

# Schirmung

## Störfelder

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein Magnetfeld, das auch auf benachbarte Leitungen einwirkt. Bei der Konzeption von Bordnetzen und deren Aufbau und Komponenten muss dieser Umstand berücksichtigt werden. Bei Bordnetzen mit Hochvoltbatterien und Wechselstrommaschinen ist dieser Einfluss noch grösser als bei einem herkömmlichen Bordnetz. Hier gilt es der elektromagnetischen Verträglichkeit EMV ein besonderes Augenmerk zu widmen. Dabei müssen die magnetischen Felder auch so beschränkt werden, dass sie keine schädlichen Auswirkungen auf Menschen haben.

Die Störungen entstehen, wenn ein Kabel in den Einflussbereich des Magnetfeldes eines benachbarten Kabels kommt. Die Richtung des Magnetfeldes ist dabei von der Stromrichtung abhängig (Bild 1). Je höher die Stromstärke im Kabel, desto stärker wird das Magnetfeld. Bei Wechselstrom kommt der Umstand dazu, dass mit der wechselnden Stromrichtung auch die Magnetfelder die Polarität wechseln. Durch diesen Wechsel wird in Leitern, welche von diesen Feldern durchdringt werden, eine Spannung induziert.

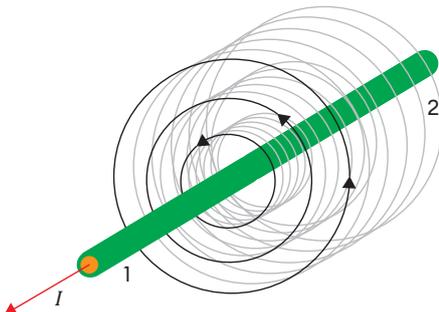


Bild 1: Magnetfeld um einen Leiter

1. Leiter
2. Magnetfeld

In einem Hochvoltbordnetz wird über die Leistungselektronik der Gleichstrom aus der Batterie in einen Drei-Phasen-Wechselstrom umgewandelt. Im Umrichter wird der Gleichstrom mit einem PWM-Signal umgewandelt. Dieses getaktete Ein- und Ausschalten erzeugt die beschriebenen Störungen. Diese überlagern somit zeitweise den Laststrom und wirken sich bis auf die Batterie aus. Um diesen Auswirkungen der magnetischen Felder entgegenzuwirken, gibt es verschiedene Möglichkeiten. In Hochvoltbordnetzen werden hauptsächlich zwei Arten eingesetzt. Die Kabel werden abgeschirmt oder es werden Filter verbaut.

## Abschirmung

Die Abschirmung soll nun dafür sorgen, dass die Auswirkungen der Störfelder reduziert werden und nicht so stark auf die Leiter wirken. Für die Schirmung werden Werkstoffe verwendet, die nicht magnetisch sind wie z.B. Kupfer oder Aluminium. Der Schirm besteht aus zwei Schichten geflochtenen Drähten, die gegenseitig

verlaufen und miteinander verbunden sind. Dabei ist darauf zu achten, dass das Drahtgeflecht so viel Fläche des Leiters wie möglich abdeckt. Der Drahtquerschnitt richtet sich nach der verlangten Wirkung der Abschirmung. Der Aufbau der Abschirmung wird so gewählt, dass den zu erwartenden Störfeldern möglichst gut entgegengewirkt wird. Je nach Störquelle können auch verschiedene Konzepte eingesetzt werden. Es gibt Abschirmungen ohne Masseanschluss oder mit einem oder sogar zwei Masseanschlüssen. Im Hochvoltbordnetz wird dies mit einer Leiterschleife realisiert, welche durch den Schirm der Leistungselektronik und der Batterie gebildet wird (Bild 2). Durch diesen Aufbau wird praktisch der komplette magnetische Fluss, welcher durch den Strom in einem Hochvoltkabel entsteht, abgedeckt. Im Schirm wird durch diesen Aufbau eine Spannung induziert. Daraus entsteht in der Schleife der Abschirmung (gelbe Pfeile in Bild 2) ein Strom, der in entgegengesetzter Richtung zum Laststrom verläuft. Die daraus resultierende Schirmwirkung wird durch die Kompensation der Magnetfelder erzeugt. Das entstehende Magnetfeld des Schirmstroms kompensiert das Magnetfeld, welches durch den Laststrom im Leiter erzeugt wird. Der Schirmstrom kann dabei ebenfalls kurzzeitige Spitzenwerte von 100 A erreichen. Das bedeutet, der Schirm selbst und die Kontakte müssen für diese Stromspitzen ausgelegt sein. Die aus dem Schirmstrom resultierenden Magnetfelder erreichen nicht die gleiche Stärke wie die Magnetfelder, welche als Störfelder die anderen Leitungen beeinflussen. Somit ist auch keine 100-%-Schirmwirkung gegeben. Ein Grund dafür ist die Impedanz, welche der Schirm aufweist. Ein weiterer Grund ist, dass zwischen Leiter und Schirm der magnetische Fluss nicht vollständig übertragen wird. Zu den Nachteilen von abgeschirmten Leitern gehört auch die aufwendigere Konstruktion. Zudem sind die Kabel durch den Drahtschirm weniger flexibel und die Masse wird grösser.

## Filterung

Setzt man statt auf eine Abschirmung auf Filter, bringt das weitere Vorteile. Die Filter können nahe bei der Entstehung von Störquellen eingebaut werden und so kann man das Problem direkt bei der Entstehung bekämpfen. Durch den Wegfall des Schirms muss man auch nicht beachten, ob die Schirmströme selbst Störungen auf der Masseseite erzeugen. Diese können selber auch zu Störimpulsen

# Bordnetzstruktur

zwischen dem Hochvoltnetz und dem herkömmlichen 12-V-Netz führen. Als Filter werden LC-Filter verwendet. Die-



Bild 3: Filteraufbau

1. AC/DC-Wandler
2. DC/DC-Wandler

se bestehen aus einer oder mehreren Spulen (L) und einem Kondensator (C). In Bild 3 ist ein Filter dargestellt. Dabei handelt es sich um einen Filter mit zwei Spulen und einem Kondensator. Je nach Anforderung an den Filter kann die Anzahl Bauteile variieren. Solche Filter werden oft direkt in der Leistungselektronik verbaut. Da der AC/DC-Wandler meist mehrere DC/DC-Wandler versorgt, kann man die Störungen direkt am Bauteil reduzieren. Auch in Ladestationen werden am Ausgang ein oder sogar zwei solche Filter verbaut. Die Filterung und die daraus resultierende Dämpfung direkt an der Leitung sorgen dafür, dass die Beeinflussung zwischen Hochvolt- und Niedervoltnetz merklich abnimmt. Die Herausforderung bei Bordnetzen ohne Schirmung liegt zusätzlich beim Einhalten der ICNIRP-Richtlinien (Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric and Magnetic Fields 1 Hz – 100 kHz). Diese befassen sich mit den Auswirkungen der Störquellen auf Lebewesen und nicht auf technische Einrichtungen. Durch die Vorgaben dieser Richtlinien bei tiefen Frequenzen muss hier je nach Frequenz auf die Dimensionierung der Bauteile geachtet werden. Die Wirkung solcher Filter nimmt in den tiefen Frequenzbereichen immer mehr ab. Das Problem ist dann oftmals, dass die Kondensatoren und Spulen so dimensioniert werden müssten, dass sie aufgrund des kleinen Platzangebotes in den Bauteilen keinen Platz mehr hätten. Eine Besonderheit, welche bei den ICNIRP-Richtlinien zu beachten ist, besteht darin, dass hier die Störungen in der Summe betrachtet werden. Somit werden die Störungen der verschiedenen Bordnetze addiert. Das bedeutet, auch das herkömmliche 12-V-Bordnetz muss entsprechend abgeschirmt oder mit Filtern ausgestattet sein. Dafür hilft hier die Karosserie beim Dämpfen der Wirkung auf die Insassen. Die meisten Bodengruppen aus Metall dämpfen von sich aus bereits einen grossen Teil der Strahlung ab. Beim Einsatz von Leichtbauwerkstoffen wie Kunststoff oder Kohlefaser muss diese Wirkung wieder neu beurteilt werden.

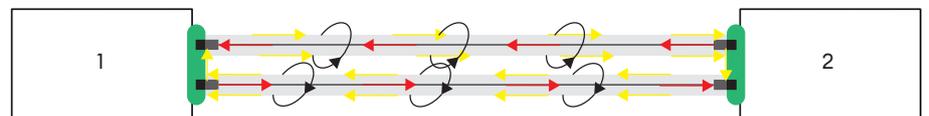


Bild 2: Abschirmung

1. Batterie
  2. Leistungselektronik
- Laststrom  
→ Schirmstrom  
↻ Magnetfeld