Stand der Technik bei Starkstromkabeln

Autor(en): **Fischbacher, Christian**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **109 (2018)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856988

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Stand der Technik bei Starkstromkabeln

EMV-Betrachtungen | In einem modernen Starkstromkabel steckt mehr als nur Kupfer und Isolationsmaterial. In jüngerer Zeit hat man erkannt, dass die EMVU (Elektromagnetische Umweltverträglichkeit) bei der Starkstromübertragung massgebend durch die Konstruktion des Kabels bestimmt wird.

TEXT CHRISTIAN FISCHBACHER

Bei der Verlegung von Starkstromkabeln darf es 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 weder gesetzliche noch technische Grenzwerte verletzen.

Es gibt zwei Merkmale, die die NF-Qualität von Starkstromleitungen bestimmen: das magnetische Streufeld sowie die Induktion/Gegeninduktion.

Das magnetische Streufeld

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Feld, dessen Höhe von der Stromstärke und der Anordnung der Leiter abhängig ist. Um das resultierende magnetische Feld zu minimieren, werden bei Starkstromverbindungen Hin- und Rückleiter möglichst nahe zusammengelegt. Noch effizienter lässt sich das Streufeld reduzieren, indem man die Leiter verseilt. Dabei sollte die Schlaglänge optimal auf den Kabeldurchmesser abgestimmt sein. Je kleiner das Streufeld, umso höher der Wirkungsgrad und umso geringer werden zugleich die Übertragungsverluste.

Die in **Bild 1** gezeigten Kabelarten werden hier bezüglich EMV verglichen. Damit die Berechnungen möglichst praxisnah sind, wurden unterschiedliche Phasenströme gewählt, damit sich auch ein Neutralleiterstrom einstellt. Zudem wurden in der Simulation auch die induzierten Schutzleiter-Ströme berücksichtigt, die approximativen PE-Induktionsströme sind in **Bild 4** ersichtlich.

Man erkennt in **Bild 2**, dass das magnetische Feld beim verseilten Kabel

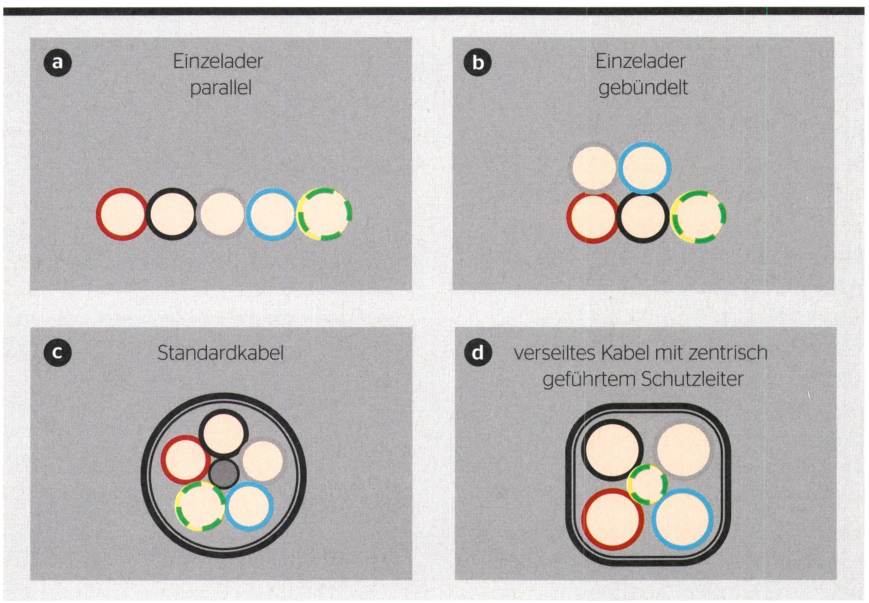

Bild 1 Installationen, die in diesem Beitrag verglichen werden.

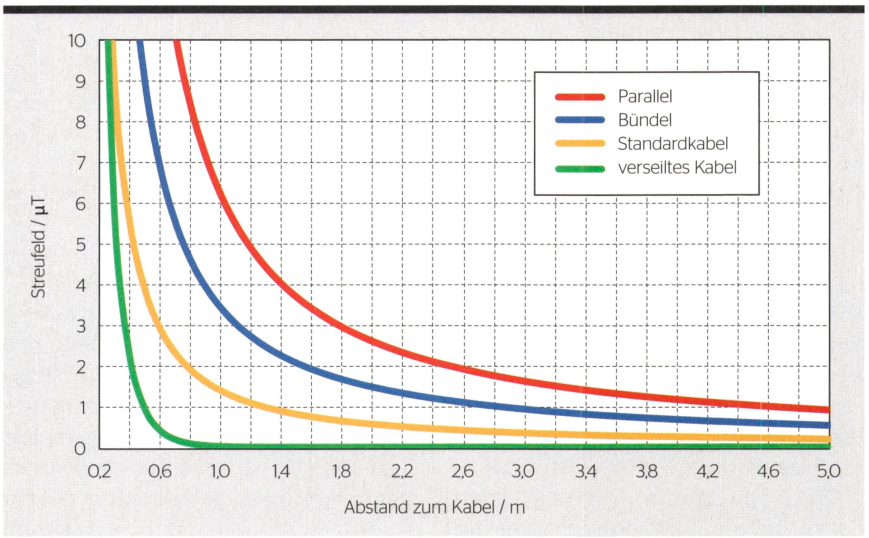

Bild 2 Magnetische Streufelder bei $I_1 = 250$ A, $I_2 = 216$ A, $I_3 = 195$ A, $I_N = 48{,}1$ A.

Bilder: CFW

äusserst steil abfällt. Somit werden mit dieser Technologie wegen des zentrisch angeordneten Schutzleiters sowie der verseilten Aussenleiter auch die Übertragungsverluste am kleinsten.

In einem Abstand von ca. 35 cm wird der NISV-Anlagegrenzwert (1,0 µT) bereits unterschritten 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 1 kA.

Induktion/Gegeninduktion

Magnetische Felder erzeugen in elektrisch leitenden Materialien Induktionsspannungen. Wenn diese «Leiter» parallel zu stromführenden Leitern angeordnet sind (z. B. Erdleiter, Kabeltrassen oder Gas- und Wasserleitungen), entstehen Erdschlaufenströme. Dies geschieht auch dann, wenn der Abstand zwischen dem PE und den Aussenleitern unterschiedlich ist. So können auch bei TN-S-Installationen **(Bild 3)** massive Erdschlaufenströme entstehen, die nicht selten 10-15 % des grössten Phasenstroms erreichen. Die 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), und anderseits, wenn der PE parallel zu den Aussenleitern angeordnet ist (Gegeninduktion). Dies erklärt, warum der PE auch in einem 5-Leiter-Standardkabel nicht induktionsfrei ist, selbst wenn alle Leiter miteinander verseilt sind.

Die weit verbreitete Einzeladerverlegung erweist sich auch in dieser Betrachtung als ungünstigste Variante, sowohl in Bezug auf das magnetische Streufeld **(Bild 2)** als auch in Bezug auf die induzierten PE-Ströme **(Bild 4)**.

Wie schon erwähnt, lösen auch Standardkabel das PE-Induktionsproblem nicht, weil der geometrische Abstand zu den Aussenleitern unterschiedlich ist **(Bild 3)**. Ab einem Leiterquerschnitt von 35 mm² liegen die PE-Induktionsströme doch schon im Bereich von 5 A.

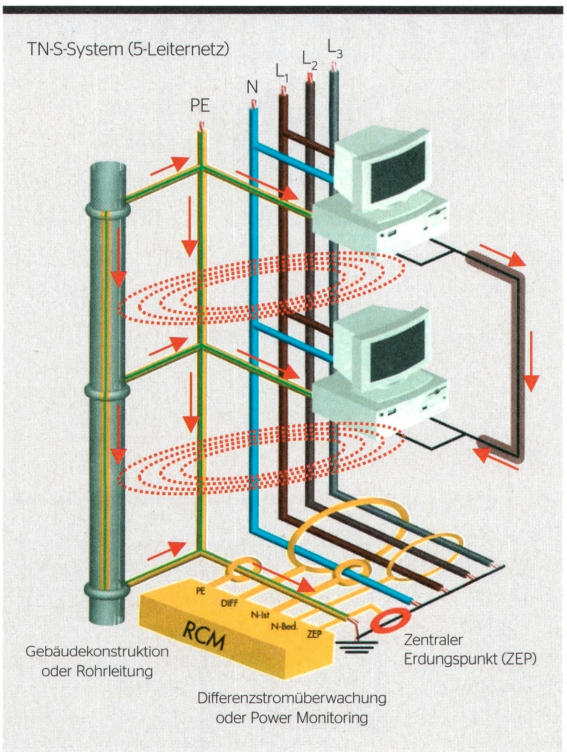

Bild 3 Das TN-S-System gilt zwar als EMV-günstig, aber bei einem parallel zu den Aussenleitern verlegten PE mit unterschiedlichen Abständen zu den Aussenleitern entstehen durch das Streufeld (rot) Erdschlaufenströme.

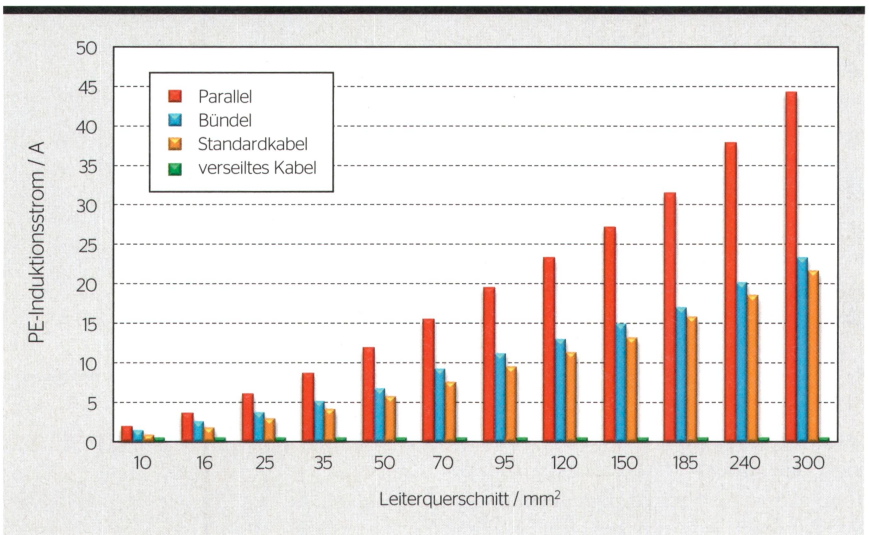

Bild 4 PE-Induktionsströme der Leiteranordnungen.

Fazit

Nur die zentrische Anordnung des PE verhindert induktive Einkopplungen und somit unerwünschte Erdschlaufenströme. Werden die Aussenleiter zusätzlich um den PE verseilt, reduziert sich das magnetische Streufeld exponentiell. Müssen grosse Ströme übertragen werden, so dürfen mehrere Kabel parallel geschaltet werden. Im Gegensatz zu Einleiterkabel teilen sich bei Parallelschaltung von verseilten Kabeln die Ströme gleicher Phasen völlig gleichmässig auf, d. h. Leiterüberhitzungen als Folge ungleicher Stromverteilung sind ausgeschlossen.

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

Autor
Christian Fischbacher ist Geschäftsführer bei CFW EMV-Consulting AG.
→ CFW EMV-Consulting AG, 9411 Reute
→ ch.fischbacher@cfw.ch