

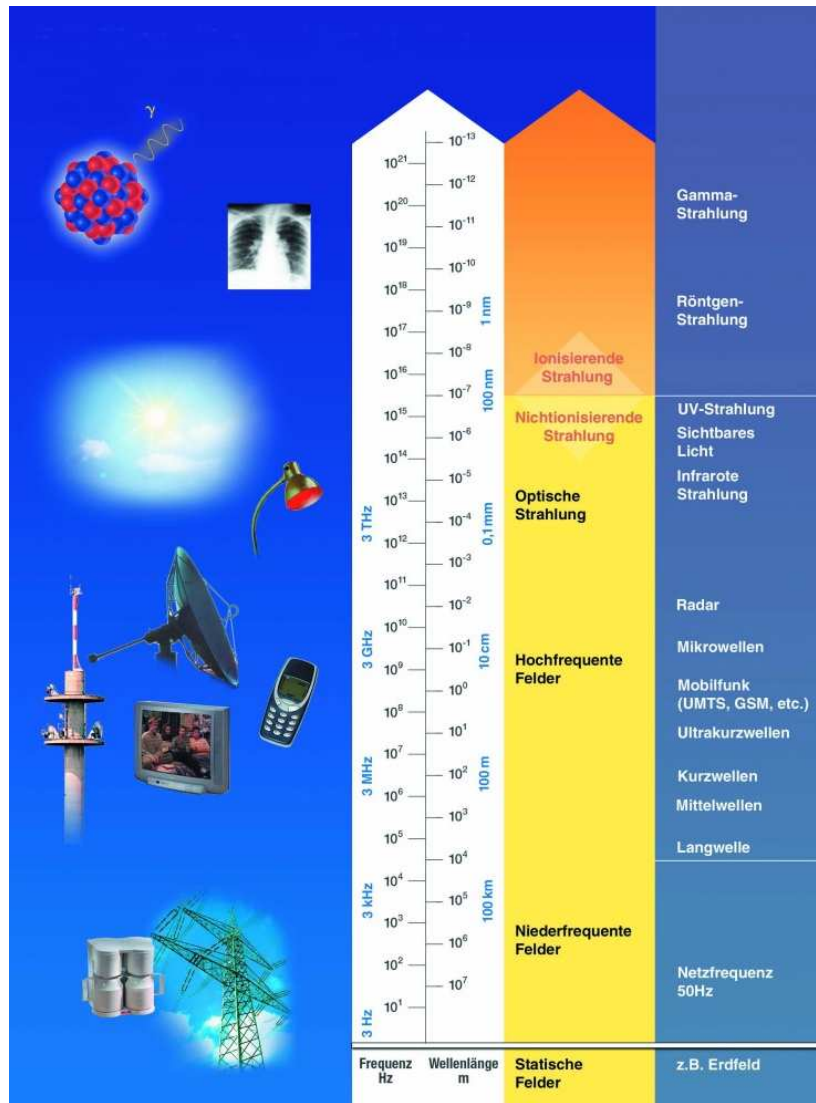
Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst Berlin, 21.-23. März 2012

Gesundheitliche Wirkungen nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Dr. M. Asmuß



Elektromagnetisches Frequenzspektrum



Mobilfunk-Sendefrequenzen:

1920-1980 MHz	UMTS	Uplink
2110-2170 MHz	UMTS	Downlink
1710-1785 MHz	E-Netz	Uplink
1805-1880 MHz	E-Netz	Downlink
890-915 MHz	D-Netz	Uplink
935-960 MHz	D-Netz	Downlink

50 Hz:	Niederfrequente Felder der Strom-Versorgung
16 2/3 Hz:	Bahnstrom

| Verantwortung für Mensch und Umwelt | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Grenzwerte und Vorsorge

- 26. BImSchV
- EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG
- Gerätenormen z.B. DIN EN 50361
- Empfehlungen wissenschaftlicher Gremien wie ICNIRP, SSK

- Nachgewiesene Wirkungen bilden die Grundlage der Grenzwerte für Hoch- und Niederfrequenzanlagen

Basisgröße bei HF: Spezifische Absorptionsrate SAR [W/kg]

Basisgröße bei NF: induzierte Körperstromdichte [mA/m²]

(neue ICNIRP-Empfehlung: im Körper verursachte elektrische Feldstärke [V/m] als Basisgröße, da enger mit biologischen Effekten verknüpft)

- Vorsorge (z.B. Minimierungsempfehlungen) ergänzt die Grenzwerte, um wissenschaftlichen Unsicherheiten Rechnung zu tragen.

(I) Hochfrequente Felder

Exposition durch Basisstationen

- Ganzkörperexposition, Fernfeld
- Die Feldstärke nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.
- Exposition im Vergleich zum Grenzwert in aller Regel sehr gering
- Basiswert Ganzkörperexposition 0.08 W/kg

Exposition durch Mobiltelefon

- Teilkörperexposition, Nahfeld
- Exposition bis zum empfohlenen Teilkörperwert (2 W/kg) möglich. Abhängig u.a. vom Mobiltelefon und von den Empfangsbedingungen

Bestätigte Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Thermische Wirkungen → Absorption von HF-Strahlung hauptsächlich infolge Orientierungspolarisation von Wasser. Schwingung → Reibungswärme

- Oberhalb von Wirkschwellen ($\gg 1^\circ\text{C}$ Erwärmung)
Beeinflussung des Stoffwechsels, Verhaltensänderungen, Einfluss auf temperaturempfindliche Organe (Hoden, Augenlinse), Missbildungsrate erhöht
Thermoakustischer Effekt „Mikrowellenhören“:

Gesicherte athermische Wirkungen:

- Kraftwirkungen (Ladungsverschiebungen → Dipole → z.B. Elektrorotation) oberhalb der Schwellenwerte für thermische Effekte.

Wirkungen unterhalb der Grenzwerte?

- Berichtete Befindlichkeitsstörungen wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Nervosität, Konzentrationsschwierigkeiten u.a., von Betroffenen auf EMF (HF + NF) zurückgeführt. Fallberichte von Ärzteinitiativen.
- Experimentelle und epidemiologische Studien, die zu unterschiedlichen Endpunkten Effekte bei HF-Exposition unterhalb der Grenzwerte beschreiben.
- ➔ Umfangreiche internationale Forschung, in Deutschland z.B. Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF). Ziele: Hinweisen nachgehen, Grenzwerte überprüfen, Kenntnislücken verringern.

Wirkungen unterhalb der Grenzwerte?

- Hinweise v.a. auf akute gesundheitsrelevante Wirkungen z.B. auf Kognition, Blut-Hirn-Schranke, DNA oder Proteinexpression oder auf Fortpflanzung und Entwicklung insgesamt nicht bestätigt bzw. sehr inkonsistent

Bsp. BHS: Hinweise auf erhöhte Durchlässigkeit der BHS unter HF-Exposition (Albuminübertritte) und Schädigung von Nervenzellen („Dark neurons“) im Tierexperiment (Salford et al). Nicht bestätigt. Aktuelle Reviews: Stam 2010, Perrin et al. 2010). 3 DMF-Studien ebenfalls negativ.

- Wirkungen auf EEG: in einigen Studien Hinweise auf geringfügige (unterschiedliche) Effekte. Von Autoren nicht als gesundheitliche Beeinträchtigung interpretiert. Andere Studien negativ.

Befindlichkeitsstörungen, Elektrosensibilität

- ca. 2% der Bevölkerung in Deutschland bezeichnen sich als elektrosensibel; ca. 10% führen gesundheitliche Beschwerden auf EMF zurück, ohne sich als elektrosensibel zu bezeichnen.
- Vielzahl von Symptomen, Symptome / Symptomkombinationen individuell unterschiedlich.
- Zahlreiche Studien, vorwiegend Provokationsstudien
(Zusammenfassung z.B. in Rubin et al, 2005, update 2009; Kwon et al. 2010)

➔ Fazit: Keine Objektivierung
Kein Nachweis ursächlicher Zusammenhänge zwischen elektromagnetischer Strahlung und Symptomen/ Beschwerden
Hinweise auf „Nocebo-Effekte“

➔ WHO, Fact sheet 2005: „EHS hat keine klaren diagnostischen Kriterien und es gibt keine wissenschaftliche Basis, um EHS-Symptome mit EMF-Exposition zu verbinden.“

Befindlichkeitsstörungen, Elektrosensibilität - Bsp. Studien im DMF

- essentiell bei Probandenstudien: doppelte Verblindung!

Häusliche Exposition durch mobilen Testsender



Fragebögen,
Schlafstagebuch,
Schlaf-EEG
Expositionsmessungen

keine Korrelation zwischen tatsächlicher
HF-Exposition und Schlafparametern

bei einigen Probanden signifikant
verlängerte Einschlafzeiten und längere
Wachzeiten korreliert mit Besorgnis wg.
Basisstation (Testsender)

Abschirmung häuslicher Exposition
bei elektrosensiblen Probanden



keine Verbesserung der Schlafqualität
durch Abschirmung, bei einigen Probanden
Placebo-Effekte (Sham-Schirm)

Langzeitwirkungen Handynutzung?

v.a. epidemiologische Fall-Kontroll-Studien zu Hirntumoren

- Hardell et al: erhöhtes Risiko für Hirntumore (u.a. Hardell et al. 2002, gepoolte Analyse 2011) negativ: Muscat et al. 2000, Inskip et al. 2001, Auvinen et al. 2002, Schüz et al. 2006)
- INTERPHONE (2010): Autorenfazit „*overall, no increase in risk of glioma or meningioma was observed with use of mobile phone*“. Aber auch: *The possible effects of long-term heavy use of mobile phones require further investigation*“.
- CEFALO: Fall-Kontroll-Studie an Kindern und Jugendlichen (7-19 Jahre): insgesamt kein statistisch signifikant erhöhtes Hirntumor-Risiko für Handynutzer. In einer Untergruppe mit längster Nutzungszeit erhöhtes Risiko, aber keine Korrelation mit am stärksten exponierten Hirnarealen (Aydin et al. 2011)
- Tierexperimentelle Studien ganz überwiegend negativ.
- Time-Trend-Analysen, Krebsregister – bisher keine Hinweise.

IARC (International Agency for Research on Cancer)

- 2011: Einstufung hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Gruppe 2b „möglicherweise krebserregend“; gestützt v.a. auf Epi-Studien zur Handynutzung

- Einstufungssystem der IARC:

1) Niederfrequente Felder seit 2002

Gruppe 1: krebserregend

Gruppe 2a: wahrscheinlich krebserregend

Gruppe 2b: **möglicherweise krebserregend¹⁾**

Gruppe 3: nicht klassifizierbar

Gruppe 4: wahrscheinlich nicht krebserregend

BfS: im Hinblick auf wissenschaftliche Unsicherheiten bezüglich der Langzeitwirkungen Vorsorge gerechtfertigt. Möglichkeiten zur Expositionsminimierung nutzen, z.B. strahlungsarme Mobiltelefone.

Laufende Studien (u.a.):

- **Mobi-Kids:** Fall-Kontroll-Studie zu Hirntumoren, Handynutzer Alter 10-24 Jahre, 13 europäische und nichteuropäische Länder. Start Datenerhebung 2010, Dauer 5 Jahre
- **COSMOS:** internationale prospektive Kohortenstudie zu Handynutzung und Inzidenz- und Mortalitätsrisiko für verschiedene Erkrankungen (Krebs, Herz-Kreislauf, neurodegenerative Erkrankungen, Symptome u.a.) Kohorte mit ca. 250.000 Handynutzern aus England, Schweden, Dänemark, Finnland, Niederlande. Geplantes follow up bis zu 25 Jahre
- Tierexperimentelle Studie juvenile Labornager, Exposition ab 14 Tage 2h/d, 7d/w, 2 Jahre, Endpunkte Entwicklungsparameter, Kognition, Verhalten, Hirntumore

(II) Niederfrequente Felder

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung soll erhöht werden.

Mit dem Stromnetzausbau sind niederfrequente Felder verstärkt in der öffentlichen Diskussion.

Eigenschaften niederfrequenter Felder:

Elektrische Felder (E-Feld):

- Feldkräfte wirken auf leitfähige Materialien ein → Ladungsverschiebungen an der Körperoberfläche (Influenz) → Körperoberfläche wird aufgeladen. Im Körperinneren fließen Ausgleichsströme (= Körperströme)
- E-Felder sind leicht durch leitfähige Materialien abzuschirmen.

Magnetfelder (H-Feld):

- Um ein veränderliches elektrisches Feld bildet sich senkrecht dazu ein Magnetfeld aus. Ändert der Strom die Richtung, wird auch das Magnetfeld im gleichen Rhythmus umgepolt
- Magnetische Wechselfelder verursachen Wirbelströme in leitfähigen Körpern.
- Magnetfelder können nur mit speziellen Materialien und erheblichem Aufwand abgeschirmt werden.

Bestätigte Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder

- Stimulation zentraler und peripherer Nerven, Auslösen von Nervenimpulsen und Muskelkontraktionen.
- Auslösen vorübergehender Lichterscheinungen (Phosphene) an der Retina.
- Oberflächliche Ladungseffekte (wahrnehmbar bis belästigend) durch elektrisches Feld

Langfristige Wirkungen von niederfrequenten Feldern unterhalb der Grenzwerte?

- Risikofaktor für Krebserkrankungen bei Erwachsenen?
Untersucht Leukämie, Hirntumore, Brustkrebs, überwiegend berufliche Exposition. Problem: Expositionserfassung, Confounder
 - Ergebnisse heterogen. wenn überhaupt, insgesamt nur geringe Evidenz für Zusammenhänge

- Risikofaktor für Hirntumore bei Kindern?
 - Geringe Evidenz (Metastudien von Mezei et al, 2008 und Kheifets et al 2010)

NF als Risikofaktor für neurodegenerative Erkrankungen?

- schwerer zu untersuchen als Krebs, da nicht in Registern erfasst, ggf. Diagnose schwierig, z.B. Alzheimer.
- Untersucht v.a. Amyotrophische Lateralsklerose (ALS) und Alzheimer's disease (AD), vorwiegend berufliche Exposition (Probleme: Expositionsabschätzung z.B. über „Job Title“, geringe Fallzahlen, evtl. Confounder, z.B. elektrischer Schlag)
1 Untersuchung zu Hochspannungsleitungen (Huss et al. 2008)

- ➔ Hinweise auf erhöhtes Risiko v.a. für beruflich exponierte Personen (Meta-Analyse zu AD: Garcia et al. 2008; Meta-Analyse zu ALS: Kheifets et al. 2009),
- ➔ Forschung:
laufende tierexperimentelle Studie zu AD und ALS,
Literaturstudie:
<http://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201004201532>

Niederfrequente Felder

Leukämie im Kindesalter?

- Konsistente Hinweise aus epidemiologischen Fall-Kontroll Studien etwa 2-fache Risikoerhöhung für ALL bei zeitlich gemittelter Magnetfeldexposition ab ca. 0,3-0,4 μT
- Untersucht: häusliche Magnetfeldexposition. Summe aus externen und internen Quellen. Probleme: retrospektive Expositionsabschätzung. Selection Bias? Confounder?
- seltene Erkrankung, geringe Fallzahlen, nur wenige Kinder $> 0,2 \mu\text{T}$ exponiert
➔ nur geringer Anteil der Leukämiefälle erklärbar (ca 1% in Europa, ca. 3% in Nordamerika)
- Epidemiologische Studien durch experimentelle Studien bisher nicht gestützt. Wirkmechanismus?
- Weitere Studien zur Aufklärung der Ätiologie notwendig.

Laufende/künftige Forschung

Schwerpunkt auf experimentellen Studien;

- Tiermodelle, die ALL besser abbilden und bei der Exposition auch pränatale Stadien erfassen („1st Hit-Theorie“)
- ARIMMORA-Projekt der EU, Budget 4 Mio €, Start 2011, Dauer 3 Jahre (Wirkmechanismen, Genetik/Epigenetik, Tiermodelle, Dosimetrie)
- UFOPLAN-Studie „Einfluss niederfrequenter Felder auf das sich entwickelnde blutbildende System, das Immunsystem und das ZNS in vivo“; tierexperimentelle Langzeitstudie, Exposition ab Zeugung

BfS rät zur Vorsorge und empfiehlt, Möglichkeiten zur Expositionsminimierung zu nutzen:

- Neue Stromtrassen so planen, dass sie möglichst nicht zu einer zusätzlichen Belastung führen, z.B. durch entsprechende Abstände. Neue Trassen möglichst nicht durch Wohngebiete führen.
- technische Möglichkeiten zur Expositionsminimierung ausschöpfen (Masthöhe, Leiterseilabstände, Phasenbelegung etc).
- Elektroinstallationen im Haushalt optimieren (z.B. Hin- und Rückleiter in einem Kabel führen, Steigleitungen in möglichst großem Abstand zu Aufenthaltsräumen installieren).
- Nutzung energiesparenderer Geräte

Weitere Informationen unter:



www.bfs.de



Vielen Dank...

www.emf-forschungsprogramm.de

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |



Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst, Berlin, 21-23. März 2012