

4. Störungen

Die meisten haben sicher Erfahrungen mit Störungen von Uebertragungssystemen, und sei es auch nur ein Funkloch beim Handy.

Die rasch wachsende Anzahl und Komplexität elektronischer Systeme führte in den letzten Jahrzehnten zu einem Anstieg der Zahl von gegenseitigen Beeinträchtigungen und Funktionsstörungen. Namentlich der seit Jahrzehnten explodierende Telekommunikationsverkehr verursacht diesbezüglich Probleme.

Bereits aufgrund der physikalischen Eigenschaften dieser Techniken sind unerwünschte Beeinflussungen nie ganz auszuschliessen.

Prinzipiell kann jedes elektrische System sowohl als Störquelle wie auch als "Störopfer" auftreten.

Meist handelt es sich dabei um Hochfrequenzphänomene.

4.1 Störungen von und auf Leitungen

Prinzipiell kann jede Leitung als Sende- oder Empfangsantenne wirken.

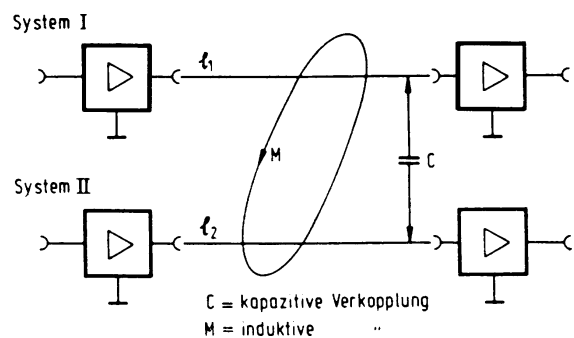
Zusätzlich wissen wir vom Magnetismus und von der Elektrostatik her:

- elektrische Felder können durch Influenz elektrische Leiter in der Nähe beeinflussen (aufladen)
- magnetische Felder können magnetisierbare Körper in ihrer Umgebung magnetisieren.
- ein magnetisches **Wechselfeld** (z.B. sinusförmig) erzeugt in einem elektrischen Leiter eine Wechselspannung (Trafo-Prinzip).
- ein elektrisches **Wechselfeld** kann in Leitern einen Wechselstrom erzeugen.

Daraus ergibt sich, dass sich örtlich benachbarte Leitungen gegenseitig beeinflussen. Ein Teil ihres Signals überträgt sich durch sogenanntes **Übersprechen** auf die andere Leitung.

Man unterscheidet zwei Kopplungsarten:

- induktive Kopplung (magnetische Uebertragung, Trafoprinzip)
- kapazitive Kopplung (elektrostatische Uebertragung)



Abhilfe:

- **Abschirmung, Koaxialkabel** (Wellenwiderstand 50 bis 75 Ohm):

Mit einer Abschirmung elektronischer Komponenten oder einem Koaxkabel lassen sich vor allem die kapazitiven Kopplungen vermeiden, weil der signalführende Innenleiter durch den Aussenleiter abgeschirmt ist. Zur Erinnerung: Das Innere eines Metallgehäuses ist absolut frei von elektrischen Feldern (Faradykäfig).

- **Twisted Pair Leitung (verdrillte Drähte, Wellenwiderstand 100 bis 150 Ohm):**

Mit einer verdrillten Leitung lassen sich vor allem die induktiven Kopplungen vermindern. Denn wenn sich diese Leitung in einem magnetischen Störfeld befindet, wird bei jeder Drillung, also jeder Aenderung der Leiter-Orientierung die im Leiter induzierten Spannung umgepolt, womit sich diese Einwirkungen über die Länge eines Kabels fast vollständig aufheben.

- **Lichtwellenleiter (LWL)**

Die radikalste Abhilfe, zum Beispiel in extrem gestörten Umgebungen, bietet heute die LWL-Technik. Die optische Uebertragungstechnik gilt als völlig unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Einflüssen. Denn solange die optischen Leiter nicht beschädigt und lichtdicht verpackt sind, können Störungen weder eindringen noch entkommen. Allerdings dürfen dann die elektrischen Schnittstellen an den Leitungsenden nicht störungsanfällig sein.

Weitere Vorteile der LWL - Übertragungstechnik

- hohe Bandbreite, bedeutet hohe Übertragungskapazität
- galvanische Trennung zwischen Sender und Empfänger
- kein Übersprechen, Abhörsicherheit
- geringes Gewicht, wenig Platzbedarf
- grosse Materialverfügbarkeit

4.2 Nicht leitungsgebundene Störungen

Auch hier kann das Grundübel gleich beim Namen genannt werden:

Prinzipiell kann jede Leitung, jedes elektronische System und jedes elektrisch leitende Material (inkl. Mensch!) als Sende- oder Empfangsantenne wirken.
--

Damit ist klar:

- jeder **Sender** (Radio, TV, Funk, Handy ...) und jedes andere elektrische System kann als **Störquelle** wirken. Namentlich solche mit hohen Strömen oder hohen Spannungen oder hohen Frequenzen (z.B. Taktraten von PCs!).
Störquellen bei PCs:
 - getakteter Mikroprozessor mit Frequenzen im MHz- bis GHz-Bereich
 - getaktetes Schaltnetzteil (einige Dutzend kHz)
 - Kommunikationsgeräte und ihre Übertragungskabel
- jeder Empfänger oder jedes andere empfindliche elektrische System ist störfähig

Die Störungen reichen von der einfachen Interferenz mit "lediglich" verminderter Empfangsqualität z.B. eines Handys bis zur kompletten Funktionsstörung lebenswichtiger Systeme (Medizin, Verkehrssysteme). So werden vielleicht die strikten Vorschriften bezüglich Handy und Notebook im Flugwesen verständlich.

Weitere verbreitete Störquellen:

Jeder **elektrische Funke** erzeugt breitbandige (=viele Frequenzen enthaltende) Hochfrequenzstörungen!

Solche Funken entstehen z.B.

- bei jedem Licht- und Maschinenschalter !
- bei Verbrennungsmotoren mit Zündkerzen
- bei Türklingeln
- beim Lichtbogenschweissen (Stahlbau, Geleisebau)
- bei Wackelkontakten
- bei Gewittern

4.3. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, englisch EMC)

Die Abkürzung EMV steht für **Elektro-Magnetische Verträglichkeit** und ist die Fähigkeit eines elektronischen Systems oder Gerätes, in der elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, und selbst keine elektromagnetischen Störungen zu verursachen, die für andere Geräte unannehmbar wären.

Begriffe:

- **Störfestigkeit** oder **Störimmunität** ist die minimale geforderte Beständigkeit eines Gerätes **gegen das Einwirken** von elektromagnetischen Störungen, die galvanisch (=direkt, über leitende Verbindung), induktiv oder kapazitiv auf Leitungsanschlüsse und Gerätegehäuse eingekoppelt werden.
- **Störaussendung** ist die zulässige maximale Stärke von Störsignalen, die ein Gerät abgeben darf. Die Störaussendung wirkt hauptsächlich direkt über angeschlossene Leitungen (galvanisch), als Störsignale über Abstrahlungen vom Gehäuse bzw. internen Bauteilen (induktiv und kapazitiv) oder über Abstrahlungen von angeschlossenen Leitungen (Antennenwirkung).

4.4 Massnahmen gegen Störungseinflüsse, Verbesserung der EMV

Solche Massnahmen umfassen

- Erhöhung der Störfestigkeit.
Die Störfestigkeit von Gesamtanlagen hängt vorwiegend von der Störfestigkeit einzelner Komponenten ab.
- Verminderung der Störaussendung.
Die Störaussendung hängt stark von der Zusammenstellung einzelner Komponenten, Verdrahtung, dem Layout sowie Einbaubedingungen und dem Aufstellungsort ab.

Konkrete Massnahmen:

Netzfilter

Die Verwendung von Netzfiltern ist ein unbedingtes Muss für alle elektrischen und elektronischen Geräte, wenn die leitungsgebundene **Störaussendung** (Funkstörspannung) ausreichend gedämpft werden soll. Jedes PC-Schaltnetzteil hat umfangreiche Filter, welche verhindern, dass Störungen über das Stromnetzkabel nach aussen dringen.

Die metallischen Filtergehäuse müssen großflächig mit der Masse (Montageplatte, Gehäuse) verbunden sein.

Netzfilter erhöhen auch die allgemeine **Störfestigkeit**.

Abschirmung

Gefährdete Geräte oder potentielle Störsender generell in **Metallgehäuse** einbauen (PCs!), womit die Abschirmung gewährleistet ist. Auch einzelne Bauelemente, die stören könnten, in Metallgehäuse verpacken (Faradayscher-Käfig).

Zur Verbesserung der Störanfälligkeit und Störabstrahlung können **Leitungen generell abgeschirmt** sein. Für Netzkabel ist dies eher nicht gebräuchlich, aber bei erhöhten Anforderungen auch möglich.

Im Gehäuseinnern müssen Leitungen nicht abgeschirmt sein.

Die Abschirmung ist beim Endgerät mit der Gehäusemasse zu verbinden.

Metallische, großflächige Verbindungen

Alle metallischen Teile wie Gerätegehäuse, Filtergehäuse, Motorengehäuse und Abschirmungsgeflecht von Leitungen metallisch großflächig elektrisch leitend miteinander verbinden. Als sogenannte EMV-Masse eignet sich eine Montageplatte oder Gehäuseteil, welche als EMV-Sternpunkt dienen (ein Sternpunkt, von dem aus alle Masseleitungen gezogen werden, vermeidet Leitungsschleifen). Ebenso dienen grosse Kupferflächen auf Printplatten als EMV-Masse oder Abschirmung.

Schutzleiter, Erdung, Masse

Die Stromnetzerdung dient lediglich dem Schutz gegen gefährliche Körperströme und Berührungsspannungen.

Eine alleinige "Erdung" einer HF-Quelle über das Stromnetz ist wegen der zu hohen Leitungsimpedanz wirkungslos. Die Netzerdung ist etwas anderes als die EMV-Masse, obwohl sie elektrisch direkt miteinander verbunden sind. Die EMV-Masse hat die Aufgabe, hochfrequente Störströme direkt zur Störquelle zurückzuleiten.

Die Erdung (den Schutzleiter) einzelner Geräte immer sternförmig oder busförmig zusammenschliessen (so wie es normalerweise über die Standardnetz Kabel und Steckdosen erfolgt). Zu vermeiden sind insbesondere Erdschleifen (z.B. über Antennenkabel, Datenkabel, Audiokabel), denn diese wirken wie Antennen, und können Störungen ein- oder auskoppeln. Ungünstige Schutzleiteranschlüsse oder Leiterschleifen können andere EMV-Massnahmen wirkungslos machen.

4.5 Stichwort Elektrosmog: Störungen biologischer Systeme (Ergebnis Schülerarbeit)

Was versteht man unter Elektrosmog?

Das Wort Smog entstand aus dem englischen **Smoke** und **Fog** und bezeichnet das Resultat von starker Luftverschmutzung und ungünstiger Wetterlage mit gesundheitsschädlicher Wirkung. Elektrosmog bezeichnet die "Durchseuchung" der Luft mit künstlich erzeugten elektromagnetischen Feldern verschiedenster Frequenz und Stärke.

Es handelt sich dabei um **nichtionisierende Strahlung** (NIS), also nicht um die erwiesenermassen direkt schädliche oder tödliche **ionisierende radioaktive Strahlung**, welche die Atome in unserem Körper zerschlägt.

Elektrosmog hat mir dem andern Smog nicht viel zu tun, ausser einer denkbaren Beeinflussung biologischer Systeme.

Woher kommt Elektrosmog?

Elektrosmog kann gemäss vorherigen Ausführungen von jedem System ausgehen, wo Spannung vorhanden ist oder Strom fliesst. Also von der Nachttischlampe über PCs, Unterhaltungselektronik, Mikrowellenofen, Hausinstallationen, Radiosender, GSM/UMTS-Basisstationen, Handys, Richtstrahlverbindungen, Radar bis zu den Hochspannungsleitungen.

Elektrosmog ist "hausgemacht", jeder zivilisierte Mensch leistet seinen Beitrag an den Elektrosmog. Man kann je nach Frequenz der Felder unterscheiden oder nach dem Anteil elektrischer oder magnetischer Komponenten.

Was ist über die Bedeutung von Elektrosmog bekannt?

Grosse Leistungen elektromagnetischer Strahlung bewirken direkte **Gewebeverbrennungen** (Mikrowelleneffekt). Deshalb müssen bei Servicearbeiten an Sendern gewisse Stationen manchmal für kurze Zeit abgeschaltet werden.

Die Unsicherheit dreht sich um die kleinen Leistungen, denen wir **ununterbrochen** und **überall** ausgesetzt sind. Da auch biologische Systeme wie der Mensch aus elektrisch leitendem Material (aus Elektrolyten) bestehen und die Felder "empfangen" können, und das "Körper-Intranet", die Nervenreizleitung, über elektrische Signale kommuniziert, vermutet man biologische Wirkungen durch den Elektrosmog. Unzählige Studien belegen oder widerlegen weitere Zusammenhänge zwischen Elektrosmog und Symptomen beim Menschen. Wissenschaftlich erhärtet oder in Langzeitstudien beobachtet ist noch praktisch nichts. Erwiesen ist einzig die leichte Erwärmung des Gewebes (wie im Mikrowellenherd), z.B. im Kopf beim Mobiltelefonieren.

Weitere diskutierte Wirkungen:

- Schlafstörungen, "Nicht-Abschalten-Können", schlechte Erholung, Elektrostress
- nervliche Leiden, Kopfschmerzen, Rückenleiden
- Hormon- oder Stoffwechselstörungen
- Herz-/Kreislaufprobleme, Krebs

Was kann man gegen Elektrosmog tun? (Entstehung und Einwirkung)

- Felderzeugende Systeme oder Geräte bei Nichtgebrauch abschalten.
Standby-Geräte ganz vom Netz trennen
- Sich so wenig wie möglich selber den Feldern exponieren (Zeit, Abstand, Strahlungsstärke)
- Abstand vom Felderzeuger halten, die Wirkung elektromagnetischer Felder nimmt mit zunehmendem Abstand von der Quelle quadratisch ab.
- Strahlende Geräte oder Kabel abschirmen (in Metall einpacken)
- Veraltete Technologie ersetzen (z.B. strahlungsarme Bildschirme anschaffen)
- Netzfrei-Schalter in Hausinstallationen einbauen, damit werden nicht benutzte Geräte im Installationen spannungslos gemacht.

Gibt es gesetzliche oder technische Normen

Für Zonen mit starken Feldern gelten zum Beispiel für Arbeiter an Sendeanlagen Sicherheitsnormen zwecks Verhinderung von **akuter Gefahr**, die von der Sendeleistung und von der Frequenz abhängig sind. In Deutschland gelten folgender Richtwerte:

Senderbeispiel	Frequenzbereich [MHz]	Max. Sendeleistung [Watt]	Sicherheitsabstand [m]
TV-Sender	50 - 800	10'000 - 20'000	ca. 45
UKW-Radiosender	100	500	9,50
Natel-D-Basisstation an einer Autobahn	900	50	5,20
Natel-D-Basisstation Wohngebiet	900	10	3,50
Natel-C-Basisstation	450	32	3,20
Richtfunkantenne	3.000 - 300.000	0,5 (pro Kanal)	kein Abstand
Natel-D Handy	900	2	kein Abstand
UMTS-Handy	1.800	1	kein Abstand

In den meisten Ländern werden heute gewisse Immissionsgrenzwerte (Einwirkungsgrenzwerte) definiert. Dies kann auch über die Begrenzung der Emissionen (Abstrahlungen) z.B. in dichtbewohnten Gebieten geschehen.

Das Schweizer Umweltrecht stützt sich auf das Vorsorgeprinzip. Das heisst: Die Emissionen werden so weit wie technisch möglich und wirtschaftlich verkraftbar begrenzt. Darauf basiert die NIS-Verordnung vom 1.2.2000. Sie definiert Freihaltezonen um Sendeanlagen, die auf Grenzwerten basieren, welche zehnmal tiefer sind als die Werte, welche die Weltgesundheitsorganisation für tragbar hält. Davon erhofft man sich einen genügenden Sicherheitsabstand, auch wenn zukünftige Untersuchungen Zusammenhänge zwischen Elektrosmog und biologischen Wirkungen nachweisen sollten.

Zur Zeit dreht sich die Frage noch darum, wie die Strahlung überhaupt gemessen werden soll und zu wessen Gunsten die Unsicherheiten ausgelegt werden. Wie häufig bei solchen Angelegenheiten richtet man sich nach dem gegenwärtigen "Stand der Technik" (was oft gleichbedeutend ist mit dem aktuellen "Stand des Irrtums"...).

Siehe auch z.B.:

www.bag.admin.ch/strahlen/nonionisant/pdf/d/Mob_tel_d.pdf

und zahlreiche weitere Dokumente im Netz:

Mögliche Suchbegriffe:

immission, grenzwert, elektromagnetisch, strahlung, NIS