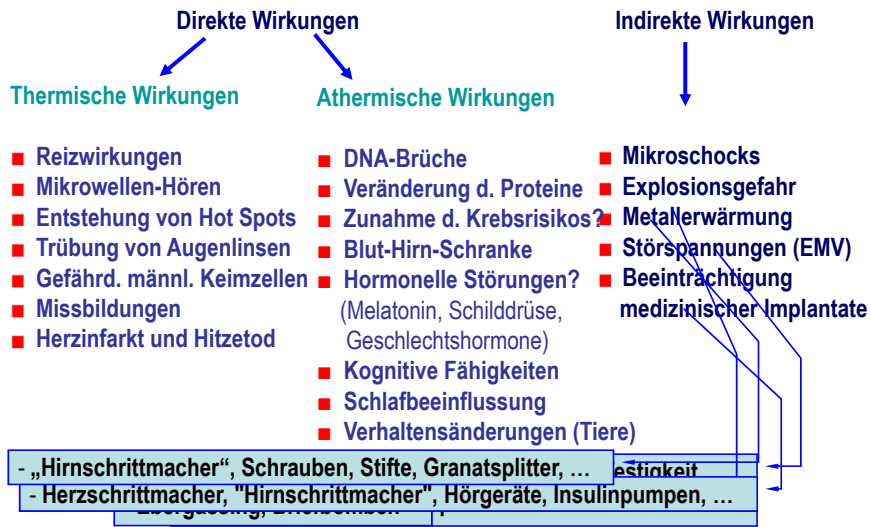
=> eine signifikant erhöhte Anzahl von Zellen mit verminderter Beweglichkeit

=> und signifikant vermehrte DNA-Strangbrüche

=> Das Verhältnis der lebenden zu den toten bzw. unbeweglichen Zellen unterschied sich jedoch kaum zwischen der bestrahlten und der unbestrahlten Gruppe.



Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung



Metallische Implantate



Störspannungen

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

bezeichnet den unerwünschten Zustand, dass technische Geräte einander durch ungewollte elektrische oder elektromagnetische Effekte in ihrer Funktion störend beeinflussen. Sie behandelt technische und rechtliche Fragen der ungewollten wechselseitigen Beeinflussung in der Elektrotechnik (z.B. Sender Bisamberg, Magdalenenhof, Diathermiegeräte (Hirnelektroden),...)

Störfestigkeit

bezeichnet jenen Pegel äußerer elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Feldstärke, bis zu der ein elektrisches Gerät gegenüber einer externen Störquelle ungestört arbeiten kann.



Herzschrittmacher

Über 700 verschiedene Typen, in Österreich ca. 40000 HSM-Träger
ca. 2000 in berufsfähigem Alter

Asynchrone HSM

- Stimulationsimpulse mit fixer Frequenz
- Keine Rücksichtnahme auf spontane Erregung des Herzens

Nachteil:

Eine sporadisch vorhandene Eigenerrung kann in eine kritische Phase fallen und Herzkammerflimmern auslösen

Synchrone HSM

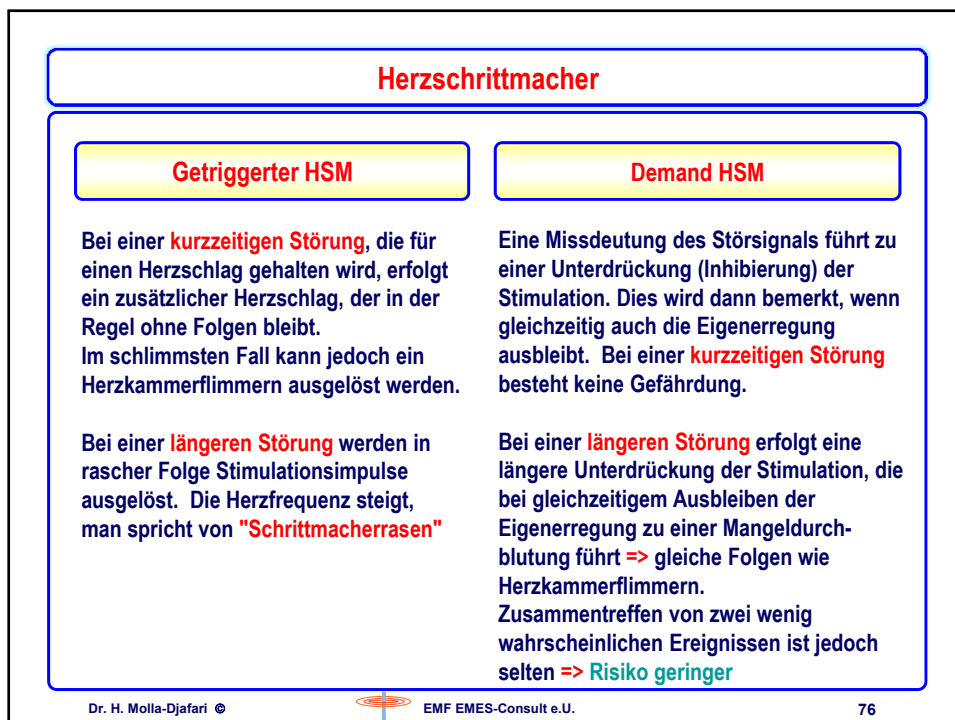
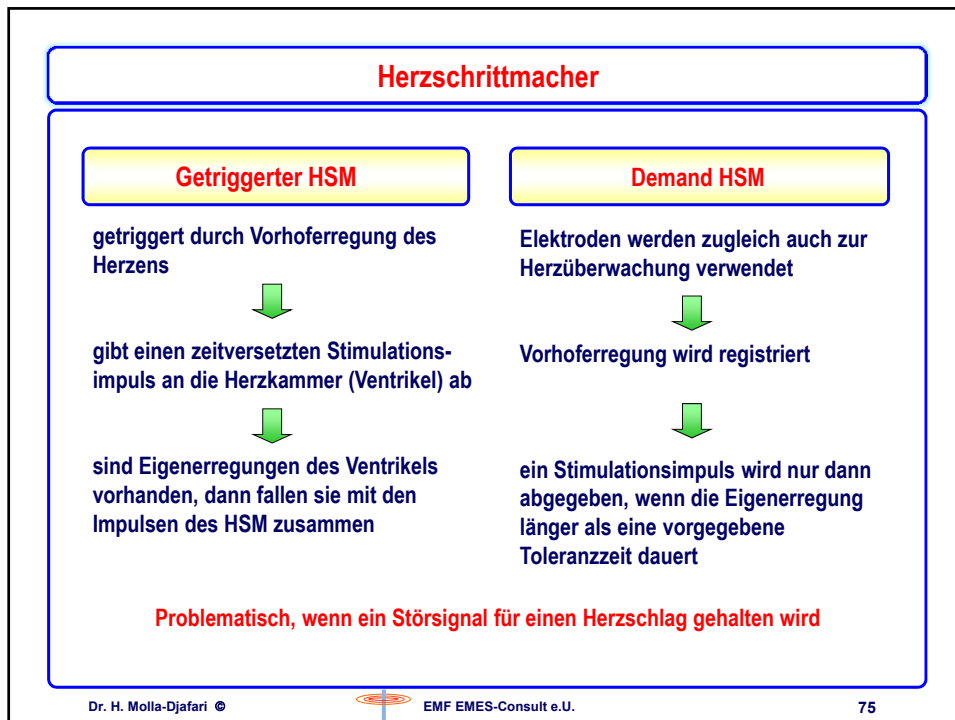
- Stimulation mit variabler Frequenz
- Stimulation richtet sich nach der spontanen Erregung des Herzens
- Bei Störungen -> Umschalten auf eine fixe Frequenz



Getriggerte HSM

Demand HSM





Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen Strahlung
- 4) Biologische Auswirkungen
- 5) Dosimetrie
- 6) Normen und Richtlinien
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA



Vorschriften und Normen für berufliche Exposition

EU-Richtlinie 2013/35/EU

**RICHTLINIE 2013/35/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES
vom 26. Juni 2013**

über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder). 20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG.

Diese EU-Richtlinie 2013/35/EU ist am 26.06.2013 in Kraft getreten.

Verordnung VEMF

Diese EU-Richtlinie 2013/35/EU wurde am 07.07.2016 in Österreich in nationales Recht umgesetzt. Die Verordnung dazu „Verordnung Elektromagnetische Felder (VEMF)“ wurde im Bundesgesetzblatt als 179. Verordnung veröffentlicht.

Die Richtlinie 2013/35/EU und die Verordnung VEMF haben die gleichen Grenzwerte.

Diese Verordnung (VEMF) ist laut Arbeitsinspektorat ab **01.08.2016** für alle Arbeitgeber verpflichtend.



Was verlangt diese Richtlinie? => Risikobewertung

Artikel 4

Bewertung der Risiken und Ermittlung der Exposition (EU-Richtlinie)

(1) *Im Rahmen seiner Pflichten gemäß Artikel 6 Absatz 3 und Artikel 9 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG nimmt der Arbeitgeber eine Bewertung sämtlicher Risiken für die Arbeitnehmer, die durch elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz hervorgerufen werden, und erforderlichenfalls eine Messung oder Berechnung der elektromagnetischen Felder vor, denen die Arbeitnehmer ausgesetzt sind.*

§ 6. Bewertungen, Berechnungen und Messungen (VEMF)

- (4) *Bewertungen, Berechnungen und Messungen dürfen nur von fachkundigen Personen oder Diensten durchgeführt werden. Diese müssen die erforderlichen fachlichen Kenntnisse und Berufserfahrungen besitzen und die Gewähr für die gewissenhafte und repräsentative Durchführung der Bewertungen, Berechnungen und Messungen nach dem Stand der Technik bieten. Als Fachkundige können auch Betriebsangehörige eingesetzt werden.*
- (5) *Fachkundige Personen oder Dienste müssen über die je nach Art der Aufgabenstellung, notwendigen und geeigneten Einrichtungen und Unterlagen verfügen (z. B. Vergleichsdaten, einschlägige technische Normen, Software für Berechnungen, Messgeräte, die den vorherrschenden Bedingungen insbesondere unter Berücksichtigung der Merkmale der zu messenden physikalischen Größe angepasst sind, oder aus denen die physikalische Größe eindeutig und repräsentativ abgeleitet werden kann).*



Evaluierung => Bewertungen, Berechnungen, Messungen (§ 6 VEMF)

Wie feststellen, ob die Grenzwerte an Arbeitsplätzen eingehalten werden?

- Bedienungs- und Betriebsanleitungen,
- Angaben der Hersteller oder Inverkehrbringer von EMF-Quellen,
- wissenschaftliche Erkenntnisse,
- Vergleichsdaten,
- Leitfäden der Europäischen Kommission (Praktischer Leitfaden, Fallstudien, Leitfaden für KMU) zur Richtlinie 2013/35/EU,
- ÖVE/ÖNORM EN 50499 „Verfahren für die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber elektromagnetischen Feldern“ (enthält eine Liste von unter Standardbedingungen unbedenklichen Elektrogeräten),
- Computerprogramm EMES der AUVA für die Evaluierung von Büroarbeitsplätzen; für die Anwendung von EMES sind keine Vorkenntnisse über EMF erforderlich, das Programm ist auf der Internetseite eval.at kostenlos verfügbar.

Ist es nicht möglich, mit obigen Methoden eine Überexposition auszuschließen
=> **Berechnungen** oder **Messungen** erforderlich.

Diese dürfen nur von fachkundigen Personen oder Diensten durchgeführt werden, die über geeignete Einrichtungen und Unterlagen verfügen.



Vorschriften und Normen für Allgemeinbevölkerung

Grenzwerte für besonders schutzbedürftige und besonders gefährdete ArbeitnehmerInnen (§ 5 VEMF, § 4 KJBG-VO, § 7 Abs. 1 Z 2 VEMF)

Für schwangere Arbeitnehmerinnen gelten die Referenzwerte (als Auslösewerte) und Basisgrenzwerte (als Expositionsgrenzwerte), die nach **Empfehlung des Rates 1999/519/EG** zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern festgelegt wurden.
Bei Überschreitung gilt das Beschäftigungsverbot § 4 MSchG.

EU-Ratsempfehlung (1999/519/EG)

zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) von 12. Juli 1999

OVE-Richtlinie R 23 EMF 2016

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz – Begrenzung der Exposition von Personen der Allgemeinbevölkerung



Zusammenfassung der Normen

Grenzwerte Allgemeinbevölkerung + besonders schutzbedürftige Personen

1 - EU-Ratsempfehlung : AllgBev (BSP) → E [V/m] NF+HF = ICNIRP 1998 AllgBev
→ B [μT] NF+HF = ICNIRP 1998 AllgBev

Grenzwerte Allgemeinbevölkerung

2 - OVE AllgBev : ICNIRP 1998 AllgBev → E [V/m] NF ICNIRP 2010
→ B [μT] HF = ICNIRP 1998 AllgBev

Grenzwerte berufliche Exposition

3 - VEMF : 2013 BerExp → E [V/m] n (Kopf) NF VEMF= ICNIRP 2010
→ E [V/m] h (Rumpf) NF VEMF eigene
HF 2013 eigene = VEMF
→ B [μT] n (Kopf) VEMF=2013 eigene
→ B [μT] h (Rumpf) VEMF=2013 eigene
→ B [μT] l (Gliedmasen) VEMF=2013 eigene



Nicht verbindliche Leitfäden mit bewährten Verfahren im Hinblick auf die Durchführung der Richtlinie 2013/35/EU

Elektromagnetische Felder

Band 1: Praktischer Leitfaden

Elektromagnetische Felder

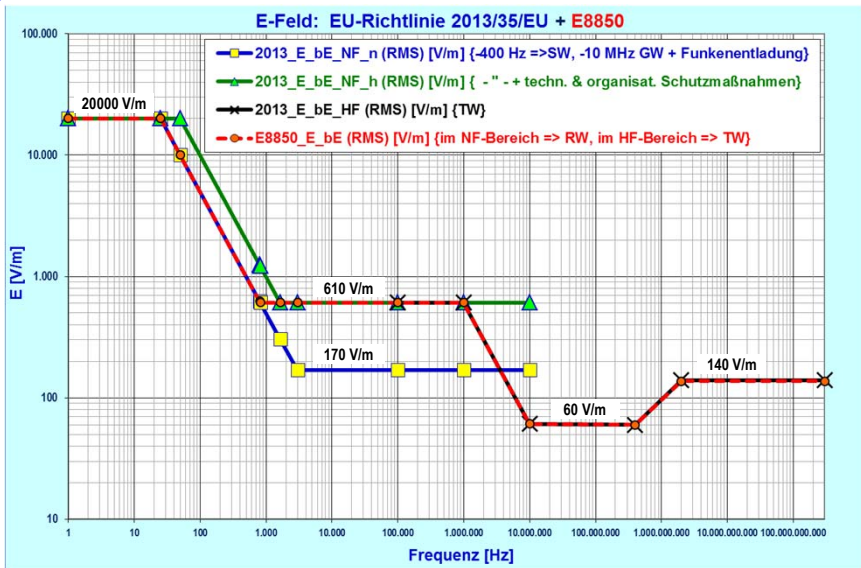
Band 2: Fallstudien

Elektromagnetische Felder

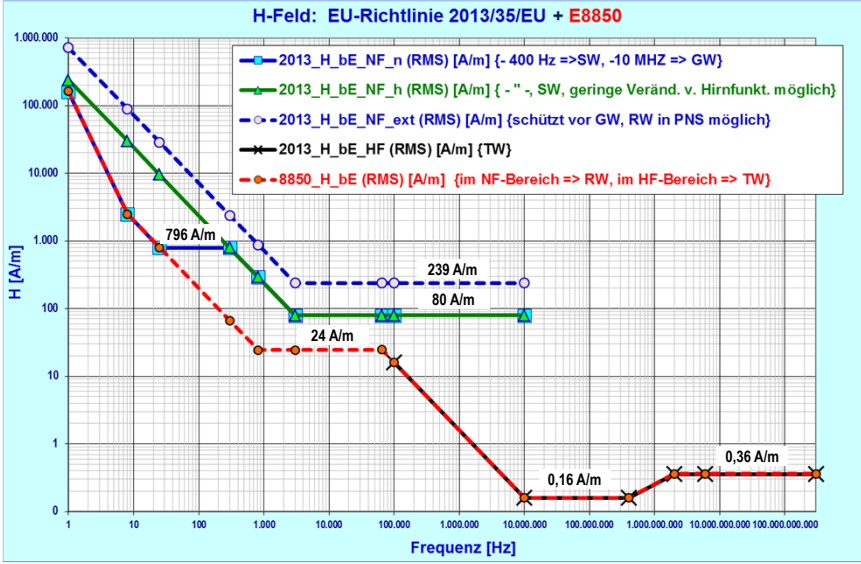
LEITFADEN für KMU



GW für berufliche Exposition EU-Richtlinie 2013/35/EU und E8850



GW für berufliche Exposition EU-Richtlinie 2013/35/EU und E8850



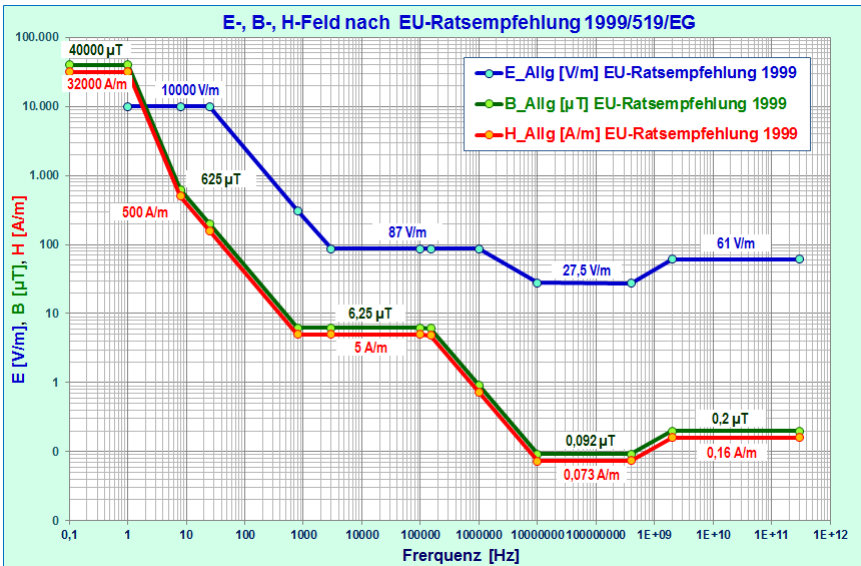
Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

85

GW für Allgemeinbevölkerung/BSP EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

86

Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen HF-Strahlung
- 4) Biologische Auswirkungen
- 5) Dosimetrie
- 6) Normen und Richtlinien
- 7) Schutzmaßnahmen**
- 8) Studie der AUVA



Schutz- und Präventionsmaßnahmen

- 1) Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern**
- 2) Vorsorgemaßnahmen bei der Benützung von Handys



Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

- für **Betroffene** (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)
- für den Produzenten
- für den Betreiber

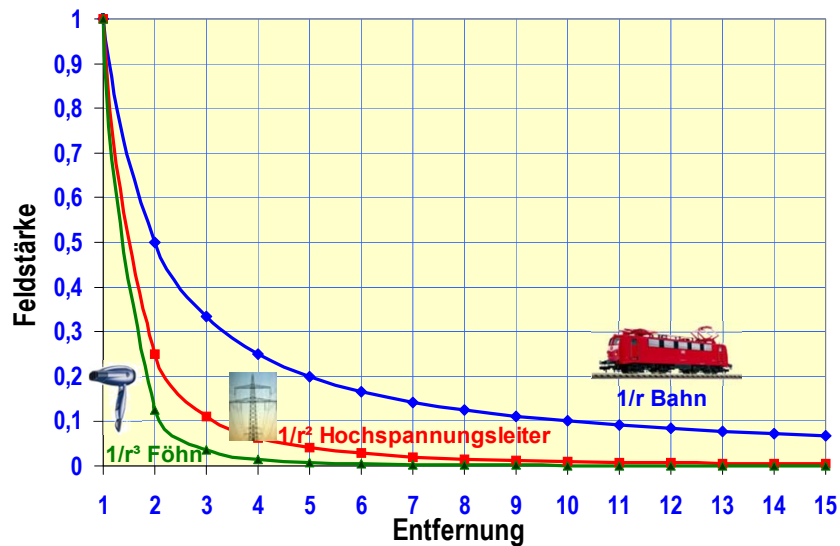


Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

- für **Betroffene** (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)
 - Exposition vermeiden
 - 3A-Regel beachten
 - Abstand → so groß wie möglich, die Feldstärke nimmt mit $(1/r - 1/r^3)$ ab
 - Aufenthalt
 - Abschirmung



Abnahme der Feldstärke mit dem Abstand



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

91

Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

■ für Betroffene (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)

- Exposition vermeiden
- 3A-Regel beachten
 - Abstand → so groß wie möglich, die Feldstärke nimmt mit $(1/r - 1/r^3)$ ab
 - Aufenthalt → so kurz wie möglich, Verringerung der Expositionsdauer
 - Abschirmung → die Quelle oder sich selbst, Abschwächung der Feldstärke

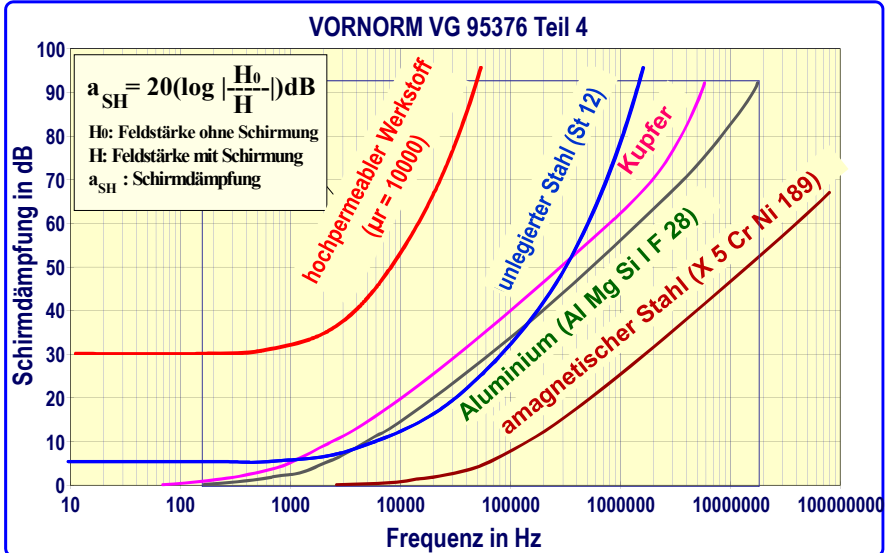
Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

92

Schirmdämpfung verschiedener Schirmwerkstoffe (geschlossener homogener Zylinder mit R = 5 cm, d = 3 mm)



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

93

Schutzbekleidung für elektromagnetische Felder



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

94

Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

■ für Betroffene (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)

- Exposition vermeiden
- 3A-Regel beachten
 - Abstand → so groß wie möglich, die Feldstärke nimmt mit $(1/r - 1/r^3)$ ab
 - Aufenthalt → so kurz wie möglich, Verringerung der Expositionsdauer
 - Abschirmung → die Quelle oder sich selbst, Abschwächung der Feldstärke (Herzschrittmacherträger) → Berühren geladener Objekte vermeiden



Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

■ für Betroffene (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)

- Exposition vermeiden
- 3A-Regel beachten
 - Abstand → so groß wie möglich, die Feldstärke nimmt mit $(1/r - 1/r^3)$ ab
 - Aufenthalt → so kurz wie möglich, Verringerung der Expositionsdauer
 - Abschirmung → die Quelle oder sich selbst, Abschwächung der Feldstärke (Herzschrittmacherträger) → Berühren geladener Objekte vermeiden

■ für den Produzenten

- Leistungsreduzierung → durch Optimierung d. Elektroden, Antenne, Zuleitungen
- bauliche Maßnahmen → z.B. Abschirmung der Quellen und Zuleitungen

■ für den Betreiber

- Warnschilder für Herzschrittmacherträger und Implantatträger



Warnschilder



Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

97

Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

- für **Betroffene** (beruflich Exponierte und Allgemeinbevölkerung)
 - Exposition vermeiden
 - 3A-Regel beachten
 - Abstand → so groß wie möglich, die Feldstärke nimmt mit $(1/r - 1/r^3)$ ab
 - Aufenthalt → so kurz wie möglich, Verringerung der Expositionsdauer
 - Abschirmung → die Quelle oder sich selbst, Abschwächung der Feldstärke
 - (Herzschrittmacherträger) → Berühren geladener Objekte vermeiden
- für den **Produzenten**
 - Leistungsreduzierung → durch Optimierung d. Elektroden, Antenne, Zuleitungen
 - bauliche Maßnahmen → z.B. Abschirmung der Quellen und Zuleitungen
- für den **Betreiber**
 - Warnschilder für Herzschrittmacherträger und Implantatträger
 - Arbeitsverbot für Herzschrittmacherträger an Geräten mit hohen EMF
 - Zutrittsverbot für Räume mit hoher Intensität
 - Schulung des Personals betreffend Gefahren von EMF

Dr. H. Molla-Djafari ©



EMF EMES-Consult e.U.

98

Schutz- und Präventionsmaßnahmen

1) Allgemeine Schutzmaßnahmen in elektromagnetischen Feldern

2) Präventionsmaßnahmen bei der Benützung von Handys



Wie man vernünftig Mobiltelefone verwendet

ATHEM-Film



Zusammenfassung

■ Schutz vor thermischen Wirkungen

Die Einhaltung der derzeitigen Grenzwerte bietet ausreichenden Schutz vor unzulässiger und gesundheitsschädigender Erwärmung des menschlichen Körpers

■ Schutz vor athermischen Wirkungen

Die athermischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder und deren eventuelle Beeinträchtigungswirkungen auf die menschliche Gesundheit werden bisher in den Normungsgremien als wissenschaftlich nicht ausreichend abgesichert angesehen und daher für die Grenzwertgebung nicht herangezogen



Derzeit können nur Präventionsmaßnahmen und ein vernünftiger Umgang mit diesen Feldern vor eventuellen gesundheitlichen Beeinträchtigungen schützen !



Inhalt

- 1) Grundbegriffe
- 2) Physikalische Wirkungen
- 3) Quellen der elektromagnetischen HF-Strahlung
- 4) Biologische Auswirkungen
- 5) Dosimetrie
- 6) Normen und Richtlinien
- 7) Schutzmaßnahmen
- 8) Studien der AUVA



Forschungsprojekte der AUVA

- 1994 : Untersuchungen von Arbeitsplätzen in hochfrequenten Feldern
- 1998 : Strahlungsabsorption im menschlichen Kopf bei Exposition in hochfrequenten elektromagnetischen Feldern
- 1998 : Immunscreening an nieder- und mittelfrequenzbelasteten Probanden
- 1998 : Niederfrequente elektrische und magnetische Felder am Arbeitsplatz
- 2009 : Untersuchung athermischer Wirkungen elektromagnetischer Felder im Mobilfunkbereich (ATHEM-1)
- 2010 : Elektromagnetische Felder Evaluierungssystem (EMES) www.eval.at/emes
- 2015 : Untersuchung athermischer Wirkungen elektromagnetischer Felder im Mobilfunkbereich (ATHEM-2)
- 2015 : Elektromagnetische Felder Evaluierungssystem EMES-2 www.eval.at/emes



Wo finde ich die ATHEM-Filme?

Die Links zu den beiden ATHEM-Filmen finden Sie auf meiner Website

www.emf-emes.at
Lehrfilme

oder

<https://www.emf-emes.at/lehrfilme.html>



Gesamtzusammenfassung

- Vor der Verbreitung des Mobilfunks galten die Reiz- und thermischen Wirkungen als die einzigen biologisch relevanten Wirkungen der elektromagnetischen Felder
- Die derzeitigen Normen, Richtlinien und gesetzlichen Bestimmungen zu Personenschutz in elektromagnetischen Feldern sind noch im wesentlichen auf Reiz- und thermische Wirkungen abgestellt
- Die Einhaltung dieser Grenzwerte bietet ausreichenden Schutz vor unzulässiger und gesundheitsschädigender Reizung u. Erwärmung des menschlichen Körpers
- Die athermischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder und deren eventuelle Beeinträchtigungswirkungen auf die menschliche Gesundheit werden bisher in den Normungsgremien als wissenschaftlich nicht ausreichend abgesichert angesehen und daher für die Grenzwertgebung nicht herangezogen



Derzeit können nur Vorsorgemaßnahmen und ein vernünftiger Umgang mit diesen Feldern vor eventuellen gesundheitlichen Beeinträchtigungen schützen !

