

Elektrosmog ist heute allgegenwärtig

Wie können wir diese Belastung in unseren Gebäuden reduzieren?



Referent: Markus N. Durrer
Elektro- und Hygiene- Ingenieur



Vortrag des Vereins **ecowerk**
ELEKTROSMOG IN GEBÄUDEN

Datum: Mittwoch, 3. September 2014
Universität Liechtenstein, Vaduz

Version 1.2

Themen des Vortrages



- **Grundlagen elektromagnetischer Felder (EMF)**
 - Kurze Einführung in die Physik der EMF - Elektrodynamik
 - Kurze Einführung in biologische Wirkungen von EMF
 - Faustregel zur Minimierung: Abschalten – Abstand – Abschirmen
- **Belastung durch niederfrequente Wechselfelder**
 - Immissionen von Aussen: Stromversorgungsnetze und Eisenbahn
 - Quellen im Hause: Hausinstallation, vagabundierende Ströme, Geräte, Dirty Power
 - Abschalten nicht verwendeter Geräte und Stromkreise, Potenzialausgleich, Netzfilter
 - Abstand: Leitungsführung
 - Abschirmung von elektrischen und Magnetfeldern, Magnetfeldkompensation
- **Belastung durch Funkstrahlung**
 - Immissionen von Aussen: Rundfunk, Mobilfunk, PublicWLAN, Betriebs- & Amateurfunk usw
 - Quellen im Hause: DECT, WLAN, Wireless Personal Area Network & RFID
 - Abstand halten zu Funksendern
 - Abschirmung von Funkstrahlung
- **Elektrostatische Aufladung und magnetische Gleichfelder**
 - Wie kommt es zu elektrostatischen Aufladungen und wie kann man sie vermeiden
 - Magnetische Gleichfelder die lokal das Erdmagnetfeld beeinflussen
 - Entmagnetisieren

Was sind elektromagnetische Felder (EMF)?

Unter einem Feld versteht man physikalisch ein Kraftfeld (Gravitation, elektrisches, magnetisches Feld usw) das jedem Raumpunkt eine Feldstärke (eine vektorielle Grösse) als Zustand des Raums zuordnet. EMF existieren auch unabhängig von seiner Quelle (Hertz). So können von der Quelle gelöste EMF in Form von Wellen existieren und sich unabhängig eines materiellen Substrates (Einstein) mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten (Strahlung). Die so transportierten Energie werden Photonen (Lichtquanten) zugeordnet (Plank, Einstein). Ohne EMF gebe es weder Materie noch Leben!

Nebst seiner räumlichen Verteilung kommt dem zeitlichen Verhalten der Feldern eine grosse Bedeutung zu:

zeitlich unveränderlich	langsam veränderlich	schnell veränderlich immer schneller veränderlich
Gleichfeld	niederfrequente Wechselfelder	hochfrequente Wechselfelder 1)	optische Strahlung ionisierende Strahlung
Statisch, stationär	quasistatisch, quasistationär 2)	können sich von der Quelle lösen und unabhängig von der Quelle existieren	Photonenenergie reicht zur Ionisation

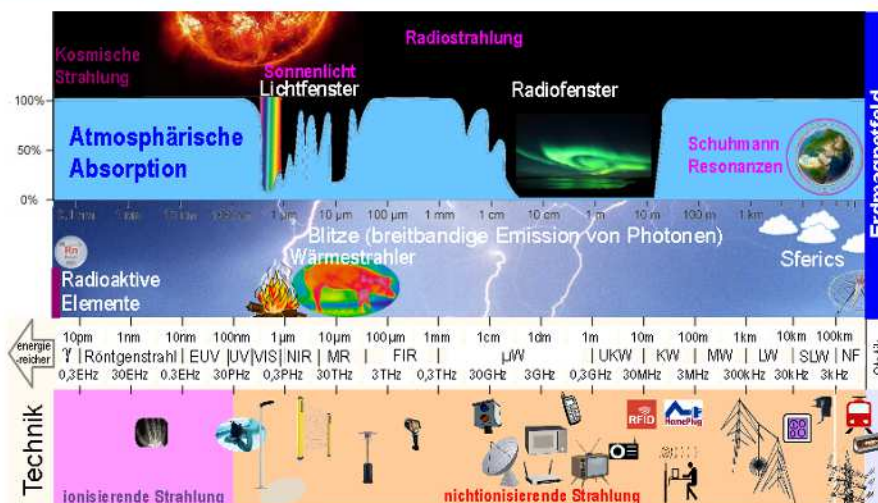
1) in der Praxis wird der Bereich der Hochfrequenz unterschiedlich definiert – wir beziehen 30 kHz bis 300 GHz mit ein.

2) die Abstrahlung kann in der Praxis vernachlässigt werden; bei ausreichend grosser Energie können sie sich theoretisch aber auch von der Quelle lösen.

Das zeitliche Verhalten wird über ihre **Frequenz f** (Schwingungen pro Sekunde) oder ihre **Wellenlänge λ** definiert (über die Lichtgeschwindigkeit c umgekehrt proportional).

$$f = c/\lambda \text{ [Hz]}$$

EMF Frequenzspektrum

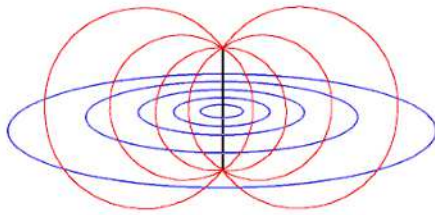


Natürliche EMF

Die Atmosphäre der Erde ist für die meisten EM-Wellen so gut wie undurchlässig. Biologische Organismen haben sich über Jahr-millionen unter den Bedingungen natürlicher EMF entwickelt.

Künstliche EMF

Viele technische Anwendungen, insbesondere in der Kommunikation und Sensorik, nutzen Frequenzen, die nicht in Konkurrenz mit natürlichen EMF stehen.



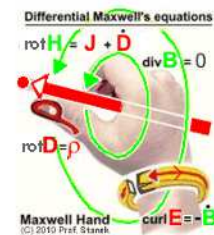
Bei elektromagnetischen Feldern (EMF) sind folgende zwei Komponenten zu unterscheiden:

- Elektrische Feldstärke \vec{E} [V/m Volt pro Meter]
- Magnetische Feldstärke \vec{H} [A/m Ampere pro Meter] oder magnetische Flussdichte \vec{B} [T Tesla]

Das Produkt Beider ist die Leistungsflussdichte [W/m²]

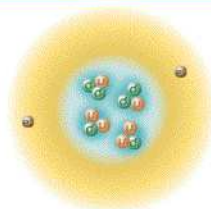
Weiter ist zwischen **Quell-** und **Wirbelfeldern** zu unterscheiden. Wie diese in Beziehung stehen, respektive welche Wechselwirkungen sie aufweisen, wird in den **Maxwell'schen Feldgleichungen** beschrieben.

Feldart	Quellfeld	Wirbelfeld
elektrisches Feld	$\text{div } \vec{D} = \text{div} (\epsilon_0 \cdot \vec{E}) = \rho$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{J} + d/dt \vec{D}$ $\text{rot } \vec{H} = \vec{J} + d/dt (\epsilon_0 \cdot \vec{E})$
magnetisches Feld	$\text{div } \vec{B} = 0$ nicht existent	$\text{rot } \vec{E} = - d/dt \vec{B}$ $\text{rot } \vec{E} = - d/dt (\mu_0 \cdot \vec{H})$



\vec{E} elektrisches Feld \vec{B} Induktion \vec{H} magnetische Feldstärke \vec{D} elektrische Flussdichte ρ elektrische Raumladungsdichte
 \vec{J} magnet. Polarität ϵ_0 Permeabilität im freien Raum = $8,8542 \cdot 10^{-6}$ As/Vm μ_0 magnetische Flusskonstante = $1,2566 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am

Elektrische Potenziale und Quellenfelder



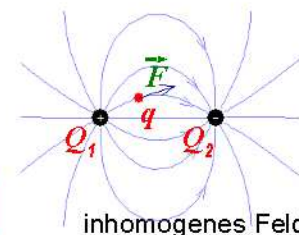
Von jeder elektrischen Ladungen (Elementarteilchen, wie z.B. das negativ geladene Elektron oder positive Protonen, respektive Ionen) geht ein elektrisches Feld aus → **Quellfeld**

Elektrische Feldstärke

Jedem Punkt des Raumes ist ein zeitabhängigen Betrag und eine bestimmte Richtung des elektrischen Feldes \vec{E} zugeordnet.

Auf eine elektrische Ladung q in einem elektrischen Feld \vec{E} übt dieses eine Kraft \vec{F} aus (hält z.B. die Atome zusammen):

$$\vec{E} = \vec{F}/q \text{ [V/m]}$$



Summierung von Feldstärken

Die vektoriellen Größe sind geometrisch zu addieren:

$$E_{3D} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Elektrische Flussdichte

Zur Beschreibung des elektrischen Feldes wird auch die elektrische Flussdichte \vec{D} verwendet, die über die Materialgleichungen mit der elektrischen Feldstärke \vec{E} verknüpft ist. Im Vakuum gilt die vereinfachte Beziehung (ϵ_0 Permeabilität im freien Raum = $8,8542 \cdot 10^{-6}$ As/Vm):

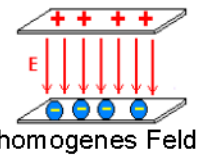
$$\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \vec{E} \text{ [As/m2]}$$

Elektrisches Gleichfeld



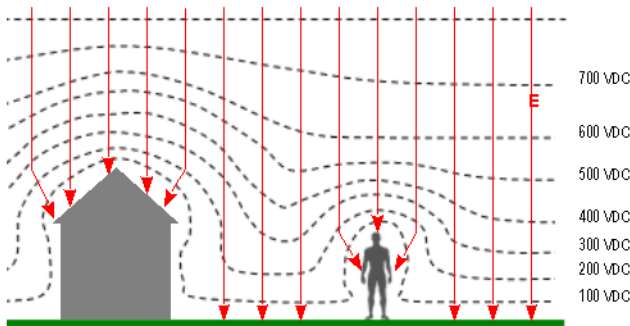
Spezialfall homogenes Feld

Bei Gleichfeldern ist einzig die elektrische Ladung die Ursache für das E-Feld. Im homogenen Feld ist die Feldstärke vom Potenzialunterschied (elektrische Spannungsdifferenz in Volt) zweier Punkte und derer Distanz (in Meter) abhängig.



$$\vec{E} = \vec{U}/d \text{ [V/m]}$$

Beispiel elektrisches Gleichfeld:

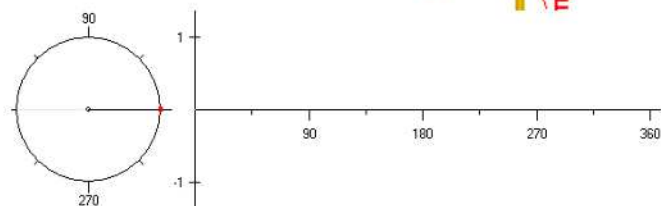
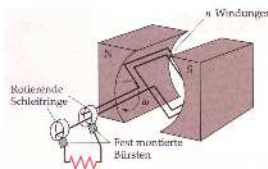
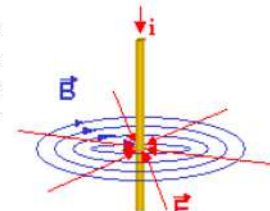


Die Erde mit ihrer Atmosphäre kann als Kondensator angesehen werden, oben die Ionosphäre unten die Erdoberfläche. Zwischen beiden Platten befindet sich ein Gleichfeld, das bei wolkenlosem Wetter ca. 100 - 300 V/m beträgt. In Gewitterwolken kommt es zur Ladungstrennung, so dass unter einer Gewitterwolke 25 - 30 kV/m entstehen können. Objekte, die eine andere elektrische Leitfähigkeit aufweisen wie die Luft beeinflussen den Feldverlauf.

Wechselfelder



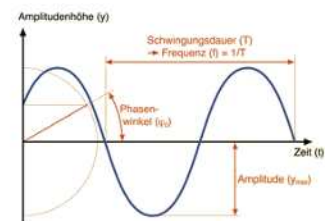
Ändern sich die elektrischen Potentiale, so ändert sich auch die elektrische Feldstärke. Die Stromänderung hat eine Änderung des Magnetfeldes zur Folge. Wechselt die Spannung periodisch ihre Polarität, so wechselt auch das elektrische und das magnetische Feld seine Richtung und wir sprechen von Wechselfeldern.



Eine harmonische Schwingung stellt eine Sinusfunktion dar. Die Position innerhalb einer Schwingung kann als Winkel definiert werden.

Die sich wiederholende Sequenz wird als Periode bezeichnet. Der Reziprokwert der Periodendauer ist die Frequenz.

$$f = 1/T \text{ [Hz]}$$

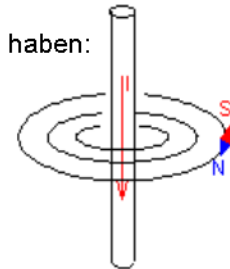


Magnetisches Feld

Magnetfelder existieren als Wirbelfelder Diese Reaktion kann zwei Ursachen haben:

Elektrischer Strom

Durch einen Strom verursachte Magnetfelder können je nach dem Verhalten des Stromes als Gleichfelder oder als Wechselfelder auftreten. Welche, die durch ein elektrisches Feld entstandene hingegen nur als Wechselfeld.

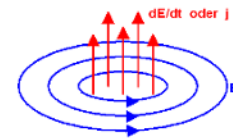


$$\vec{H} = \frac{\vec{I}}{2\pi \cdot r} \quad [\text{A/m}]$$

Bei einem geraden durchgeflossenen Leiters ist die Feldstärke entlang einer kreisförmigen Feldlinie konstant. Dabei verhält sich die magnetische Feldstärke H in Bezug zum Abstand r und zur Stromstärke I wie folgt:

Zeitliche Änderung eines elektrischen Feldes

Durch die zeitliche Änderung verursachte Magnetfelder ausschliesslich nur als Wechselfelder auftreten.



$$\text{rot} \vec{H} = \vec{J} + \text{d/dt} (\epsilon_0 \cdot \vec{E}) \quad [\text{A/m}]$$

siehe Maxwell'sche Gleichungen

Magnetische Induktion

magnetische Flussdichte / Induktion

Die magnetische Flussdichte B in der Einheit Tesla ist abhängig von der magnetischen Feldstärke H und der magnetischen Permeabilität μ des Stoffes. Die meisten Stoffe weisen keine signifikante Abweichung zur Permeabilität im freien Raum ($\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}$) auf. Anders sieht es bei ferromagnetischen Materialien aus, die eine um den Faktor 100 bis einige Tausend bessere magnetische Leitfähigkeit aufweisen wie Vakuum (z.B. MU-Metall $\epsilon_r = 40'000$):

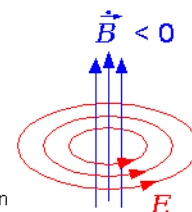
$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H} \quad [\text{T}]$$

Elektrisches Wirbelfeld

Elektrische Felder können neben als Quellfeld auch als Wirbelfelder existieren, nämlich als Reaktion auf ein sich zeitlich sich änderndes Magnetfeld:

$$\text{rot} \vec{E} = - \text{d}\vec{B}/\text{dt} = - \text{d}(\mu_0 \cdot \vec{H})/\text{dt} \quad [\text{V/m}]$$

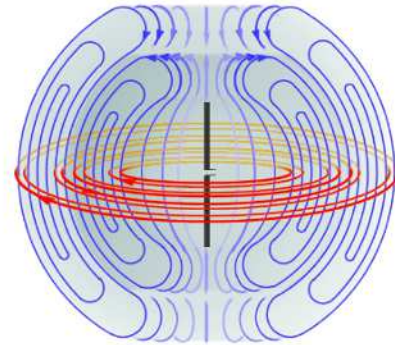
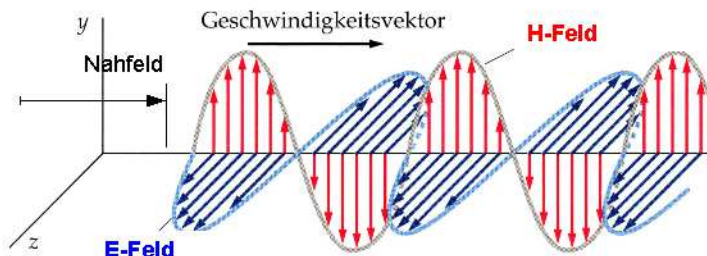
siehe Maxwell'sche Gleichungen



Induzierter Strom

Bildet sich das induzierte Wirbelfeld in einem elektrisch leitfähigen Material, so kommt es zu Wirbelströmen. Diese erzeugen wiederum ein gegenläufiges Magnetfeld, das das erste abschwächt (kompensiert).

Mit zunehmender Frequenz steigt die Photonenenergie der Welle. Ab einer Frequenz von ca. 9kHz (grosse Leistung) können sich elektromagnetische Felder von ihrer **Quelle** und breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.



Im Fernfeld, ab dem Punkt, bei dem die Feldlinien nicht mehr mit ihrer Quelle verbunden sind, stehen magnetisches und elektrisches Feld über den Feldwellenwiderstand ($Z_0=376,62\Omega$) in direkter Abhängigkeit. Über diese Konstante kann aus der einen Feldkomponente die andere berechnet werden.

$$\vec{E} = \vec{H} \cdot Z_0 \quad [\text{V/m}]$$

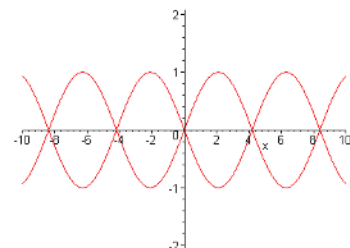
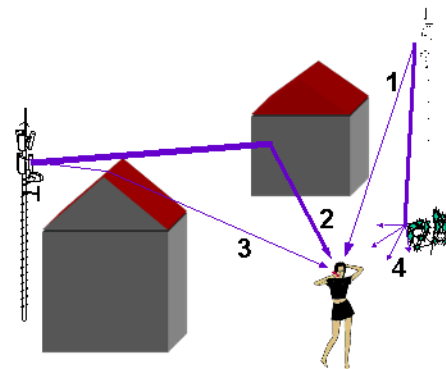
Das Produkt aus elektrischem und dem magnetischem Feld H ist die **Leistungsflussdichte (S)**, die als Watt pro Quadratmeter ausgewiesen wird [W/m^2].

$$S = \vec{H} \cdot \vec{E} \quad [\text{W/m}^2]$$

Verhalten von elektromagnetischen Wellen

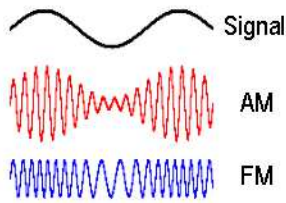
Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen:

1. **direkte Strahlung** (Transmission, Absorption);
2. **Reflexion**
abhängig vom Objekt und Wellenlänge;
3. **Beugung**
abhängig vom Objekt und Wellenlänge;
4. **Streuung**
abhängig vom Objekt und Wellenlänge;
5. **Dämpfung über die Distanz**
abhängig von der Wellenlänge und dem Freiwellenwiderstand;
6. **Absorption**
abhängig vom Objekt und Wellenlänge;
7. **Interferenzen** (wenn sich zwei Wellen überlagern);
8. **Dopplereffekt** (zeitliche Stauchung/Dehnung einer Welle)
Veränderung der Distanz während der Übertragung;

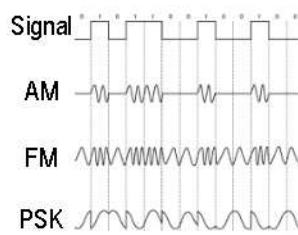


Fading: durch Interferenz, Abschattungen, Mehrwegeausbreitungen und durch Doppler-Effekt verursachte Schwankungen der Empfangsfeldstärke

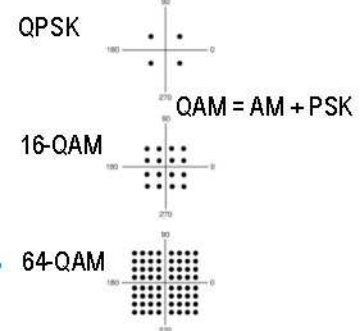
Analoge Modulation



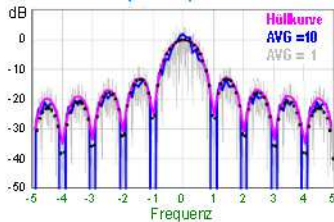
Digitale Modulation



Komplexe Modulation

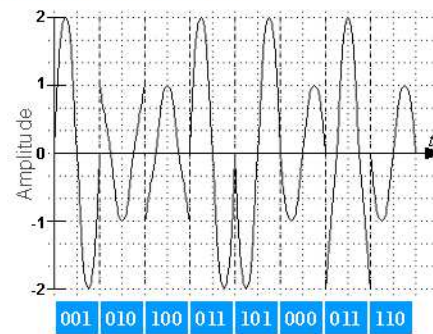


QAM im Frequenzspektrum

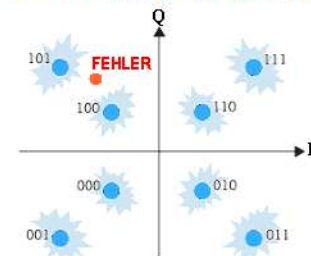


Die steilflankigen Amplitudenänderungen haben unter und über der Mittelfrequenz des Signales ausgeprägte Seitenbänder zur Folge.

8-QAM: zeitlicher Verlauf



8-QAM: Amplitude + Phasenlage



Grundlagen: EMF und Biologie

Biologische Wirkung nichtionisierender Strahlung

Jede gesunde Zelle hat die Fähigkeit, grosse Mengen an Informationen in Form ultrafeiner elektrischer Signal zu empfangen oder an ihre Nachbarzelle zu übertragen. Diese Informationen steuern zusammen mit Schwingungen aus der natürlichen Umwelt alle Lebensvorgänge in lebenden Organismen.



EMF: wissenschaftlich gesicherte Wirkungen



Wissenschaftlich gesichert heisst: ein plausibles Wirkmodell wird von mehreren, sich nicht widersprechende Studienergebnissen gestützt!

Reizwirkung

ungewolltes Auslösen von Nervenimpulsen oder Muskelkontraktionen durch elektrische Ströme, welche im Körper durch sehr starke elektrische oder magnetische Felder erzeugt werden.

Thermische Wirkung

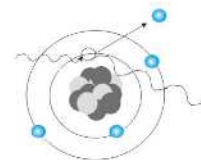
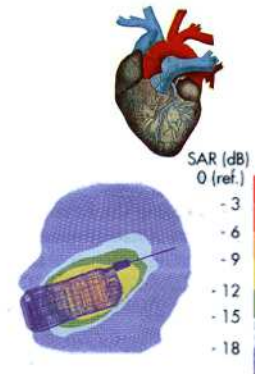
Erwärmung von Gewebe durch starke hochfrequente elektromagnetische Felder. Auch beim Phänomen des Mikrowellenhören bei starker Exposition von Mikrowellen wird ein thermisches Modell favorisiert.

Photochemische und photobiologische Wirkung

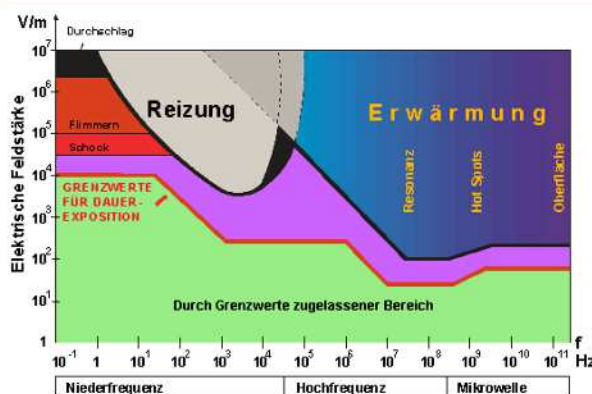
Viele chemische und biologische Prozesse werden durch intensives Licht, insbesondere UV-Licht ausgelöst.

Ionisierende Wirkung

Erst bei höherer UV-Strahlung haben elektromagnetische Wellen eine Photonenenergie, die in der Lage ist, Moleküle zu zerstören.



NIS- Grenzwerte



Immissionsgrenzwert IGW

In der Schweiz gelten die IGW der ICNIRP an allen Orten an denen sich Menschen aufhalten können. Diese Grenzwerte orientieren sich einzig an gesicherten EMF-Wirkmodellen, wie Muskelreizung und Erwärmung, die erst bei höherem Energieeintrag auftreten.

Die Werte einzelner Frequenzen von 1 Hz bis 10 MHz, so wie von 100kHz bis 300 GHz sind separat zu erfassen und mit einem Gewichtungsfaktor verrechnet zu summieren.

Anlagegrenzwert AGW

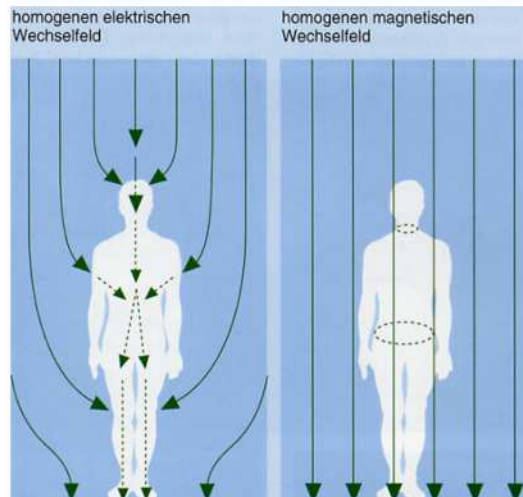
Die Schweiz kennt nebst FL als einziges Land AGW. Der Anwendungsbereich beschränkt sich auf Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN). Zur Beurteilung über die Einhaltung des AGW sind die Immissionen an einem OMEN für jede Anlage (je: Mobilfunkanlage, Broadcast-Anlage, Hochspannungsleitung, EW-Trafo, Bahnlinie) separat zu betrachten – Exponiert ist der Mensch aber allen gleichzeitig!

Anwendung	IGW	IGW	AGW
Bahnlinie	10kV/m ¹⁾	300 µT ¹⁾	1 µT ³⁾
EW-Leitung/Trafo	5kV/m ¹⁾	100 µT ¹⁾	1 µT ⁴⁾
DAB Kanal	28 V/m ²⁾	46 nT ²⁾	3 V/m ⁴⁾
DVB-T CH 40	34 V/m ²⁾	114 nT ²⁾	3 V/m ⁴⁾
Mobil 900 MHz	42 V/m ²⁾	142 nT ²⁾	4 V/m ⁴⁾
Mobil 1.8 GHz	58 V/m ²⁾	198 nT ²⁾	6 V/m ⁴⁾
Mobil 2.1 GHz	61 V/m ²⁾	213 nT ²⁾	6 V/m ⁴⁾

1) RMS Maxwert 2) AVG 6 Min 3) AVG 24 h 4) Volllast

Ankopplungsspannung

Niederfrequente elektrische Felder beeinflussen den menschlichen Körper genauso, wie sie jedes andere aus geladenen Teilchen bestehende Material beeinflussen. Wenn elektrische Felder auf leitfähige Materialien treffen, beeinflussen sie die räumliche Verteilung von elektrischen Ladungen auf der Materialoberfläche und bewirken einen Stromfluss zum ausgleichen des elektrischen Potentials. Nur ca. ein Tausendstel des Feldes dringt in den Körper ein.



Induzierter Strom

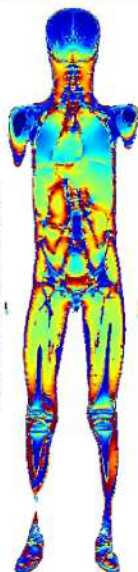
Magnetfelder durchdringen den Körper praktisch ungehindert. Dabei induzieren sie abhängig von der Feldstärke und Frequenz, wie in jedem elektrisch leitfähigen Material, einen Strom (je höher die Frequenz, um so grösser die Induktion).

Der mit Mikrowellen bestrahlte Mensch

Ganzkörperexposition

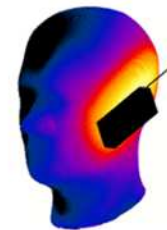


Forschungsprojekt THEMO: Modell eines 8-jährigen Kindes – Exposition: 900 MHz und ICNIRP-Grenzwert



Je höher die Frequenz, um so grösser die Absorption und um so kleiner die Eindringtiefe!

Teilkörperexposition



Kritik am SAR-Wert

Neuer Simulationen zeigen, dass der Zusammenhang zwischen SAR und ΔT komplexer ist, als ursprünglich angenommen (Basis für Grenzwerte). Durch die Berücksichtigung des dynamischen Temperaturregungsverhaltens und der verschiedenen Wärmeabfuhrmechanismen konnte gezeigt werden, dass die SAR ein wenig geeignetes Surrogat für lokale Temperaturänderungen ist. Wegen der erhöhten Durchblutung können sich trotz Absorption sogar relative Temperaturverringerungen ergeben. In dem Modell sind auch keine Hot-Spots berücksichtigt, die durch Interferenzen von sich an Zellwänden brechenden Strahlung sehr kleinräumig entstehen.

Unspezifische Symptome



Über unspezifische Symptome im Zusammenhang mit EMF wird kontrovers diskutiert!

Beispiel:

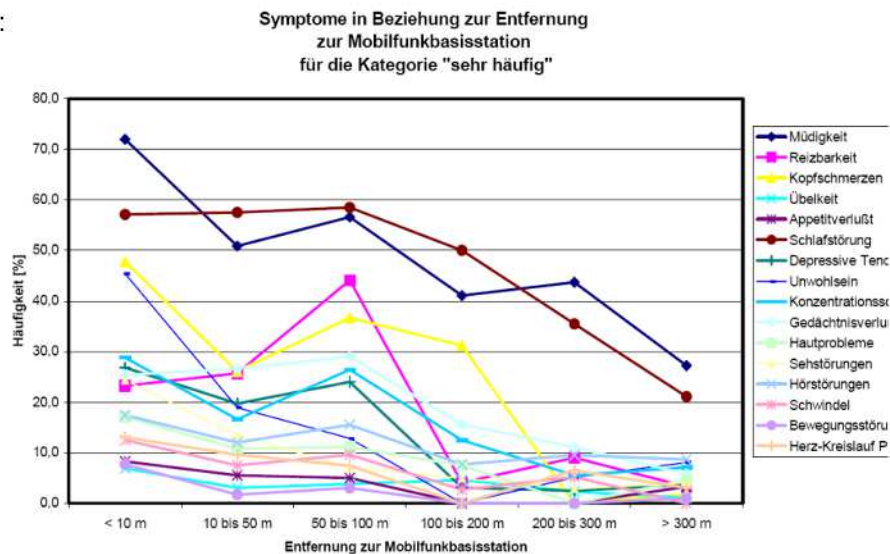


Bild: Häufigkeit (%) von Beschwerden von Anwohnern von Mobilfunk Basisstationen als Funktion der Entfernung

Wirkungen von NIS im Niedrigdosisbereich



Bundesamt für Umwelt

Siehe Publikation des BAFU: „Strahlung von Sendeanlagen und Gesundheit“ Zusammenfassung über Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosisbereich.

[Link](#)



Ich habe keine Zweifel, dass es athermische Wirkungen gibt

Wir können bei der Exposition durch Funkstrahlung viele Effekte beobachten (Veränderungen im EEG, Doppelstrangbrüche in EMF exponierten Zellkulturen usw, die nur bei bestimmten Modulationstechnik der EMF auftreten, aber nicht bei einer Continius Wave) die sich mit keinem thermischen Modell vereinbaren lassen (Modulation spielt für die Erwärmung keine Rolle).

Der für die heutigen Grenzwerten massgebende SAR, auf Grund dessen die Grenzwerte als RMS (quadratischer Mittelwert) definiert sind, hat keine Aussagekraft bei athermische Wirkungen.

Es gibt heute noch kein plausibles Wirkmodell zu athermischen Wirkungen von NIS. Früher gab es die These, dass niederfrequente periodische Amplitudenänderungen des Trägersignales dafür verantwortlich seien.

Die neueren komplexeren Modulationen sind aber geprägt von stochastisch Amplitudenänderung und zeigen bei einigen Effekten noch eine höhere Wirksamkeit.

Ich gehe aber davon aus, dass der zeitlichen Änderung der Amplituden eine entscheidende Rolle zukommt – Ob dabei max. Peakwerte entscheidend, die Steilheit des Amplitudenanstieges oder ein anderer Signalparameter da wage ich keine These zu erstellen.

Es ist für mich gar vorstellbar, dass bei einer starken Belastung durch sehr viele Emittenten athermische Effekte gar verschwinden, wenn es kein dominantes Signal gibt!

Ich sehe Parallelen, wie Menschen auf Hintergrundgeräusche reagieren und wie Menschen auf EMF im Niedrigdosisbereich reagieren.

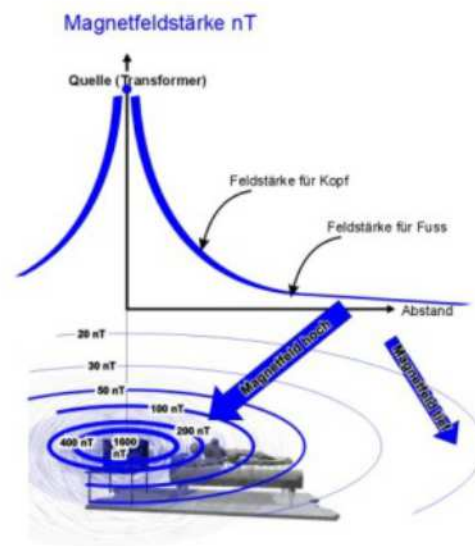
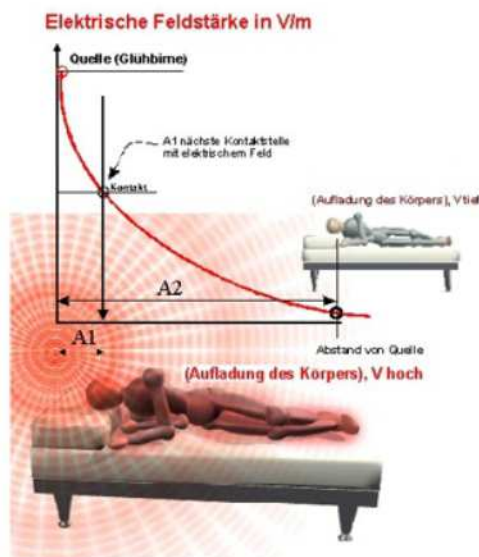
Grundregel zum Reduzieren



- Ausschalten (vermeiden)
 - Abstand halten
 - Abschirmen



Belastung durch niederfrequente Felder

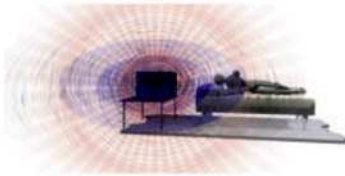




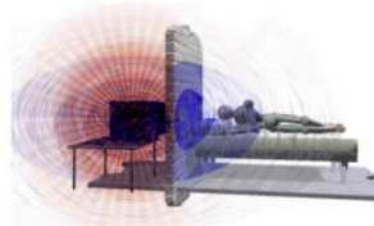
Die Holzwand hat keine Schirmwirkung auf das elektrische Feld.



Für das elektrische Feld ist die Abschirmwirkung von Backstein und Betonwänden beachtlich gross.



Die kombinierte Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern.

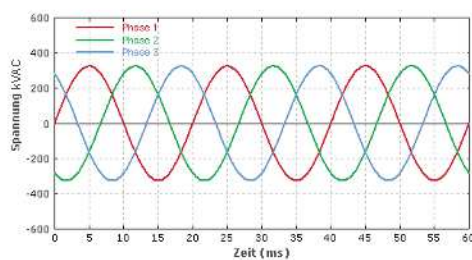


Störfeldquelle auf der anderen Wandseite. Das Magnetfeld geht nahezu ungehindert durch die Wand. Das elektrische Feld wird abgeschirmt.

Magnetfeld durchdringt fast alles!

Immissionen durch Stromtransport

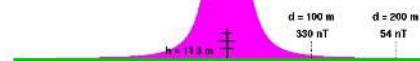
Übertragung im 3 Phasen- Drehstromnetz 50 Hz



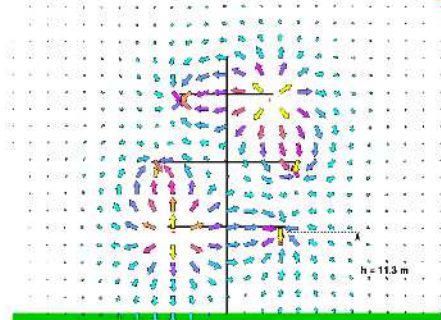
Maximalwert: 35'000 nT [Nanotesla]

Magnetisches Feld am Boden in Funktion der Distanz d vom Mast

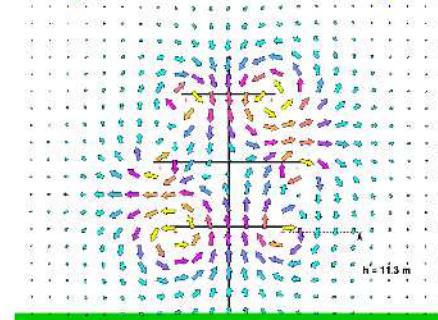
Strom: 2530 A
Energie transport in gleiche Richtung



Elektrisches Feld an Freileitung



Magnetfeld an Freileitung

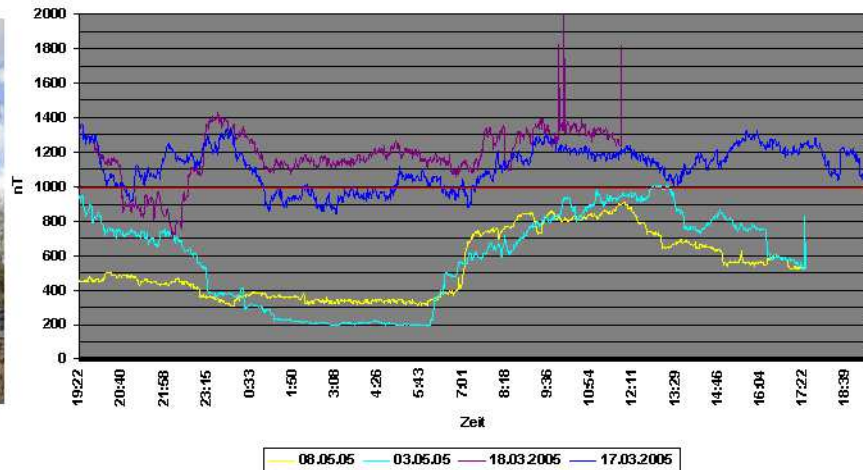


NIS- Belastung: Beispiel MFH Fürstenuau (GR)



Das Beispiel zeigt, wie in der obersten Wohnung eines Mehrfamilienhauses, nahe zu 2 bestehenden Höchstspannungstrasses bereits ohne Hochrechnung auf die maximal mögliche Last, die Grenzwerte deutlich überschritten werden!

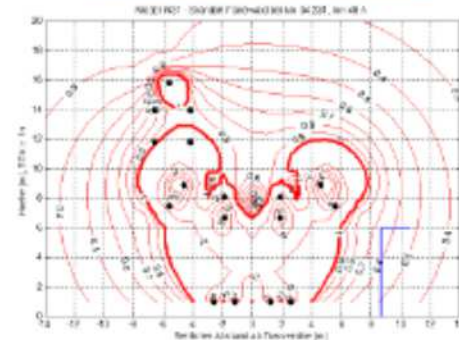
Mit der Realisierung des Greenconnector-Projektes (HGÜ- Verbindung von Sils i.D. über den Splügen nach Verderio I) werden zeitweise noch bedeutend höhere Magnetfelder entstehen!



Immissionen durch Bahnanlagen

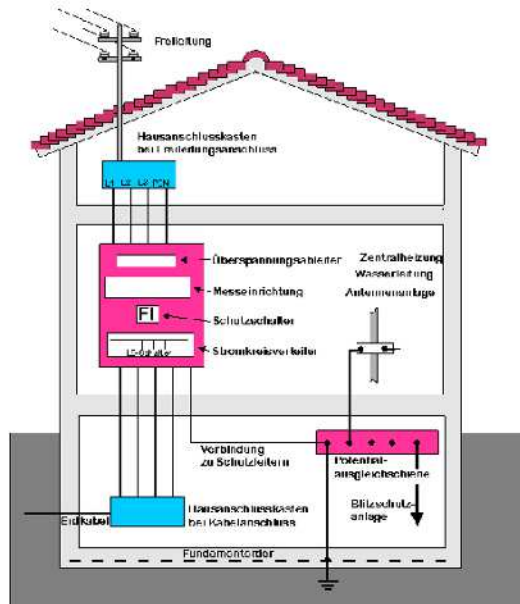


Ausbau der Bahnnetze und Verbindungen



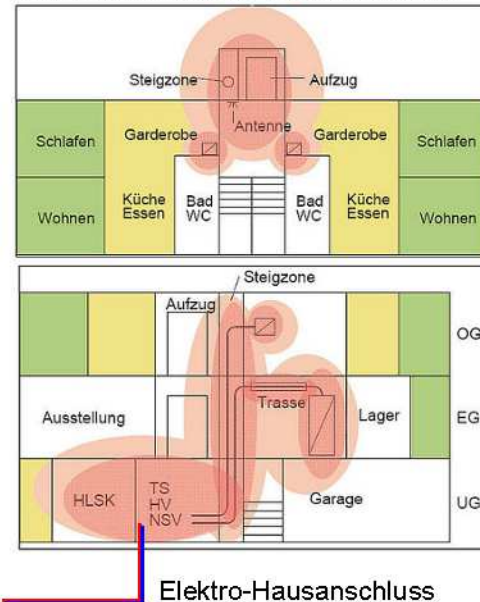
Elektrische Eisenbahn 16.6 Hz

Hauseinführung und Potenzialausgleich



Installationsplanung

Anforderung an Feldarme Installation ist Inhalt verschiedener Gebäudelabels!

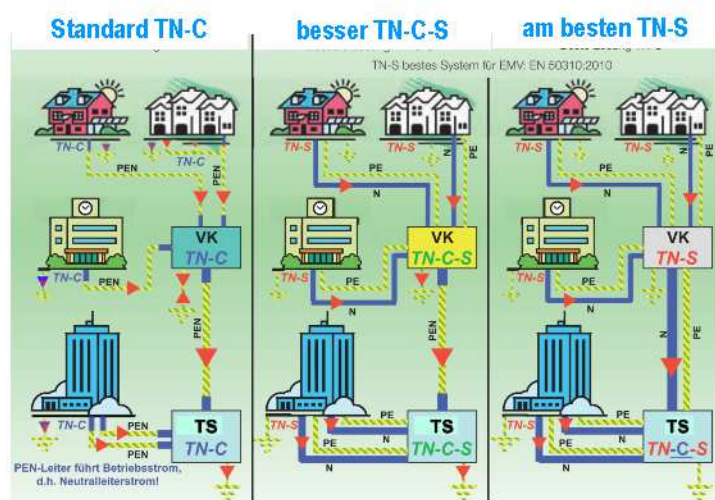


Vagabundierende Ströme - Hausanschluss

Bei TN-C-Systemen (4-Leiter-Anschluss) werden Neutraleiter (Ausgleichsstrom bei asymmetrischen Lasten) und Schutzleiter (PE) im sogenannten PEN-Leiter zusammengefasst.

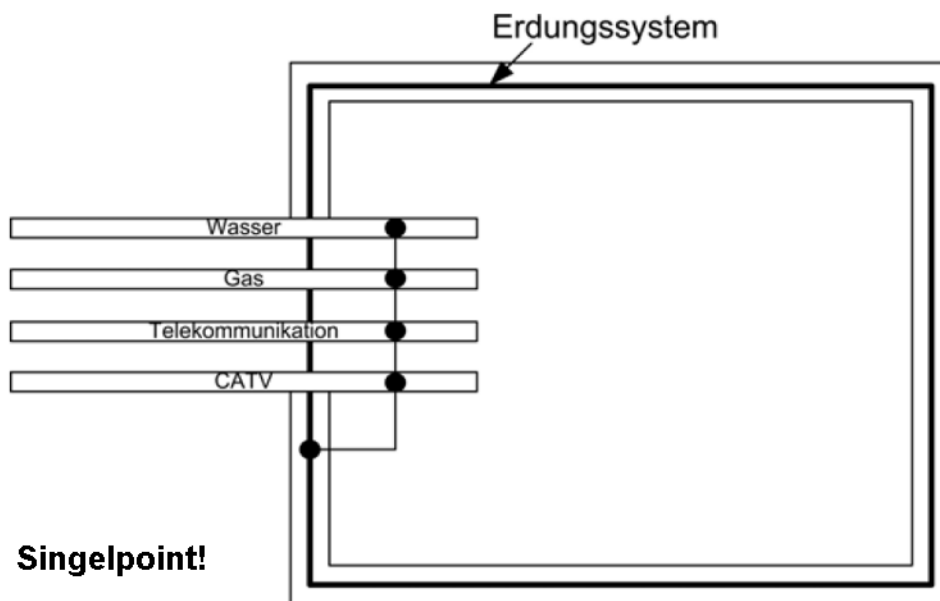
Je kleiner der Parallelwiderstand der Gebäudeerdungsanlage und der Potenzialausgleichssysteme im Verhältnis zum Widerstand des PEN-Leiters, umso grössere Ausgleichs- und Neutraleiterströme werden vom PEN-Leiter abgezweigt und als vagabundierende Ströme im ganzen Gebäude verbreitet (nicht nur über die Elektroinstallation, auch über Rohrleitungen und andere leitfähigen Gebäude- oder Anlagenteile). Es entstehen Spannungsdifferenzen zwischen geerdeten Teilen, sowie niederfrequente Magnetfelder.

In heutigen Stromverteilnetzen wird vorwiegend bei Wohnbauten eine Zunahme der N-/PEN-Leiterbelastungen mit den entsprechenden Oberschwingungen festgestellt.

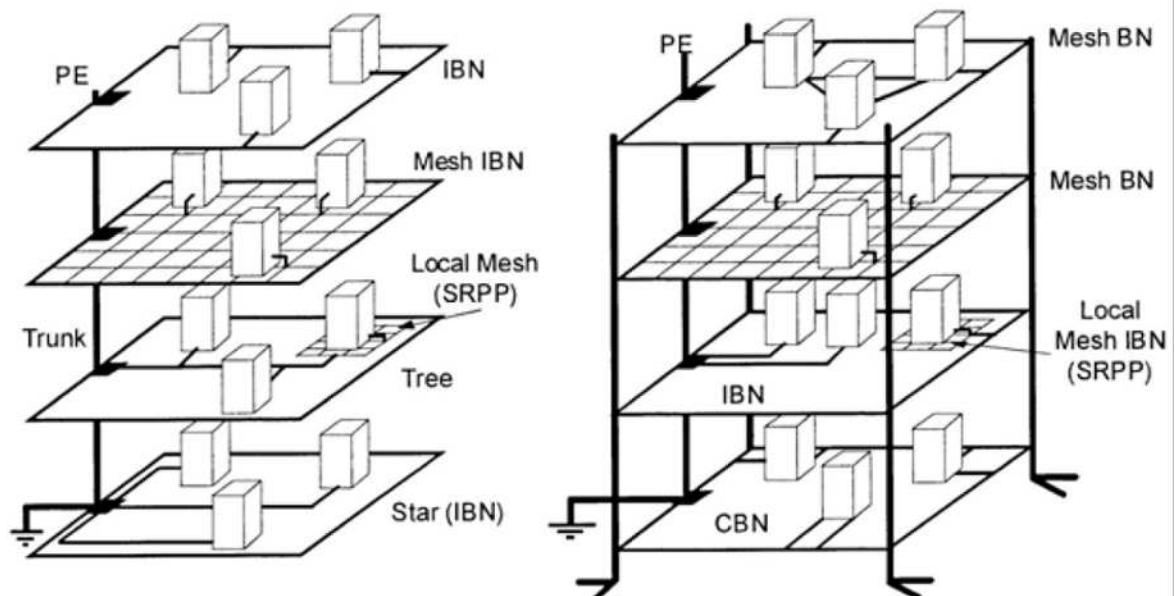


**TN-S bestes System für EMV: EN 50310:2010
selten anzutreffen (Kosten)**

Potenzialausgleich Hauseinführungen



Pot.ausgleich: Maschen- oder Sternsystem



Bei Sternstruktur keine Schleifenbildung (Querverbindungen)!

Wo sich Stromkreise schliessen können Ströme fließen!

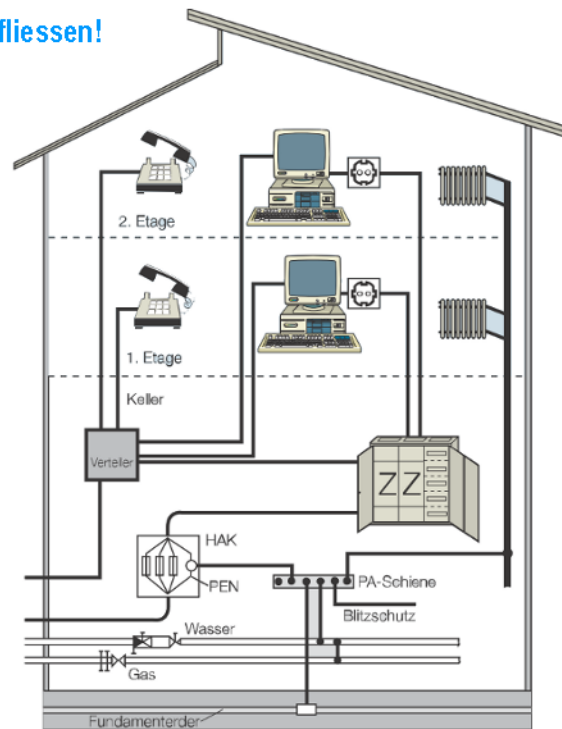
Ströme die nicht vorgesehene Wege nehmen werden als vagabundierende, auch Streuströme genannt, bezeichnet. Ein TN-S-System alleine schützt noch nicht davor, es verbessert aber die Ausgangslage!

Wirkungen vagabundierender Ströme

- Im Verhältnis zum Stromfluss hohe magnetische Wechselfelder;
- Einkoppelung in andere Stromkreise;
- Korrosion, Lochfrass an Leitungen;
- Schirme können abbrennen.

Massnahmen gegen vagabundierende Ströme

- TN-S-System;
- Singelpoint- Hausanschluss mit Potenzialausgleich direkt bei den Einführungen;
- Entweder konsequente Baum-/ Sternstruktur aller Schutzleiter/Erdungen auf einen Punkt oder eine hohe Vermaschung aller – Keines Falls eine Mischlösung!



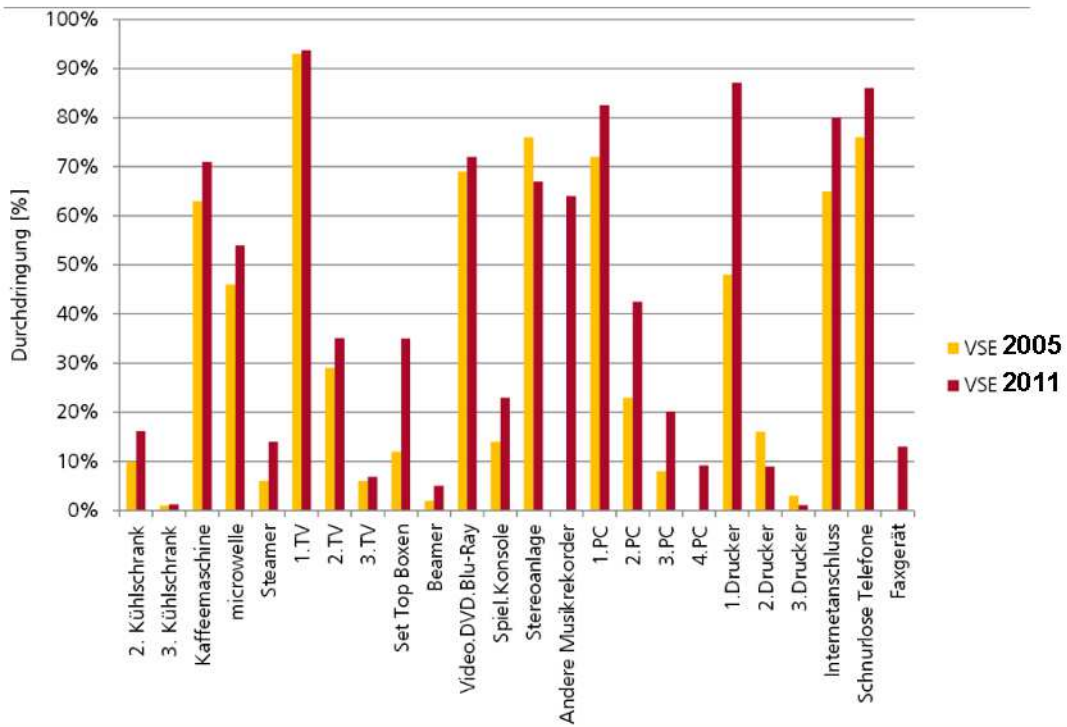
Korrosion durch Fehlerströme (nicht durch EMF)



Unterbrechen mit Kunststoffrohr



Immer mehr Geräte in Wohnräumen



Stand-by-Geräte



Drahtlose Stromversorgung

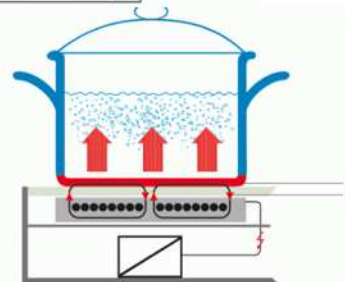
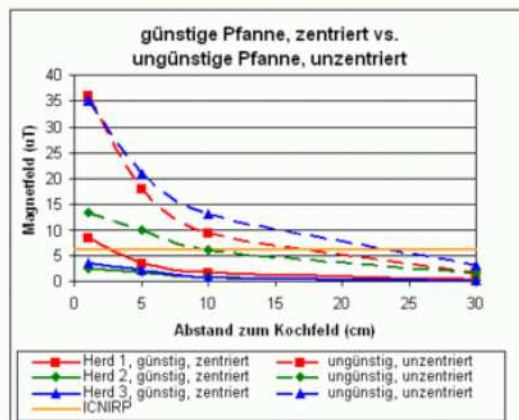


03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

35

Induktionskochherd



03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

36

Leiter mit grossem Abstand



Je grösser der Leiterabstand, um so grösser das Magnetfeld

Bett unter Strom



Wasserbetten und Heizkissen



Asynchrone Lasten - Dirty Power



03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

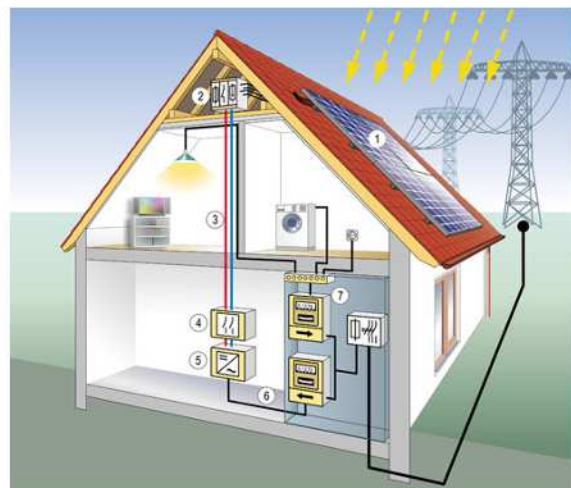
39

Photovoltaik



Anforderung an die PV-Anlage:

- Verlegung der DC-Leitung so, dass durch die Gleichfelder keine Eisenarmierungen magnetisiert werden;
- Wechselrichter, die keine Wechselspannung auf die PV-Panels rückkoppeln (galvanische Trennung);
- Abgabe einer 50 Hz- Sinusspannung ohne Oberwellen an das Netz.



Verpflichten Sie Elektroplaner, Lieferant & Installateur vertraglich diese Anforderungen einzuhalten!

03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

40

Abschalten (aber richtig) - Kabel reduzieren

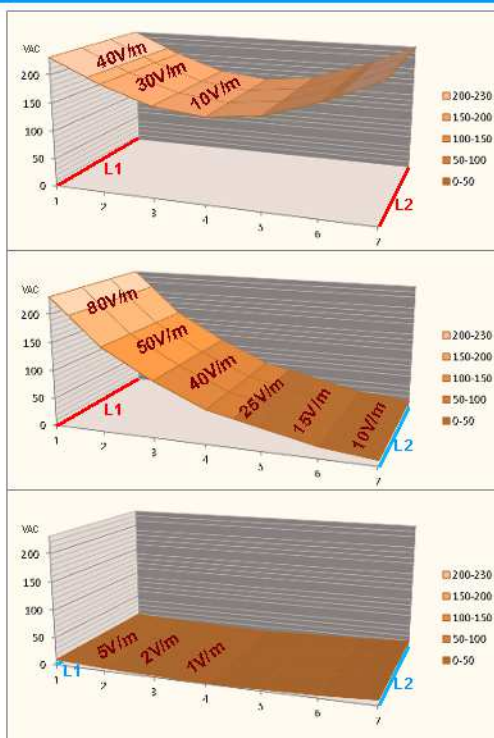


**Abschalten, aber nicht den
Neutralleiter schalten!**

Achtung mit Verlängerungskabel!



Netzabkoppler



Leitung L1 & L2
unter Spannung

nur Leitung L1
unter Spannung

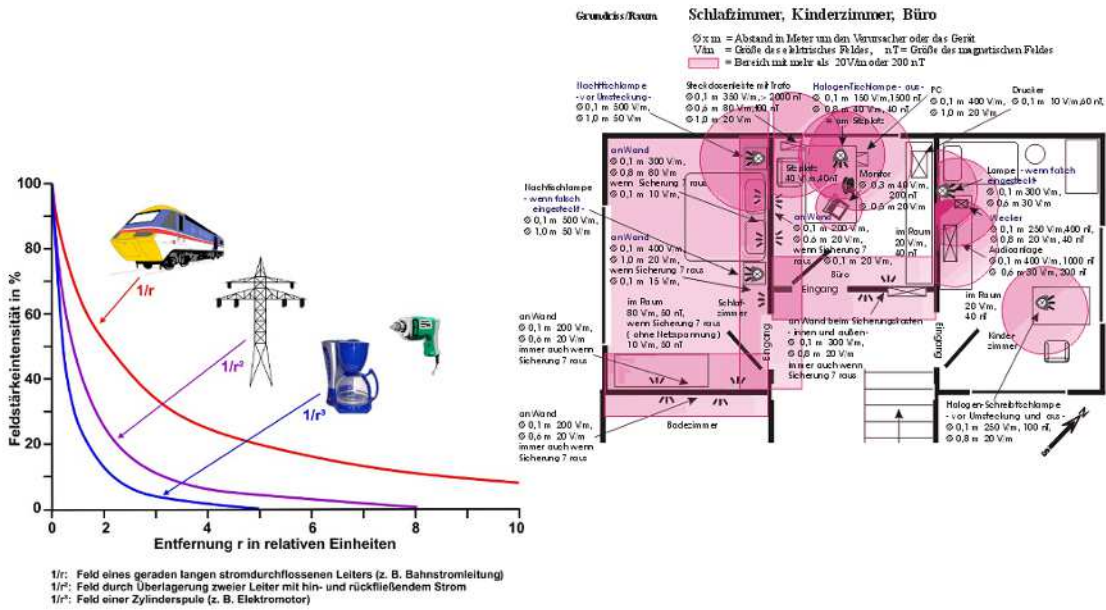
Leitung L1 & L2
spannungsfrei



**Das Spannungsfreisalten
von Leitungen kann des E-Feld
unter Umständen erhöhen!**

Höhe der Fläche = Spannung
Steilheit der Fläche = E-Feld (in der Praxis komplexer)

Abstand



Abschirmen elektrischer Felder



Geschirmte Kabel & Dosen



Lampen



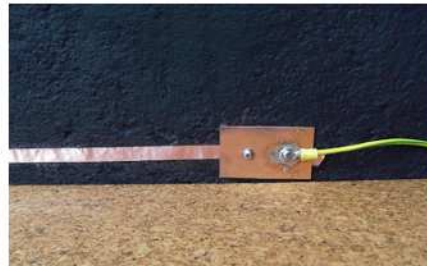
Abschirmbauplatten mit Graphit oder Carbon (z.B. Knauf La Vita, Rigips Climafit)



Abschirmgewebe (z.B. STO AES)



Abschirmfarbe mit Graphit (z.B. YSHILD)



Achtung Potenzialausgleich!

Abschirmen von magnetischen Feldern



Abschirmung von magnetischen Wechselfeldern mit ferromagnetischen Materialien:



Abschirmung eines Bodens gegen die magnetischen Felder einer darunter liegenden Hochspannungsschaltanlage.



Abschirmhaube über einem Transformator.

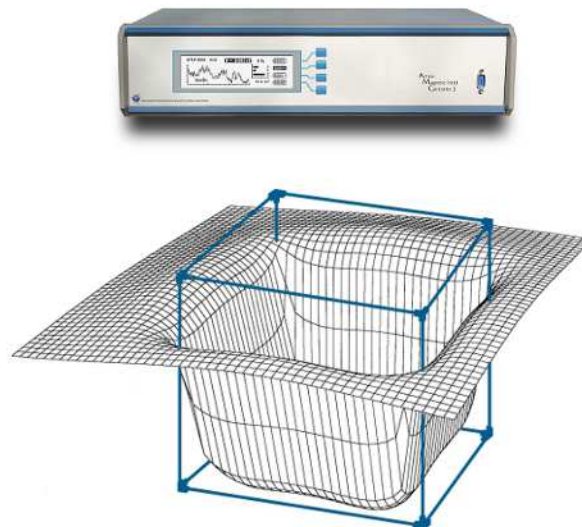
Kompensation von Magnetfeldern

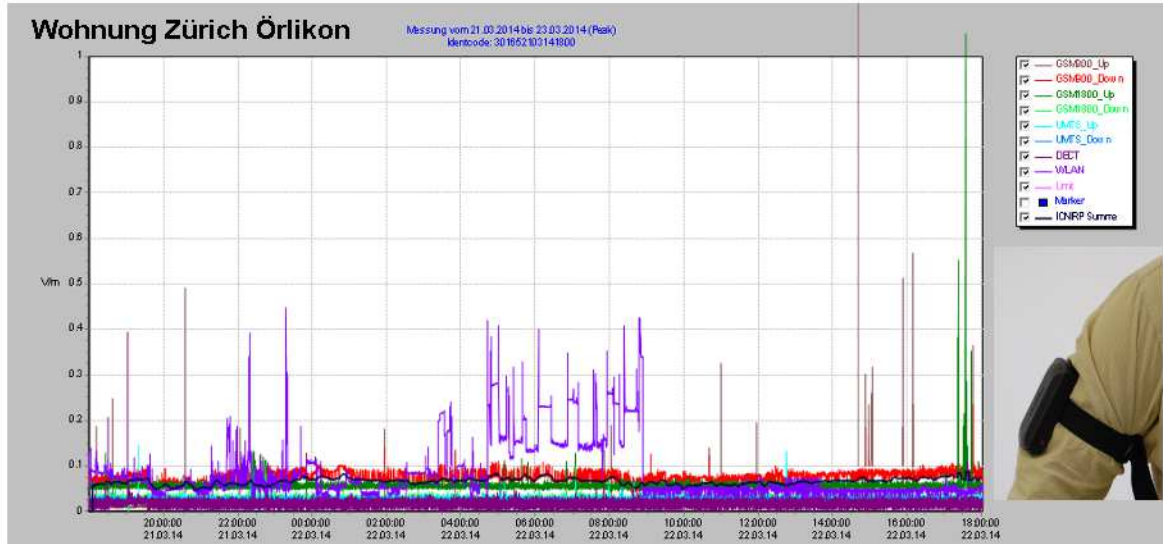


Magnetfeldkompensation durch Verdrillen der Leiter



Aktive Magnetfeldkompensationsanlage





MW- Landessender Beromünster
 NIS nicht eingehalten
 Abschaltung 28.12.2008



KW-Sender Schwarzenburg:
 Abschaltung 1998



Zeitzeichen HBG: Abschaltung 01.01.2012

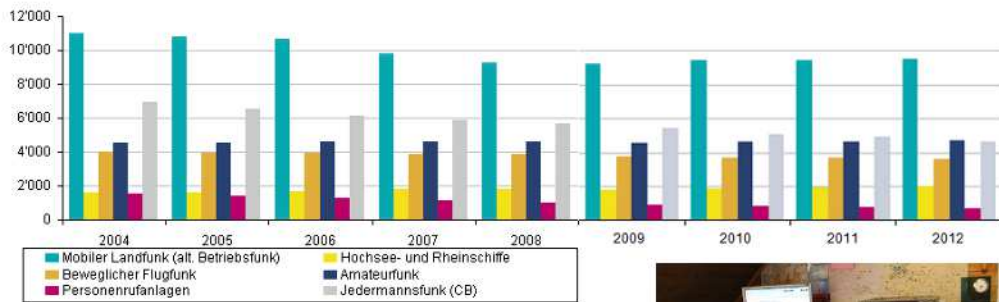


Abschaltung analoger TV-Übertragung 27.05.2008

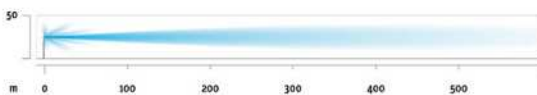
Beispiel Sender Ravoire:
 DVB-T, DAB, FM-Radio



Der mobile Landfunk hatte 2008 einen Tiefstand und ist seit dem wieder minimal am steigen.



Richtstrahlverbindung



Richtstrahlverbindungen und Glasfaserkabel (LWL) verbinden die Kommunikationsknoten miteinander.

Die PTT unterhielt damals redundante Kabel- und Richtstrahlnetze. Heute bei der swisscom stellen Richtstrahl und LWL hingegen komplementäre Netze dar.

Richtstrahlverbindung:

- benötigt Sichtkontakt;
- Grosser Antennengewinn → effiziente Übertragung über grosse Strecken (auch Satellitenverbindungen);
- Zunahme der Dämpfung bei schlecht Wetter;
- Hohe Belastung im Nahbereich durch Nebenkeulen;

Flugnavigation und Überwachung



Funkfeuer VOR (112 MHz)



Flugfeldradar (12-18 GHz)

Zivile Luftüberwachung: Lägern, nur noch Sekundärradar aktiv

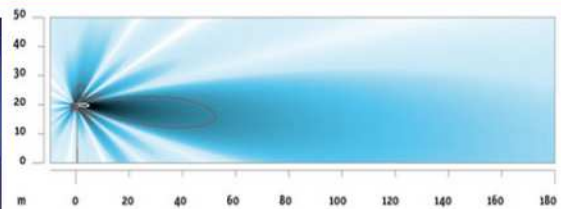
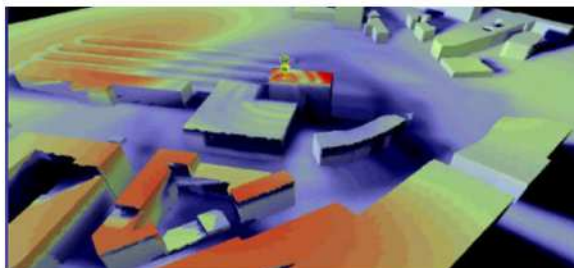
Militär: Luftüberwachung (2.9-3.1 GHz)



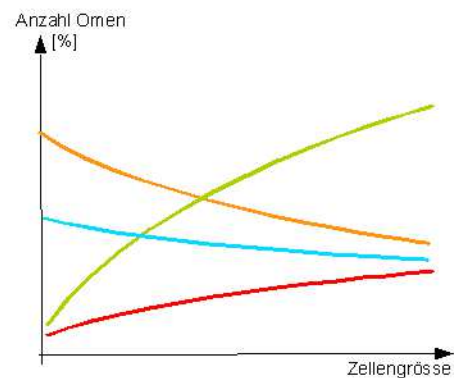
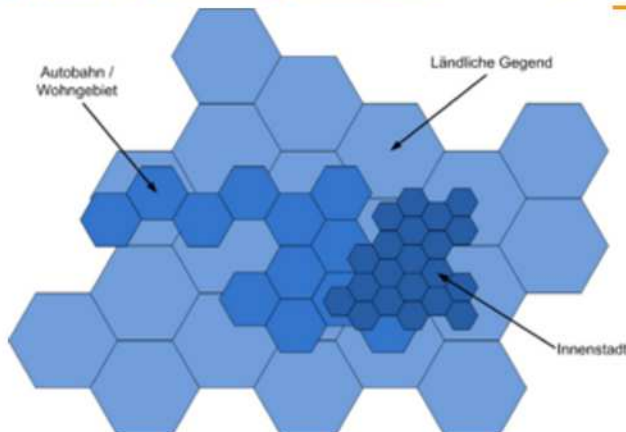
Militär: Primär-/Sek.-Radar (3-4 GHz)



Mobilfunkzellen



- > 2.0 V/m
- 0.2 – 2.0 V/m
- 0.20 – 0.02 V/m
- < 0.02 V/m



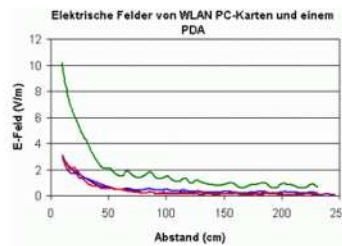
Funksender in Gebäuden: Mobilfunk



Jahr	Neue Technologie / Anbieter	Datenrate
1978	Netz Natel A	
1983	Netz Natel B	
1987	Netz Natel C MMT-System	
1993	Netz Natel D GSM-Standard	9,6 kbit/s
1998	Netz sunrise	
1999	orange (ex DiAx)	
2005	in&phone (nun inaktiv)	
2005	TELE2 (nun inaktiv)	
2001	GSM GPRS (2G)	53,6 kBit/s
2004	UMTS (3G)	384 kBit/s
2005	GSM EDGE	256 kBit/s
2008	UMTS HSDPA	max. 1,8 Mbit/s
2010	UMTS HSPA	max. 7,2 Mbit/s
2011	UMTS HSPA+	max. 42 Mbit/s
2012	LTE (3.5G)	max. 100 Mbit/s
2012	Zusätzliche Frequenzbänder 0.8 / 2.6 GHz	
2013	LTE Advanced (4G)	max. 150 Mbit/s



Funksender in Gebäuden: WLAN



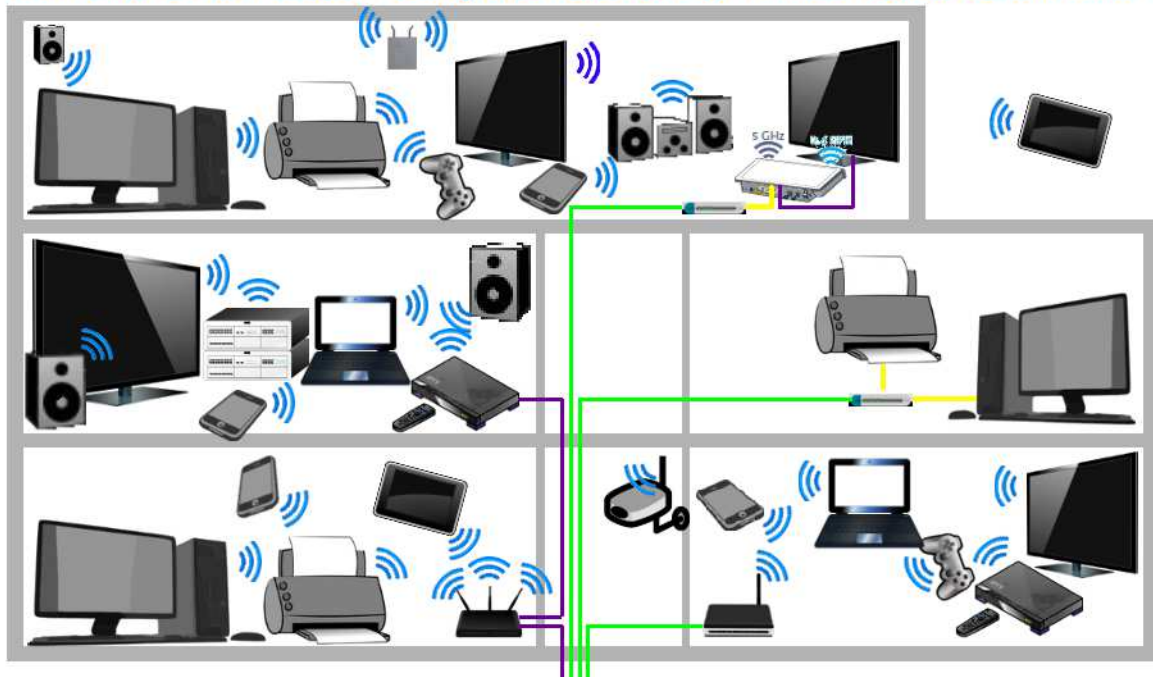
max. zulässige Sendeleistung: 0.1 W @ 2.4 GHz; 1 W @ 5 GHz

Standard	Band	Datenübertragungsraten Brutto	Netto
IEEE 802.11		2 Mbit/s maximal	
IEEE 802.11a	5 GHz	54 Mbit/s maximal (108 Mbit/s @ 40 MHz BW)	20-22 Mbit/s
IEEE 802.11b	2.4GHz	11 Mbit/s (22 Mbit/s @ 40 MHz BW, 44 Mbit/s @ 80 MHz BW)	5-6 Mbit/s
IEEE 802.11g	2.4GHz	54 Mbit/s (g+ 108 - 125 Mbit/s)	20-25 Mbit/s
IEEE 802.11h	5 GHz	54 Mbit/s (108 Mbit/s bei 40 MHz Bandbreite)	20-25 Mbit/s
IEEE 802.11n	2.4/5GHz	Max 600 Mbit/s (Verwendung von MIMO)	100-200 Mbit/s
IEEE 802.11ac	2.4/5GHz	>1,3 Gbit/s (Verwendung von MIMO und QAM)	max. 300 Mbit/s
IEEE 802.11ad	60 GHz	3x 2 GHz mit QAM64 bis zu 6,7 Gbit/s	

WLAN im Wohnbereich



Vom lokalen drahtlosen Computernetzwerk zum Multimedia Netzwerk ...



Funksender in Gebäuden: DECT



Headsets in Callcenter nach DECT-Standard

Trend zu strahlungsarmen DECTs

Babyphon, z.T. mit Videostream

Wireless Personal Area Network & RFID



WPAN	Bluetooth	ZigBee	EnOcean	Z-Wave	UWB
Standard	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	proprietär	proprietär	(IEEE 802.15.3a)
Topologie	AdHoc-Netz	Vermaschtes Netz	Vermaschtes Netz	Vermaschtes Netz	Punkt-zu-Punkt
max. Übertragungsgeschwindigkeit	700 kBit/s	20 / 40 / 250 kBit/s	120 kBit/s	9,6 kBit/s	110 / 480 MBit/s
max. Reichweite	10 / 30 / 100 m	50 m	30 m	20 m	>3 / <3 m
max. Anzahl der Stationen	8	65'536	7 (je Bridge)	323	127 (je Host)
Frequenzen	2,402 - 2,480 GHz	864,2 MHz 2,4 GHz (Europa)	868,3 MHz	864,2 MHz	3,1 ... 10,6 GHz (UWB)
Anwendungen	Datei-Download Maus, Tastatur Handy-Sync	Steuerung Automation	Steuerung Sensometze	Gebäudeauto- mation	Multimedia (Audio/Video)

Proprietäre Funkanbindung



Wetterstation mit externen Sensoren

Drahtlose Tastatur / Maus

Smart Metering

Radarbewegungsmelder und Sensoren



Bewegungsmelder
5.8 GHz



Lampe mit eingebautem Bewegungsmelder



Schiebetürüberwachung



Füllstandmessung



Funkstrahlung reduzieren



Twisted Pair



Koaxialkabel



Lichtwellenleiter

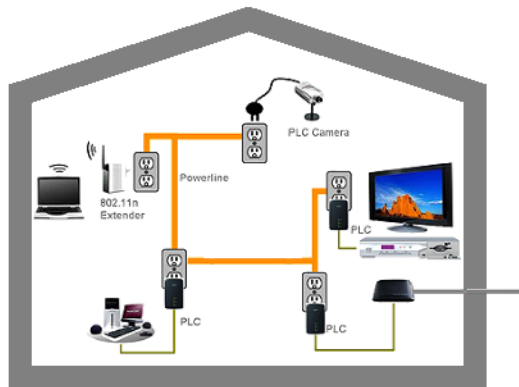


Power Line Communication (PLC)



Powerline Communication (PLC), auch als PowerLAN oder dLAN (direct LAN) bezeichnet nutzt vorhandene Starkstromleitungen. Dazu werden spezielle Ethernet-Adapter in in 230V Steckdosen gesteckt, die der Netzfrequenz ein hochfrequentes Signal aufmodulieren. Diese hochfrequenten Signale führen bei ungeschirmten Leitungen (das ist in Hausinstallationen die Regel) zu starken Störaussendungen im Mittel- und Kurwellenbereich.

Verfahren	Datenrate	Frequenz
Homeplug	11 MBit/s	4 ... 27 MHz
Homeplug Turbo	85 MBit/s	2 ... 27 MHz
Panasonic AV	180 MBit/s	3 ... 30 MHz
Homeplug AV	200 MBit/s	2 ... 32 MHz
DS2 AV	200 MBit/s	2 ... 30 MHz
Homeplug AV2	500 MBit/s	2 ... 68 MHz
Mediastream	882 MBit/s	50..300 MHz



Die Starkstrominstallation ist nicht wirklich geeignet um hochfrequente Signale zu übertragen, insbesondere nicht, wenn sie ungeschirmt ist. Dies führt zu einer nicht akzeptablen Störaussendung (EM-Feldern im MHz Bereich)!

Sendeleistung reduzieren



- Übersicht
- Internet
- Telefonie
- Heimnetz
- WLAN
 - Funknetz
 - Funkkanal**
 - Sicherheit
 - Gastzugang
 - WDS
- DECT
- System
- Assistenten
 - Einrichten, Update, Telefone

Funkkanal

Die FRITZ!Box prüft von selbst die WLAN-Umgebung und verwendet die jeweils die Einstellungen anpassen.

Funkkanal-Einstellungen

- Funkkanal-Einstellungen automatisch setzen (empfohlen)
- Funkkanal-Einstellungen anpassen

WLAN-Standard: 802.11n+g+b

Frequenzband: 2,4 GHz

Funkkanal: Autokanal

- WLAN-Autokanal inklusive Kanal 12/13
- Für 300 Mbit/s optimierte Funkkanäle nutzen
- Sendeleistung automatisch auf den tatsächlichen Bedarf verringern

Maximale Sendeleistung: 6 %

- WLAN-Übertragung für IPTV-Anwendungen optimieren



Ecodect+
lowradiation

Leistung / Leistungsflussdichte

Linearer Faktor = $10^{\frac{dB}{10}}$

Kraft / Spannung / E-Feld / Magnetfeld

Linearer Faktor = $10^{\frac{dB}{20}}$

Faktor bezogen auf eine physikalische Einheit

dBm Faktor bezogen auf 1 mW

dBµV Faktor bezogen auf 1 µV

dB	Leistung	Kraft
40	10000	100
30	1000	31.6
20	100	10
10	10	3.16
6	4	2
3	2.00	1.41
0	1	1
-3	0.50	0.71
-6	0.25	0.50
-10	0.1	0.32
-20	0.01	0.1
-30	0.001	0.032
-40	0.0001	0.001

Bauseitige Abschirmung

Abschirmgewebel-Gitter aus Kupfer, Alu, CNS, Carbon (z.B. Fliegengitter, Cuproprotect;

Abschirmputze;

Abschirmfarbenmit Graphit oder Kupfer (z.B. YSHILD);



Abschirmbauplatten mit Graphit (z.B. RigipsClimafit Protekto);

Dampfsperrenaus Alu (z.B. Ampack);

Metallkaschierte Bitumen;

Bauseitige Abschirmung bedarf einer professionellen Planung & Messungen!

Abschirmung: Baldachine, Vorhänge

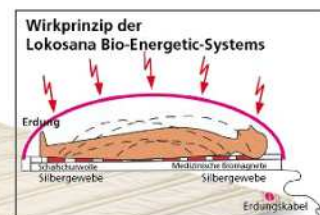


03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

67

Abschirmung: Bekleidung, Bedecken, Unterlage



Funktioniert nicht!

03.09.2014

Institut für Bauhygiene - Experte IBH Markus N. Durrer

68



Elektrostatische Aufladung

Synthetische Materialien:

- Bodenbelege
- Teppiche
- Vorhänge
- Möbel

Magnetische Gleichfelder

Erdmagnetfeld

Künstliche Magnetfelder, die das Erdmagnetfeld stören:

- Magnetisierte Armierungen
- Lautsprecher
- Trams / Elektr. Trolleybusse
- andere Gleistromanwendungen





Autor: Martin Virnich
ISBN-10:3-8101-0328-4
EAN:9783810103284
1. Ausgabe: Oktober 2012
Verlag: Hütthig GmbH



Autor: Martin Schauer
ISBN-10:3-8101-0315-2
EAN:9783810103154
1. Ausgabe: November 2012
Verlag: Hütthig GmbH



Über mehr als 30 Autoren
ISBN-10:3-8348-2522-0
EAN:9783834825223
2. Ausgabe: 17.11.2012
Verlag: Vieweg+Teubner

Danke

Ich danke dem Verein **ecowerk** für die Einladung



Ich danke den Zuhören für Ihr Kommen und Interesse am Thema



Die Vortragsfolien können heruntergeladen werden:

- http://www.bauhygiene.ch/dok/Elektrosmog_reduzieren.pdf



Weitere Infos:

- Internet: <http://www.bauhygiene.ch>
- Email: mdu@bauhygiene.ch
- Telefon: **081 501 40 25** (die ersten 15 Minuten Beratung kostenlos)



Es können weder über mich, noch über das IBH Institut für Bauhygiene Abschirmprodukte bezogen werden!