



Grafiken/ Foto: Autor

# Reduzierung magnetischer Wechselfelder in Elektroanlagen

1 – Emissionsarme  
Fußbodenheizung  
(Zweileiter)

Martin Schauer

Magnetische Wechselfelder durchdringen nahezu alle Baumaterialien und können, im Gegensatz zu elektrischen Wechselfeldern, nur mit kostenintensiven Abschirmungen oder Kompensationsmaßnahmen reduziert werden. Daher gilt hier der Grundsatz, unnötige Fehlströme zuerst durch schaltungstechnische Maßnahmen in der Elektroanlage zu reduzieren.

Martin Schauer, Elektrotechniker-Meister, EMV-Messtechnik Würzburg, [www.elq.de](http://www.elq.de)

Flimmernde Bildschirme? – Häufig ist dies ein Hinweis auf magnetische Wechselfelder! Diese wirken nicht nur auf Personen, sondern auch auf Computermonitore mit Kathodenstrahlröhren (CRT) ein. Oft liegt die Ursache darin, dass es in Gebäuden mit völlig veralteten Elektroinstallationen zur Bildung von Fehlströmen kommt (vagabundierende Ströme oder auch parasitäre Bypass-Ströme genannt), die wiederum das störende Magnetfeld zur Folge haben.

## Fehlströme durch »antiquierte« Elektroinstallationen

Die häufigsten Störungen, wie z. B. flimmernde Bildschirme, werden durch Fehlströme im Gebäude und deren Magnetfelder verursacht. Fehlströme entstehen systembedingt vor allen in veralteten Elektroanlagen.

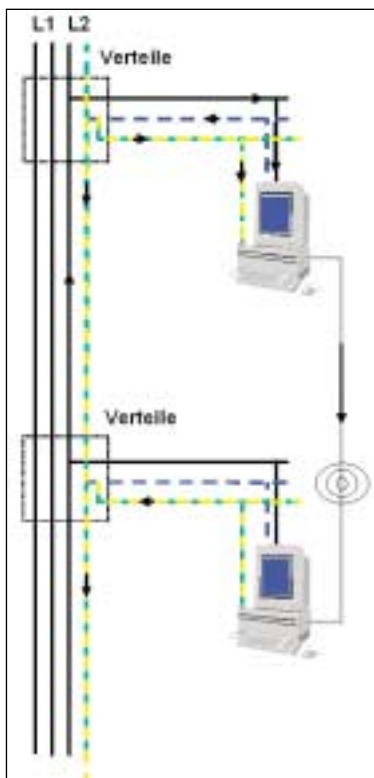
Magnetische Wechselfelder durchdringen nahezu alle am Gebäude verwendeten Baumaterialien und können im Rahmen von Reduzierungsmaßnahmen – im Gegensatz zu elektrischen Wechselfeldern – nur mit sehr kos-

tenintensiven Abschirmungen oder Kompensationsmaßnahmen reduziert werden. Daher gilt insbesondere bei magnetischen Wechselfeldern der Grundsatz, zuerst schaltungstechnische Maßnahmen in der Elektroanlage auszuschöpfen, um unnötige Fehlströme zu reduzieren.

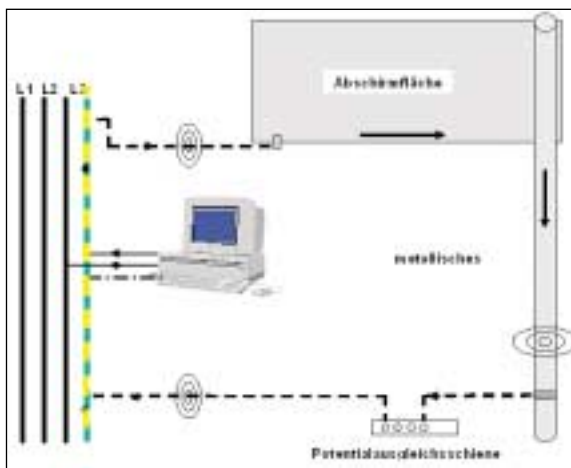
Die Höhe der Immission der durch elektrische Wechselströme verursachten magnetischen Wechselfelder ist im wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig:

- Abstand zum stromführenden Leiter
- Höhe der Stromstärke
- Konstruktion der stromführenden Objekte – Einleiter, Zweileiter, Spulen usw.

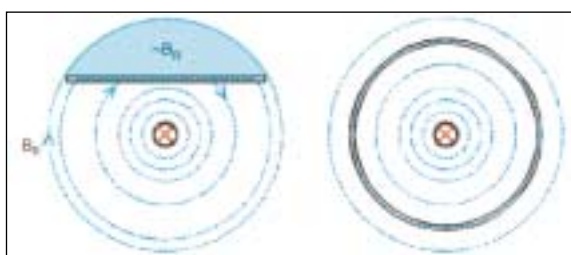
Führt ein Leiter Strom und befindet sich der Rückleiter weit entfernt, so nimmt die magnetische Flussdichte  $B$  umgekehrt proportional zum Abstand  $a$  vom Leiter ab ( $B \sim 1/a$ ; wobei »~« bedeutet: »proportional zu«). Bei Verdoppelung des Abstandes sinkt die Flussdichte also auf die Hälfte, bei Verdreifachung auf ein Drittel usw. In diesem Fall spricht man auch vom



2 - Fehlstrome über die Schirme von Datenleitungen



3 - Fehlstrome über Abschirmflächen



4 - Abschirmvarianten bei Einleiterströmen: Flächenabschirmung, wirksam (links) und geschlossene Abschirmung, unwirksam (rechts). Quelle: [2], S. 37

Feld eines »Einleiterstroms« (z. B. Potentialausgleichsleiter, Fehlstrom auf Rohren).

Verlaufen Hin- und Rückleiter parallel nahe beieinander, so kommt es zu einem Kompensationseffekt, der das aus beiden Leitern resultierende Magnetfeld verringert (»Zweileiterstrom«). Da die Ströme in den beiden Leitern in entgegengesetzte Richtungen fließen, sind auch die von den Strömen erzeugten Magnetfelder gegensinnig gerichtet und heben sich – teilweise – auf. Je näher die Leiter beieinander liegen, um so besser gelingt die Kompensation und um so kleiner ist das resultierende Magnetfeld. Bei einer völlig rotationssymmetrischen Anordnung, wie sie beim Koaxialkabel gegeben ist, wird das Magnetfeld außerhalb des Kabels zu Null. Bei einer Paralleldrahtleitung nimmt die magnetische Flussdichte etwa umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands vom Leiterpaar ab.

### Beispiel: Emissionsverhalten elektrischer Fußbodenheizungen

Welchen Einfluss die Konstruktion auf das Emissionsverhalten hat, zeigen die unterschiedlichen am Markt befindlichen elektrischen Fußbodenheizungssysteme. Vor allem ältere

Typen sind so konzipiert, dass ein Einzelleiter mäanderrförmig über die Bodenfläche ausgebreitet wird. Da hier kein Kompensationseffekt auftritt, sind Immissionen bis hin zu

einigen Mikro-Tesla ( $\mu\text{T}$ ) im Aufenthaltsbereich von Personen durchaus möglich. Zu erkennen ist dieser Typ an den zwei räumlich von einander getrennten Anschlussenden. Bei emissionsarmen Fußbodenheizungen werden Hin- und Rückleiter – »Zweileiter« eng beieinander geführt (siehe Bild 1), die dabei auftretenden Felder liegen im Aufenthaltsbereich von Personen nur noch bei etwa  $0,02 \mu\text{T}$ .



### Wie entstehen Fehlstrome?

Wie EMV-freundlich ein Niederspannungs-Energieverteilungssystem ist, hängt im wesentlichen davon ab, wie es grundsätzlich aufgebaut ist bzw. ob es Möglichkeiten der Bildung von »Fehlströmen« anbietet. Fehlströme verursachen magnetische Felder, führen zu Korrosion, können Brandschäden hervorrufen sowie elektronische Bauteile zerstören.

In vielen Gebäuden finden wir heute noch veraltete TN-C-Systeme oder die Mischform TN-C-S-System. Der Verbindungspunkt des PE-Leiters mit dem N-Leiter befindet sich dann je nach Ausführung der Installation im Stockwerkverteiler oder bei der »klassischen Nullung« in der Steckdose. Durch die hohe Anzahl der möglichen Mehrfachverbindungen zu leitfähigen Teilen im Gebäude sind in TN-C-Systemen bzw. TN-C-S-Systemen mehrere parallele Strompfade für den Rückstrom und damit höhere Fehlströme anzutreffen.

Die Problematik hat sich in den letzten Jahren auch dadurch zugespitzt, dass immer mehr informationstechnische Anlagen mit geschirmten Datenleitungen installiert werden. Hier kommt es zu weiteren Mehrfacherdungen durch Verbindungen des Leitungsschirms mit dem Gebäudepotentialausgleich, wenn der Schirm – was heute der Regelfall ist – beidseitig mit dem Potentialausgleich elektrisch leitfähig verbunden ist (Bild 2).

Eine weitere Problematik stellt der Trend zur Ausstattung von Gebäudeflächen mit elektrisch leitfähigen und geerdeten Materialien zur hochfrequenten bzw. niederfrequenten Abschirmung dar. Auch hier können ungewollte Verbindungen zwischen Abschirmmaterial und beispielsweise metallischen Rohren (Heizungsrohre) im Gebäude entstehen. Die Folge ist, dass ein Fehlstrom über die gesamte Abschirmfläche fließt (Bild 3).

### In TN-C- oder TN-C-S-Systemen sind Fehlströme programmiert

Durch die Erweiterung von Elektroinstallationen mit Anlagen der Informationstechnik mit geschirmten Datenleitungen sowie durch die Ausstattung von Gebäudeflächen mit großflächigen und geerdeten Abschirmungen



Foto: CWF EMV-Consulting AG

5 - Abschirmgehäuse TRM 205



Foto: Zeltronic

6 - Summenstromregler

sind in alten Elektroanlagen mit TN-C- oder TN-C-S-System Fehlströme vorprogrammiert. Das TN-S-System ist hier Voraussetzung für einen störungsfreien und schadfreien Betrieb ohne Fehlströme [1].

### Wie lassen sich magnetische Wechselfelder reduzieren?

#### • Abschirmungen

Fehlströme auf leitfähigen Teilen (Rohren, Gebäudekonstruktion usw.) sind immer als Einleiterströme vorzufinden.

Das heißt, hier gelten hinsichtlich des räumlichen Abklingens der Magnetfelder die »schlechten« Abstandsbedingungen. Besonders aufwändig

ist die Abschirmung von Einleiterströmen, denn sie können mit einer geschlossenen Abschirmung, z. B. Rohr aus hochpermeablem (für magnetische Feldlinien gut »leitfähigem«) Material, über einem Fehlstrom führenden Leiter nicht zuverlässig abgeschirmt werden. Konstruktionsbedingt kommt es dabei nicht zu einem Schneiden der Feldlinien. Eine flächige Abschirmung, welche die Feldlinien schneidet, kann dagegen eine deutliche Reduzierung bewirken (siehe Bild 4).

Bei flächigen Abschirmungen werden heute vorzugsweise mehrschichtige Abschirmplatten in Sandwichbauweise aus einer Kombination hochpermeabler Werkstoffe (Verdichtung und Umlenkung der Magnetfeldlinien) und elektrisch gut leitfähigen Metallen (Kompensationseffekt durch Wirbelfelder) angewandt. Die Produkte werden für viele Anwendungen hergestellt: Abschirmplatten für die Auskleidung von Raumflächen, spezielle Lösungen zur Abschirmung von Kabeltrassen sowie fertige Abschirmgehäuse für Transformatoren (Bild 5).

#### • Aktive Fehlstromkompensation

Eine relativ neue Technik ist die Summenstromregelung. Sie wurde primär entwickelt, um Nachteile des TN-C-Systems in Gebäuden auszugleichen. Durch das weitgehende Ausregeln fehlerhafter Strombilanzen werden Störungen und Feldbelastungen wirksam reduziert.

Mit Sensoren wird an den Leitungen und Kabeln der Summenstromfehler ermittelt und dem angeschlossenen Summenstromregler (Bild 6) zugeführt. Über Aktoren, die an den betreffenden Leitungen und Kabeln angebracht werden, wird eine geringe Spannung induziert. Durch diese Maßnahme wird das durch den Ausgleichsstrom/ Fehlstrom verursachte magnetische Wechselfeld stark reduziert.

Die Summenstromregelung wird auch dort eingesetzt, wo bereits ein reines TN-S-System realisiert wurde und es trotzdem zu nennenswerten Strömen durch Induktion und Ableitungen durch Geräte auf dem Schutzleiter kommt.

### Fazit

Fehlströme sind in der Regel Einleiterströme, deren Magnetfelder im Sinne einer Emissionsreduzierung ein ungünstiges Ausbreitungsverhalten haben. Einleiterströme und deren magnetische Wechselfelder können mit geschlossenen Abschirmungen nicht zuverlässig reduziert werden.

Magnetische Abschirmungen sind sehr aufwändig, ebenso das aktive Verfahren der Fehlstromkompensation. Immer sollen erst Überlegungen vorangestellt werden, wie die Entstehung von Fehlströmen verhindert werden kann. In der Praxis stößt man jedoch leider immer wieder an Grenzen, die nicht technisch, sondern wirtschaftlich oder rechtlich begründet sind.

Zwar zeigt sich in der Entwicklung der elektrotechnischen Normen hinsichtlich einer »möglichst« verbindlichen Regelung für ein TN-S-System ein positiver Trend.

Trotzdem verwundert es vor dem Hintergrund, welcher hoher volkswirtschaftlicher Schaden – neben der Belastung der Umwelt durch magnetische Wechselfelder – durch Fehlströme entsteht, dass es noch keinen »Ruck« auf Gesetzes- bzw. Verordnungsebene gegeben hat. Tatsache ist: Die Anforderungen an elektrische Anlagen sind heute vielfach höher als bei den Anlagen, welche die ersten Glühlampen zum Leuchten brachten. An der grundsätzlichen Struktur der Versorgungsnetze hat sich jedoch in über hundert Jahren nur wenig geändert.

### Literatur

[1] Schauer, Martin; Virnich, Martin H.: Baubiologische Elektrotechnik – Grundlagen, Feldmesstechnik und Praxis der Feldreduzierung, mit Beiträgen von Dr. med. univ. Gerd Oberfeld und Rainer Scherg; Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG München/Heidelberg, 2005, ISBN 3-8101-0167-2

[2] Mennekens, Rolf: Maßnahmen zur Reduzierung niederfrequenter magnetischer Wechselfelder; in: »Energieversorgung & Mobilfunk«, – Tagungsband der 4. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V., 14.-15. April 2005 in Attendorn; Im Verlag des ANBUS e.V. Fürth, 2005, ISBN 3-9808428-8-6; S. 25-42