

# Ergänzung zum Beitrag in FA 09/20, S. 733 ff. „Billiges Steckernetzteil als EMV-Störungsquelle“

Nachfolgend einige ergänzende Bemerkungen, die in der gedruckten Ausgabe keinen Platz mehr fanden.

## ■ Grundlegendes zur elektromagnetischen Verträglichkeit

Arbeitet ein elektrisches Gerät intern mit Hochfrequenz, egal ob Schaltkontakte, Kommutatormotoren in Haushaltgeräten, Computer oder Leistungselektronik, so ist dafür zu sorgen, dass die HF im Gerät bleibt. Ausnahme sind natürlich Sender oder industrielle und medizinische Hochfrequenzgeneratoren, da darf nur die Nutzfrequenz das Gerät verlassen.

Ist ein Gerät viel kleiner als die Wellenlänge der Störfrequenz, so ist die direkte Abstrahlung aus dem Gerät vernachlässigbar, die Störleistung breitet sich dann längs vorhandener Leitungen aus. Aber die Dämpfung von in der Mauer verlegten Leitungen ist ab 30 MHz so hoch, dass unterhalb die leitungsgebundene Ausbreitung dominiert.

Liegen Leitungen dicht beieinander, z. B. im gleichen Kabelgraben, gibt es Überkopplungen. So ein Störfall legte vor Jahren meinen DSL-Anschluss lahm: Ein defektes Netzteil, ein paar Häuser weiter, koppelte seine Energie ins Stromnetz und von dort auf mein parallelliegendes Telefonkabel. Auch jede Straßenlampe wirkte als sekundäre Antenne.

Die strahlungsgebundene Ausbreitung als elektromagnetische Welle setzt wirksame Antennen für die Störfrequenzen im oder am Gerät voraus; sind die Geräteabmessungen Vielfache von  $\lambda/4$ , so ist die Abstrahlung direkt aus der Schaltung bzw. dem Gerät besonders stark. Sonst wirken die am Gerät angeschlossenen, frei hängenden Leitungen wie endgespeiste Antennen. Im Fall Steckernetzteil ist es die Niederspannungsleitung und das Leitungsnetz in der Wand ist das Gegengewicht.

Selbst bei 100 MHz dominiert bei kleinen Hausgeräten wie Staubsauger, Handmixer oder Bohrmaschine die Abstrahlung über das meist freihängende Netzkabel. Der erste Schritt zur EMV-gerechten Konstruktion ist, den Austritt von Störspannungen über die am Gerät angeschlossene Leitungen zu verhindern. Damit wird sowohl die Störausbreitung im Stromnetz als auch die Antennenwirkung der Leitungen am Gerät unterbunden.

Die Basisideen sind der hochfrequente Potenzialausgleich, also alle Leitungen, die das Gerät verlassen, hochfrequenzmäßig

auf das Bezugspotenzial („Masse“) zu legen und die Leitungen für Hochfrequenz unpassierbar zu machen – natürlich ohne die Nutzsignale zu beeinflussen!

In der EMV-Technik unterscheidet man Gleich- und Gegentaktstörer, in Bild A.1 wird das mit drei Störquellen SQ1...SQ3 symbolisiert: Der Gegentaktstörer nach Bild A.1 oben überlagert sowohl der Eingangs- als auch der Ausgangsspannung seine interne Störung. Die Störströme schließen sich über das Stromnetz und über den Verbraucher. Da bei einem Kabel Hin- und Rückleiter dicht nebeneinander liegen, kompensieren sich die Felder nach außen und die Antennenwirkung der Kabel ist gering. Dafür werden der Verbraucher und andere, am Stromnetz betriebene Geräte direkt mit Störleistung versorgt.

Die erste Entstörmaßnahme ist ein sogenannter X-Kondensator zwischen den Netzleitern, der die Störspannung der Störquelle SQ2 kurzschließt. Der Gleichtaktstörer nach Bild A.1 unten baut seine Störspannung SQ3 zwischen Eingangs- und

Ausgangsseite auf. Solange der Verbraucher erdfrei und die Leitung zum Verbraucher sehr kurz ist, ist die Störwirkung gering, weil es entweder keinen Rückweg zum Stromnetz (z. B. über den Schutzleiter) gibt oder die Länge der Verbraucherleitung viel kürzer als  $\lambda/4$  ist und sie damit kaum als wirksame Antenne fungiert. Die erste Entstörmaßnahme ist ein Y-Kondensator, der die Bezugspotenziale von Primär- und Sekundärseite verbindet und damit die Störquelle SQ3 mit ihrer Koppelkapazität  $C_k$  teilweise kurzschließt.

Genau hier liegt der Knackpunkt im oben beschriebenen Störfall: Die Leitung vom Steckernetzteil zur Leuchte war viele Meter lang, also eine ideale Antenne und der Y-Kondensator war eingespart!

### Wie funktioniert ein Entstörfilter?

Ein Entstörfilter ist ein Hochrisikobauteil. Es hängt meist ständig am Stromnetz, wie bei Steckernetzteilen und allen elektronischen Geräten, die keinen „echten“ Netzschalter haben. Überspannungsspitzen auf der Netzspannung setzen den Entstörkondensatoren zu, deshalb müssen sie Spitzenspannungen von 4 kV aushalten und dürfen im Fehlerfall nicht brennen. Die Y-Kondensatoren (siehe unten) überbrücken zusätzlich Isolationsbarrieren zwischen Netz- und Niederspannungsseite und stellen bei Ausfall eine Lebensgefahr dar, denn nicht jeder Steckdose ist ein 30-mA-FI-Schalter zugeordnet.

Leider zeigt die Erfahrung, dass auch die Produkte seriöser Hersteller nach einigen Jahren Dauerstress bisweilen zu pyrotechnischen Effekten neigen. Bild A.2 zeigt die Funktionsweise eines einfachen Entstörfilters. EMV-Filter sind überwiegend „reflektierende“ Filter, sie schaffen eine möglichst große Fehlanpassung zwischen Störquelle und Leitung und minimieren so den Leistungsfluss von der Störquelle in die Leitung.

– Mindestens ein X-Kondensator (für Dauerbetrieb am Stromnetz konstruiert) schließt die Gegentakt-Störspannung am Netzeingang kurz. X-Kondensatoren dürfen beliebige Kapazität haben, üblich sind 0,1...2,2  $\mu\text{F}$ . Die obere Grenze bestimmen der Preis und das Bauvolumen!

– Idealerweise zwei Y-Kondensatoren (mit erhöhter Sicherheit gegen Durchschlag) verbinden die Netzleiter mit dem Masse- oder Gehäusepotenzial des Gerätes. Da sie auch im Normalbetrieb einen kleinen

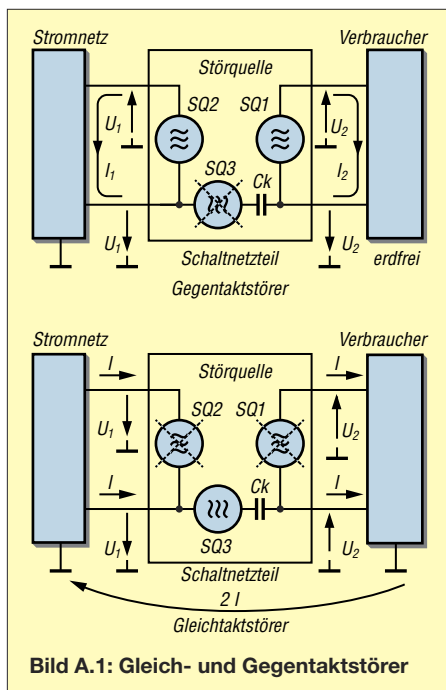


Bild A.1: Gleich- und Gegentaktstörer

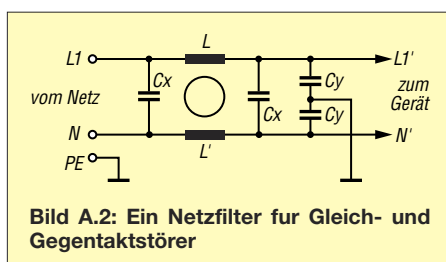


Bild A.2: Ein Netzfilter für Gleich- und Gegentaktstörer

50-Hz-Ableitstrom (0,15...0,3 mA) zum Verbraucher erzeugen, dürfen sie bei normalen Geräten maximal 4,7 nF haben. X- und Y-Kondensatoren werden oft in einem Gehäuse vereinigt und finden sich in motorbetriebenen Elektro-Kleingeräten.

Eine weitere Entstörung bringt eine „stromkompensierte Doppeldrossel“, beide Wicklungen sind so gepolt, dass der 50-Hz-Betriebsstrom keinen magnetischen Fluss im Kern hervorruft. Damit tritt auch bei hohen Strömen keine Vormagnetisierung des Kerns auf und mit einem kleinen Ferritringkern sind Induktivitäten von 10...47 mH erreichbar. Damit ist die Netzleitung für Gleichtaktstörungen unpassierbar und die Drossel zwingt den Gleichtakt-Störstrom zum Weg über die Y-Kondensatoren.

Diese Drossel hat aufbaubedingt eine große Streuinduktivität, denn die zwei Teilwicklungen sind mit Abstand getrennt auf den Kern gewickelt, um die Spannungsfestigkeit im Kilovolt-Bereich zu garantieren.

Die Streuinduktivität unterstützt die Wirkung des X-Kondensators für Gegentaktstörungen, oft findet man am anderen Ende einen zweiten X-Kondensator wie in Bild A.2