

Ein Kabel ohne Risiken und Nebenwirkungen

In einem modernen Starkstromkabel steckt weit mehr als nur blanker Kupfer mit etwas Isolation. Es ist deshalb nicht nachvollziehbar, dass in der heutigen Zeit der Kabelpreis primär durch den Tageskurs der Kupfernotierung bestimmt wird. In jüngerer Zeit hat man nun doch erkannt, dass die elektromagnetische Umweltverträglichkeit bei der Starkstromübertragung massgebend durch die Konstruktion des Starkstromkabels bestimmt wird und somit verbunden mit Know-how ein eklatant höherer Mehrwert geschaffen werden kann.

Christian Fischbacher*

Kürzlich wurde in einer Fachzeitschrift über ein Starkstromverkabelungsproblem berichtet. Es ging dabei um die Verlegung von Einleiterkabeln in je 4-facher Ausführung pro Aussenleiter. Der Experte gab dem Fragesteller die folgenden zwei Empfehlungen ab:

B1

Einleiterkabel, parallel verlegt, $I_{\text{Tot}} \approx 1000\text{A}$



B2

Einleiterkabel, im Bündel verlegt, $I_{\text{Tot}} \approx 1000\text{A}$



Gemäss VDE 0100-540 bzw. IEC 60364-5-54 existiert die EMV-Anforderung, dass keine AC-Ströme auf Schutzleiter, Erdleiter und Potenzialausgleichsleiter fließen dürfen. Diese Forderung wird in der Praxis leider immer noch massiv verletzt, die induzierten Erdleiterströme betragen bei der Verlegung nach B1 ca. 50 A, nach B2 ca. 40 A. Es ist absolut unverständlich, dass Experten immer noch obige Empfehlungen abgeben, weil Erd-

schlaufenströme so oder so zu den ärgerlichsten EMV-Problemen in der Elektrotechnik gehören.

Im Weiteren darf es bei der Verlegung von Starkstromkabeln im Normalfall keine Rolle spielen, wie die Kabel verlegt werden, ob in Trassen, unterhalb von Decken, im Doppelboden oder in Kabelkavernen. Starkstromverbindungen müssen so ausgelegt sein, dass die magnetischen Streufelder sowie Erdschlaufenströme keine Grenzwerte verletzen, weder gesetzliche noch technische. Folgende zwei EMV-Merkmale bestimmen die NF-Qualität von Starkstromleitungen:

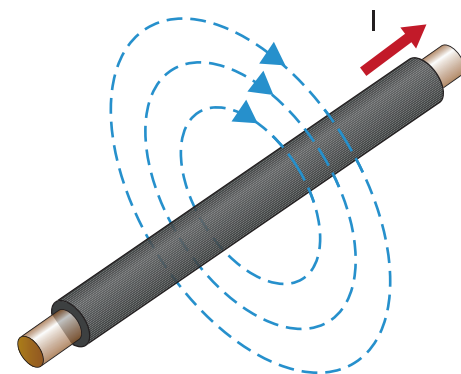
1. Das magnetische Streufeld

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Streufeld. Die Höhe dieses Streufeldes ist abhängig von der Stromstärke sowie der Anordnung der stromführenden Leiter. Die nebenstehenden Abbildungen (B3/B4) zeigen schematisch den Streufeldverlauf eines stromführenden Leiters.

Um das resultierende magnetische Streufeld zu minimieren, werden bei Starkstromverbindungen Hin- und Rückleiter möglichst nahe zusammengelegt. Noch effizienter lässt sich das Streufeld reduzieren, indem man die stromführenden Leiter zusätzlich verseilt. Dabei sollte die Schlaglänge aber optimal auf den Kabeldurchmesser abgestimmt sein. Je kleiner das Streufeld, umso höher der Wirkungsgrad und umso geringer werden ganz nebenbei auch die Übertragungsverluste.

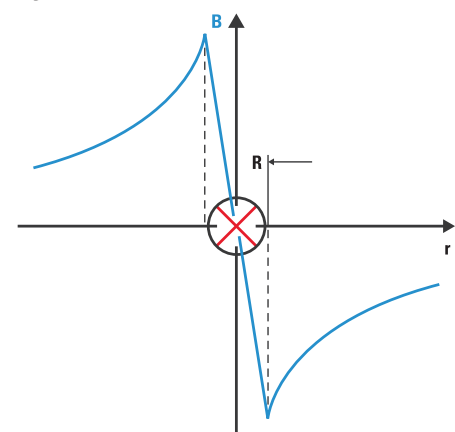
B3

Magnetfeld um einen stromdurchflossenen Leiter



B4

Magnetfeldverlauf



Folgende Installationsarten werden nun EMV-mässig miteinander verglichen:

F1

Einzelader parallel



F2

Einzelader gebündelt



F3

Standardkabel



F4

CFW PowerCable®



Damit die durchgeführten Berechnungen möglichst der Praxis entsprechen, wurden die Phasenströme unterschiedlich gewählt, damit sich auch ein Neutralleiterstrom einstellt. Die genauen Berechnungsparameter sind im Diagramm D1 eingetragen. Zudem wurden in der Simulation auch die induzierten PE-Ströme berücksichtigt, die approximativen

PE-Induktionsströme sind im Diagramm D2 ersichtlich.

Deutlich erkennt man, dass das magnetische Streufeld dank der CFW PowerCable-Technologie unvergleichlich steil abfällt, und somit werden mit dieser Technologie auch die Übertragungsverluste am kleinsten. Dies ist die Folge des zentrisch angeordneten Schutzleiters sowie der versilbten Aussenleiter. Mit der CFW PowerCable-Technologie wird der NISV-Anlagegrenzwert (1,0 µT) bereits im Abstand von ca. 35 cm eingehalten und im Abstand von ca. 1,0 m auch der empfindlichste technische Grenzwert (0,02 µT). Der Elektroplaner braucht sich also bei der Kabelführung keine Gedanken mehr über die Einhaltung von Mindestabständen zu machen, selbst bei Strömen über 1000 A.

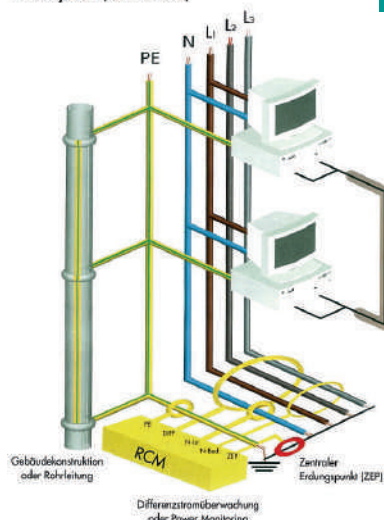
2. Induktion / Gegeninduktion

Magnetische Streufelder erzeugen in elektrisch leitenden Materialien Induktionsspannungen, die, wenn diese parallel zu den stromführenden Leiter angeordnet sind (z. B. Erdleiter, Kabeltrassen, Gas- und Wasserleitungen etc.), in sogenannte Erdschlaufenströme umgewandelt werden. Bei Nichtbeachtung dieser Problematik können so auch bei TN-S-Installationen massive Erdschlaufenströme entstehen, die nicht selten 10 bis 15 % des grössten Phasenstroms erreichen. Die unangenehmen Folgen sind beispielsweise Korrosionsschäden, lästige Magnetfelderhöhungen, galvanische und magnetische Einkopplungen auf Elektronikplatinen, Daten- und Signalleitungen sowie zusätzliche Übertragungsverluste.

Genau genommen existieren zwei Induktionsprobleme, einerseits wenn der PE geometrisch unterschiedliche Abstände zu den Aussenleitern aufweist (Induktion), andererseits wenn der PE parallel zu den Aussenleitern angeordnet

TN-S-System (5-Leiternetz)

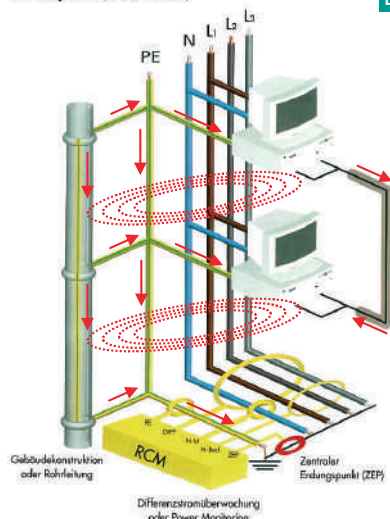
B5



B5 gilt in vielen Publikationen als EMV-günstig, da der PE im TN-S-System keine Betriebsströme führen sollte. Wird der PE jedoch analog zur Grafik parallel zu den Aussenleitern verlegt oder ist der geometrische Abstand zwischen dem PE und den Aussenleitern unterschiedlich, bilden sich erhebliche Induktionsströme.

TN-S-System (5-Leiternetz)

B6



B6 zeigt, dass der PE als Folge des Induktionsgesetzes alles andere als stromlos ist. Das rot eingezeichnete Streufeld induziert in die PE-Schleifen Induktionsspannungen, die sich in der Praxis als Erdschlaufenströme (IPE) jederzeit nachweisen lassen. Teilströme findet man auch auf Elektronikplatinen und Datenkabelabschirmungen.

RECRUITING **hb**

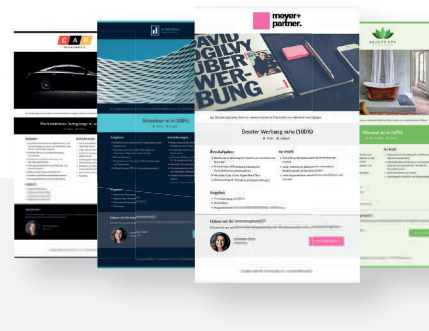
Die einfache E-Recruiting-Lösung für KMU

Probieren Sie es aus!

www.recruitinghub.ch

Personalsuche geht auch einfach

- Bewerbungen übersichtlich und zentral verwalten
- Attraktive Stelleninserate im Design Ihres Unternehmens
- Über 200 Medien und bis zu 40% Preisvorteil
- Weniger Administratives, mehr Zeit für Bewerbende



ist (Gegeninduktion). Diese physikalisch äusserst wichtige Erkenntnis erklärt, warum der PE auch in einem 5-Leiter-Standardkabel nicht induktionsfrei ist, selbst wenn alle Leiter miteinander verseilt sind. Das Diagramm D2 zeigt die Induktionsproblematik an den diskutierten Verbindungsarten.

Die immer noch weitverbreitete Einzeladerverlegung erweist sich auch in dieser Betrachtung als ungünstigste Variante, sowohl in Bezug auf das magnetische Streufeld (D1) als auch in Bezug auf die induzierten PE-Ströme (D2).

Untermauert wird diese Aussage durch folgendes Zitat von Dipl. Ing. Karl-Heinz Otto, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Elektrotechnik: «Auch ich kann nur dringend von einer Einzeladerverlegung abraten. Ich habe kürzlich einen grossen Gebäudekomplex in Düsseldorf nach Korrosionsschäden und Störungen im Netzwerk untersuchen müssen. Über 44 A(!) wurden trotz Netzsystem TN-S auf den Erdleiter eingekoppelt.»

Wie schon erwähnt, lösen auch Standardkabel das PE-Induktionsproblem nicht, weil der geometrische Abstand zu den Aussenleitern unterschiedlich ist (F3). Ab einem Leiterquerschnitt von 35 mm² liegen die PE-Induktionsströme doch schon im Bereich von 5 A, genauere Abklärungen sind angebracht.

Fazit

Nur die zentrische Anordnung des PE (F4) verhindert induktive Einkopplungen und somit die gefürchteten Erdschlaufenströme. Werden die Aussenleiter zusätzlich um den PE verseilt (CFW PowerCable-Technologie), reduziert sich das magnetische Streufeld exponentiell. Müssen grosse Ströme übertragen werden, so dürfen mehrere Kabel parallel geschaltet werden. Im Gegensatz zu Einleiterkabeln teilen sich bei Parallelschaltung von CFW PowerCable die Ströme gleicher Phasen völlig gleichmässig auf, das heisst, Leiterüberhitzungen als Folge ungleicher Stromverteilung sind ausgeschlossen.

Diese elementaren Aussagen sollen mit der Tabelle (T1) nochmals in Erinnerung gerufen bzw. verdeutlicht werden.

Zum Stand der Technik





Induktionsfreie, streufeld- und verlustarme Starkstromkabel gehören heute definitiv zum Stand der Technik, die Verordnung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) hat uns

dazu verpflichtet. Schade ist nur, dass gewisse Experten sowie Institutionen den Stand der Technik immer noch nicht begreifen wollen. Anders lässt es sich nicht erklären, dass regelmässig Empfehlungen zirkulieren bzw. Normen zitiert werden, die schon seit Jahren überholt sind. Repetitionen und weitere Aufklärungsarbeiten sind dringend nötig. ■

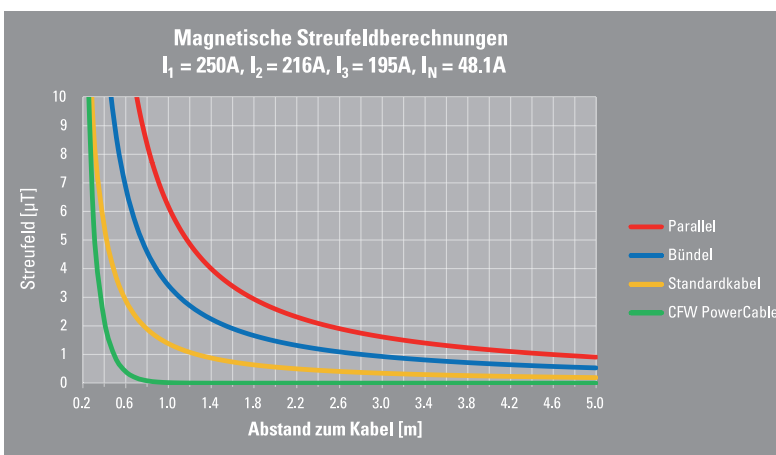
CFW EMV-Consulting AG
9411 Reute
info@cfw.ch
www.cfw.ch

Autor
* Christian Fischbach ist Geschäftsführer der CFW EMV-Consulting AG.

T1

Leitungstyp	B [µT] d = 1.0m	I _{PE} [A] Induktionsstrom	I _{PE} [%] bei Parallelbetrieb	Auswirkungen
	6.17	19.5	bis zu 100%	Korrosionsschäden, Störeinflüsse auf Daten- und Signalleitungen, aufwendige Abschirmungsmassnahmen, unwirtschaftliche Leitungsverluste, gesundheitliche Risiken, etc.
	3.41	11.2	bis zu 75%	dito
	1.39	9.5	bis zu 25%	dito
	0.018	0.5	max. 3%	keine

D1



D2

