

## Kapitel 14

# Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Elektromagnetische Verträglichkeit kann man grob in zwei Bereiche unterteilen. Einerseits sollen Geräte so entwickelt werden, um andere Baugruppen nicht zu stören oder deren Funktion zu beeinträchtigen. Dieser Bereich wird vom Fachgebiet „Elektromagnetische Aussendung“ erfasst. Andererseits sollen Elektrogeräte so aufgebaut sein, dass sie trotz der Anwesenheit von Störsignalen funktionieren. Mit diesem Bereich beschäftigt sich die „Elektromagnetische Beeinflussbarkeit“. Die unerwünschte gegenseitige Beeinflussung ist in der Elektronik nicht nur eine Frage der Technik, sondern auch ein rechtliches Thema.

EMV bedeutet das Fehlen von negativen Einwirkungen auf andere Geräte, die Funktionsstörungen hervorrufen, sofern bestimmte Mindestabstände eingehalten werden. Ausgelöst werden diese durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder und andere Vorgänge. Wesentlich dazu ist ein guter, sachgerecht durchgeführter konstruktiver Aufbau.

Die Europäische EMV-Richtlinie definiert elektromagnetische Verträglichkeit wie folgt: „... die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.“

Viele haben schon lästige Geräusche wahrgenommen, wenn z.B. ein GSM Handy zu nahe an einem Radio liegt, und gerade ein Telefongespräch eintrifft, oder sich das Handy erneut einbucht. Bekannt sind auch Störgeräusche, die durch Funkenflug von Elektromotoren ausgelöst werden, und in Audiogeräten Störungen verursachen. Diese und viele andere Effekte können auftreten, wenn sich unterschiedliche elektronische oder elektrische Geräte gegenseitig beeinflussen.

Aus diesen Gründen werden **Schutzanforderungen** gestellt, die jedes verkaufte Gerät einhalten soll. Durch diese soll sichergestellt werden, dass einerseits die Störaussendungen der Geräte so gering sind, dass andere Baugruppen wie Radios usw. nicht unzulässig beeinflusst werden. Andererseits sollen eben die zu erwartenden möglichen Störsituationen durch Fremdgeräte die eigene Funktion nicht beeinträchtigen. Das Gerät muss also genügend Störfestigkeit aufweisen. Dabei spielen nicht nur nationale Vorschriften eine Rolle. Weitgehend werden diese Normen auf internationaler Ebene abgeglichen.

### 14.1 Elektromagnetische Aussendung (EMA)

Bei Geräten, die hochfrequente Funkübertragung nutzen, muss man zwischen erwünschten und unerwünschten Abstrahlungen unterscheiden. **Die EMV beschäftigt sich im Wesentlichen mit den Störaussendungen, die nicht der Funktion entsprechen.** Es gibt dafür eine Reihe von EU-weit einheitlichen Normen und Verordnungen, die je nach Anlagentyp unterschiedliche Anforderungen an die Geräte stellen. Das Einhalten verschiedener EMV-Richtlinien ist Voraussetzung für die Vergabe des CE Prüfzeichens. Wenn diese Vorgaben von den Herstellern nicht oder nur teilweise erreicht werden, können andere Geräte in ihrer Funktion negativ beeinflusst werden.

Die Ausgangsleistungspegel von gewünschten Hochfrequenzsignalen sind nicht durch die EMV geregelt, sondern wird anderwertig festgelegt. Dabei spielt in Zusammenhang mit EU-weiten Institutionen die Oberste Fernmeldebehörde im Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie eine Rolle.

Für Geräte der Unterhaltungselektronik sind die Vorgaben bezüglich maximaler Störaussendungen in der Europeanorm EN 55022 festgelegt. Diese Norm wurde zuletzt 2017 überarbeitet veröffentlicht.

## 14.2 Elektromagnetische Beeinflussbarkeit (EMB)

Wenn von außen Störsignale auf Geräte einwirken, sollen diese dennoch möglichst zufriedenstellend funktionieren. Sie sollen also eine gewisse Störsicherheit aufweisen. Diese Störsignale können z.B. von Geräten einwirken, die in der Nähe hochfrequente Strahlungen über Antennen oder Leitungen abgeben, und z.B. über Anschluss- und Versorgungsleitungen in das Gerät eindringen.

Um die notwendigen Anforderungen zu erreichen, ist ein gewisser Aufwand nötig. Es gibt konstruktive Maßnahmen, wie z.B. die **Abschirmung** eines Gerätes. Eine weitere Möglichkeit ist es, die **Selektivität** von Eingangsstufen zu erhöhen, also unerwünschte Signale nach Antennen bzw. Zuleitungen zu filtern. Diese Maßnahmen sind mit höheren Entwicklungs- und Fertigungskosten verbunden. Deswegen kommt es immer wieder zu Konflikten verschiedener Interessensgruppen der Industrie mit den Regulierungsbehörden.

Es ist unmöglich, in der Nähe von Sendeanlagen die elektromagnetischen Felder auf einen beliebig kleinen Wert zu senken. Deswegen wurden für andere Elektronikgeräte Mindestanforderungen für die Störsicherheit definiert. Früher wurden dabei z.B. mögliche Störungen durch Rundfunksender bedacht. Die Anforderungen in Bezug auf Stärke und Frequenzbereiche wurden laufend erweitert, da sich die Anzahl mobiler Geräte, die Funkübertragung nutzen, enorm gesteigert hat.

Auswirkungen elektromagnetischer Einstreuungen können z.B. Nebengeräusche in Audiogeräten sein. Diese könnten bei PA-Anlagen oder bei Hörgeräten bedenklich werden. Gefährlich könnten sich Störsignale bei medizinischen Geräten auswirken, aber auch bei Funktionsstörungen in der Automobiltechnologie oder bei Flugzeugen. Aus diesen Gründen gibt es je nach Anwendungsfall unterschiedlich streng ausgelegte Sicherheitsvorschriften.

Es gibt eine Reihe an Normen, die unterschiedliche Mindestanforderungen elektronischer Geräte für das Inverkehrbringen regeln. Verschiedene Produktbereiche sind die Unterhaltungselektronik, Haushaltselektrogeräte, IT-Geräte, Medizinprodukte, Industrieelektronik, Fahrzeugelektronik, Flugzeugelektronik und Militärelektronik. Die vertraglichen Mindestfeldstärken variieren stark, und hängen von der Entfernung und vom betrachteten Frequenzbereich ab. Übliche Werte reichen z.B. von 3 V/m bis 5670 V/m.

Natürlich dürfen die Geräte besser aufgebaut sein als es die Mindestanforderungen verlangen, was jedoch im Allgemeinen die Herstellungskosten erhöhen wird. Es gibt widerrechtliche Fälle, wo die Mindestanforderungen nur bei Prüfprototypen erreicht wurden, und die Seriengeräte minderwertiger ausgeführt worden sind. Verschiedene Institutionen führen an Stichproben Messungen durch.

Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Mindestanforderungen? Als Beispiel zurück zum Radio: Es soll nach diesem Standard bis zu Störfeldstärken von 3 V/m sauber funktionieren. Bei höheren Einstreuungen darf es z.B. Störgeräusche von sich geben oder nicht mehr korrekt funktionieren. Bei der Einwirkung eines GSM Signals aus kurzer Distanz könnte es im Modulationstakt knacken (bei GSM erfolgt eine Pulsrate im Zeitschlitzverfahren mit 217 Hz).

## 14.3 Einstreuungsarten und Auswirkungen von Störsignalen

Ein Modell zur Beschreibung von verschiedenen Einstreuungsarten geht von folgenden Szenarien aus: Ein Quelle (source) wirkt als Sender von Störsignalen, und beeinflusst die **Senke** (victim bzw. load). Die Wege dort hin werden als Kopplung bezeichnet.

Man unterscheidet zwischen zeitlich veränderlichen (**dynamischen**) Störungen, z.B. verursacht durch **wechselstromführende** Leiter, und **statische Störungen**, die **sich nicht verändern**.

- **Strahlungskopplung:** Hier wirkt ein elektromagnetisches Feld auf die Senke ein. Dabei können verschiedene Anschlusskabel oder Leiterplattenabschnitte auf der Platine als Antenne wirken, und Funksignale aufnehmen.
- **Induktive Kopplung:** Damit ist der Einfluss auf die Senke durch einwirkende Magnetfelder gemeint. Diese Magnetfeldeinstreuung wird oft durch Leiterschleifen aufgenommen. Die Vermeidung von unnötigen Schleifen ist daher für dieses Thema von hoher Bedeutung.

Abbildung 14.1: Übliche Kopplungsarten zwischen Quelle und Senke.

- **Kapazitive Kopplung:** Hiermit wird die Beeinflussung durch ein **elektrisches Feld** gemeint. Zur Überkopplung kommt es z.B. zwischen parallel geführten Leiterbahnen auf der Platine, oder über parallel geführte Leiter in Kabel.
- **Impedanzkopplung oder galvanische Kopplung:** Sie entsteht durch gemeinsame Impedanzen der Senke mit dem Störer. Dafür kommen gemeinsame Bauteile, Leiterabschnitte oder Verbindungselemente in Frage. Wichtig dabei sind gut dimensionierte Massebahnen und eine ausreichende Anzahl von gut aufeinander abgestimmten Abblockkondensatoren.

**Leitungsgebundene Störungen** werden vom Störer über gemeinsame Versorgungs- oder andere signalführende Leitungen zur Senke übertragen. Hier könnte z.B. ein Knacken im Lautsprecher eines Verstärkers durch das Abschalten des Kompressors im Tiefkühlschrank verursacht werden, der sich automatisch aufgrund der erreichten Temperatur deaktiviert. Dadurch können Spannungsimpulse erzeugt werden, die über die Versorgungsleitung zur Senke (in dem Fall der Verstärker) weitergetragen werden. Abhilfe könnte eine **Filterung** schaffen.

**Feldgebundene Störungen** entstehen durch kapazitive und induktive Beeinflussungen. Hier können z.B. Leiter als Antennen wirken und so Störsignale einspeisen. Das bereits erwähnte Knacken im Radio wäre hier als Beispiel zu sehen.

Wie legt man nun **Schutzmaßnahmen** von Geräten EMV-gerecht aus, sodass Störungen möglichst vermieden werden können?

Dazu gibt es folgende Schritte:

- **Allgemeine Maßnahmen zur Störungsvermeidung**
- **Quelle: Reduktion der Störungsausbreitung**
- **Senke: Reduktion der Störungsauswirkungen**

#### Realisierungsmöglichkeiten von Schutzmaßnahmen:

- Ein allgemeiner Ansatz dazu ist es, die vorkommenden Frequenzen und **Flankensteilheiten** genügend **klein zu halten**, sodass im Spektrum keine hohen Frequenzen vorkommen, die sich danach ungewollt ausbreiten können. Oft ist dies aber nicht möglich (PCs arbeiten mit tendenziell hohen Taktfrequenzen, Leistungselektronik hat oftmals steile Flanken bei hoher Effizienz).
- Daher kann versucht werden, schon bei der **Leiterplattenentwicklung** die Störrentstehung zu verhindern, und die evt. Ausbreitung zu unterbinden. Dazu sollen schnell ändernde Ströme möglichst kurze Wege auf den Platinen nehmen, damit **Leiterbahnen möglichst nicht als Antenne wirken** können. **Schirmungen** und **Filterungen** sind weitere sinnvolle Schutzmaßnahmen.

- Symmetrische Signale werden wie auch in der Netzwerktechnik üblich oft **verdrillt** geführt. Dieser Schutz wirkt in beide Richtungen, sowohl gegen Abstrahlung, als auch gegen Einstreuung. **Abstrahlung** und **Beeinflussung** können sich damit **weitgehend reduzieren** lassen.

Ein weiteres wichtiges Thema dazu ist je nach Situation zu entscheiden, ob die Schaltungsmassen entweder zusammengeschlossen oder unterbrochen werden, bzw. wie die **Massen ausgeführt werden**:

- **Erdschleifen** lassen sich oft durch eine **Potenzialtrennung** vermeiden. Darin fließende Ströme können durch sog. Mantelstromfilter verkleinert werden.
- **Schirmungen von Kabeln und von Gehäusen** können das Eindringen und die Abstrahlung von hochfrequenten Anteilen stark verringern (vgl. Faradayscher Käfig).
- **Masseverbindungen** können breit und induktionsarm geführt werden, um Potenzialunterschiede zu verkleinern.

Das Einwirken von elektromagnetischen Wellen in elektronischen Schaltkreisen kann Spannungen oder Ströme hervorrufen, die die Elektronik stören, oder zum Ausfall bringen können. Die EMV soll also sicherstellen, dass elektronische Geräte wie die Steuereinheiten von Fahrzeugen oder Flugzeugen bis hin zu implantierten Geräten wie Herzschrittmachern oder Defibrillatoren mindestens bis zu einem bestimmten Störfeld keine Fehlfunktionen aufweisen. Gerade in Flugzeugen galten hier viele Jahre lang sehr strikte Vorschriften. Erst in letzter Zeit wird der Betrieb von Mobiltelefonen in Flugzeugen nach und nach unter bestimmten Auflagen freigegeben, meist aber nicht während der kritischen Phasen von Starts oder Landungen.

Aus all diesen Gründen müssen elektronische Geräte, die in der EU in den Verkehr gebracht werden, bestimmte EMV Auflagen erfüllen. Sie müssen bestimmte Schutzanforderungen einhalten, die durch Grenzwerte betreffend Störaussendung und Störfestigkeit in verschiedenen Normen festgelegt sind. Man findet Informationen in verschiedenen EMV-Richtlinien, die gemeinsam oft mit der Niederspannungsrichtlinie im Rahmen der CE-Kennzeichnung einzuhalten sind. Die EMV Tauglichkeit kann durch Messungen oder evt. durch andere Nachweisverfahren erbracht werden.

Neben den EU Normen gibt es im österreichischen Bundesrecht eine Rechtsvorschrift für die Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung, die online im Bundeskanzleramt abrufbar ist. Die Umsetzung in Österreich scheint laut der Wirtschaftskammer im BGBl. Nr. 106/1993 Elektrotechnikgesetz 1992 - ETG 1992 auf, geändert durch BGBl. I Nr. 27/2017 und dem BGBl. II Nr. 22/2016 Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2015 - EMVV 2015.

Die Richtlinien definieren wesentliche Anforderungen, die beim bestimmungsgemäßen Betrieb erfüllt werden müssen. Die Normen können bei Austrian Standards International und elektrotechnische Normen beim Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE) bezogen werden. Von ETSI herausgegebene Normen stehen zum Download zur Verfügung.

Die Konformitätsbewertung erfolgt mittels interner Fertigungskontrolle vom Hersteller des Gerätes selbst oder im Rahmen der EU-Baumusterprüfung bei einer notifizierten Stelle. Diese Stellen können z.B. auf der Homepage der Europäischen Kommission bzw. über EUR-Lex vom Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union gefunden werden (zuletzt abgerufen am 31.3.2022).