



Stromkabel - Einzelleiterverlegung

Erschliessungsleitung Gastrogebäude xxx

Starkstromkabel zum Stand der Technik

In einem modernen Starkstromkabel steckt weiter mehr als nur ein blanker Kupferdraht mit etwas Isolation. 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.



Parallel verlegte Leiter im Trasse
Leitungslänge ca. 120m



Gemäss NIN 5.4.2.1.5 bzw. IEC 60354-5-54 existiert die EMV-Anforderung (Elektromagnetische Verträglichkeit), dass keine AC-Ströme auf Schutzleiter, Erdleiter und Potenzialausgleichsleiter fliessen dürfen. Diese Forderung wird in der Praxis leider immer noch massiv verletzt, indem wie im vorliegenden Fall parallel verlegte Einzelleiter benützt werden (Leitungslänge ca.120m). Die induzierten Erdleiterströme können bei dieser Art von Verlegung bis ca. 30A betragen. Auf diese Weise können die Normen nicht eingehalten werden.

Aus Expertenberichten und diversen Fachvorträgen (Electrosuisse) ist bekannt, dass solche Erdschleifenströme zu den ärgerlichsten EMV-Problemen in den elektrischen Installationen gehören.



Postfach 269 | CH-8320 Fehraltorf

Solche Erdleiterströme / Induktionsströme verursachen Korrosionsschäden und zusätzliche Bauschäden, wie sie unten dargestellt werden.

Auch sind mit zusätzliche Energie- und Klimatisierungsverluste sowie Reduktion der möglichen Stromübertragungskapazität zu rechnen.

Decken



Wasserrohre

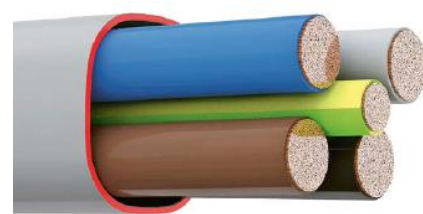


Im Weiteren darf es bei der Verlegung von Starkstromkabeln im Normalfall keine Rolle spielen, wie die Kabel verlegt werden, ob in Trassen, unterhalb von Decken oder im Doppelboden von Technikräumen. Starkstromverbindungen müssen so ausgelegt sein, dass die magnetischen Streufelder sowie Erdschlaufenströme keine Grenzwerte verletzen, weder gesetzliche noch technische.

Mit den technischen Grenzwerten ist der NISV-Anlagegrenzwert (Nichtionisierende Strahlenverordnung NISV SR 814.27) gemeint. Dieser ist in einem Abstand von 1m festgelegt und darf 1µT nicht überschreiten.

Damit diese Grenzwerte eingehalten werden können, müssen die Kabel auch dementsprechend richtig ausgewählt und richtig verlegt werden. Folgende drei Installationsarten werden EMV-mässig (Elektromagnetische Verträglichkeit VEMV SR 734.5) miteinander verglichen:

Quelle CFW EMV-Consulting



Erschliessung Gastrogebäude im Kabelkanal mittels parallelen Einzelleitern

Symmetrisch angeordneter PE-Leiter

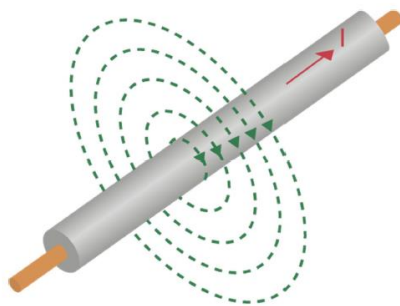


Postfach 269 | CH-8320 Fehraltorf

Das magnetische Streufeld:

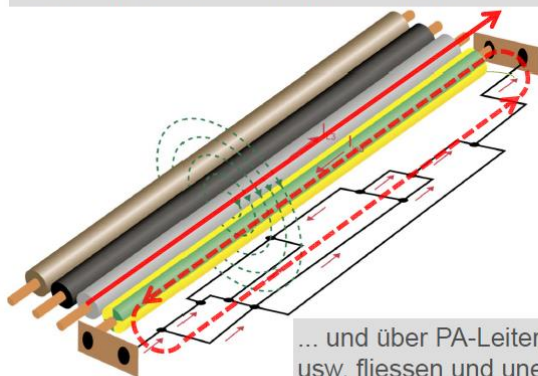
Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Streufeld. Die Höhe dieses Streufeldes ist abhängig von der Stromstärke sowie der Anordnung der stromführenden Leiter. Die untenstehenden Abbildungen zeigen schematisch den Streufeldverlauf eines stromführenden Leiters.

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein Magnetfeld!



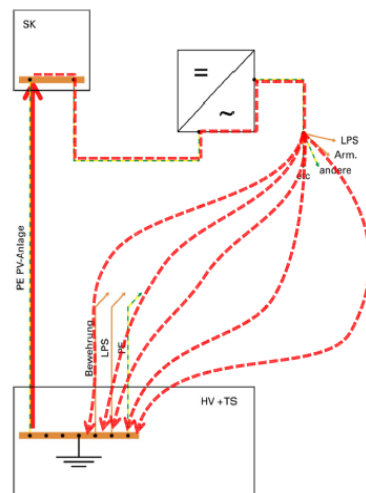
Magnetfelder induzieren Spannungen

...und somit können Ströme – auch in PE-Leitern – fließen!



... und über PA-Leiter, Gebäudeteile usw. fließen und unerwünschte EMV-Probleme verursachen

Ströme in PE, PA, LPS...-Leitern

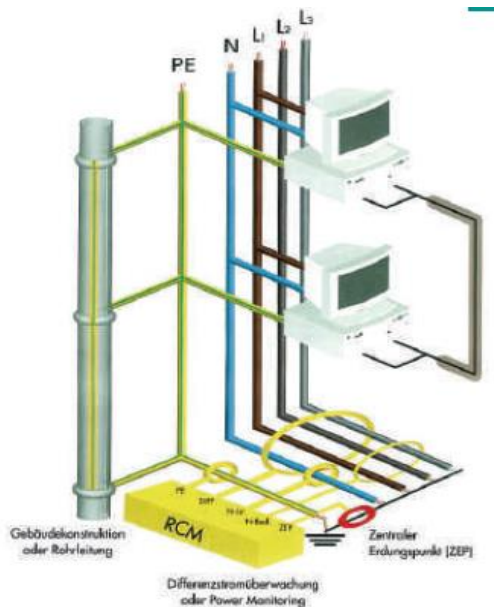


Magnetische Streufelder erzeugen in elektrischen leitenden Materialien Induktionsspannungen, die diese parallel zu den stromführenden Leiter angeordnet sind (z.B. Erdleiter, Kabeltrassen, Gas- und Wasserleitungen etc.), in sogenannte Erdschleifenströme umgewandelt werden. Bei Nichtbeachtung dieser Problematik können auf diese Weise auch bei TN-S-Installationen massive Erdschleifenströme 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.



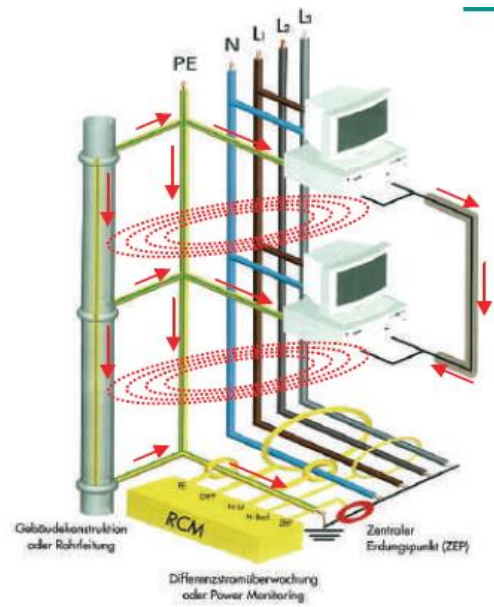
Streifelder und Erdleiterströme auf Gebäudeteilen und Kabelschirmung:

TN-S-System (5-Leiternetz - Kabel):



Quelle CFW EMV-Consulting

TN-S-System (5-Leiternetz - Einzelleiter):



Quelle CFW EMV-Consulting

Dieses Bild 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 rechts verlegt oder ist der geometrische Abstand zwischen dem PE und den Aussenleitern unterschiedlich, bilden sich erhebliche Induktionsströme

Dieses Bild 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 Erdschleifenströme jederzeit nachweisen lassen, Teilströme findet man auch auf Datenkabelschirmungen.

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 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 nachfolgend zeigt die Induktionsproblematik an den diskutierten Verlegearten. Mit Einzelleiterverlegung ist es nicht möglich, den verlangten Anlagegrenzwert von $1 \mu\text{T}$ einzuhalten.

Die immer noch weitverbreitete Einzeladerverlegung erweist sich als ungünstigste Variante, sowohl in Bezug auf das magnetische Streufeld (Bild A+B) als auch in Bezug auf die induzierten PE-Ströme (Bild C).



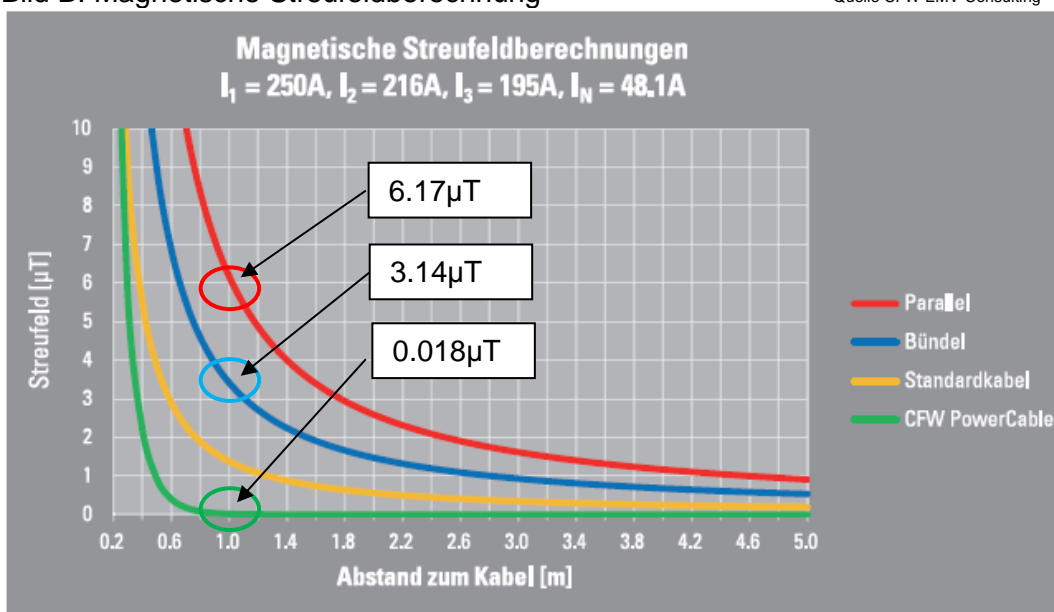
Bild A: Anlagengrenzwert $1\mu\text{T}$ im Abstand von einem Meter

- Einzelleiter parallel weist einen Wert von auf $6.17\mu\text{T}$ auf
- Einzelleiter Kabel im Bündel verlegt weist einen Wert von $3.41\mu\text{T}$ auf
- Symmetrisch angeordneter PE-Leiter weist einen Wert von $0.018\mu\text{T}$ auf

Leitungstyp	B [μT] d = 1.0m	I _{PE} [A] Induktions- strom	I _{DM} [%] 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

Bild B: Magnetische Streufeldberechnung

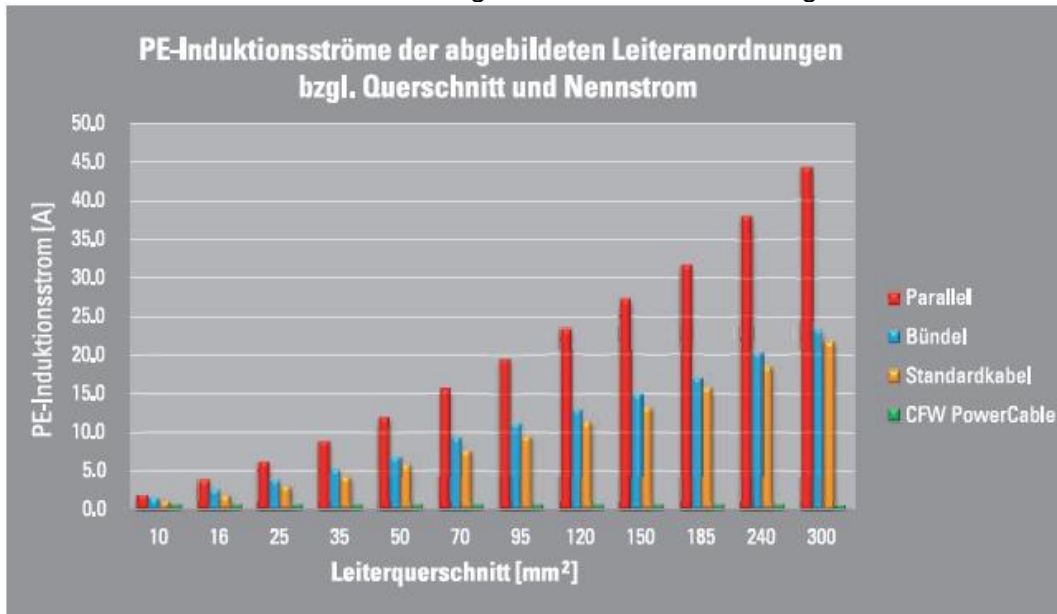
Quelle CFW EMV-Consulting



Bei der Einzelkabelverlegung kann dieser Wert von $1\mu\text{T}$ nie eingehalten werden, siehe rote und blaue Kurve parallele Einzelleiterverlegung und Einzelverlegung im Bündel



Bild C: PE-Induktionsströme der verglichenen Leiteranordnung:



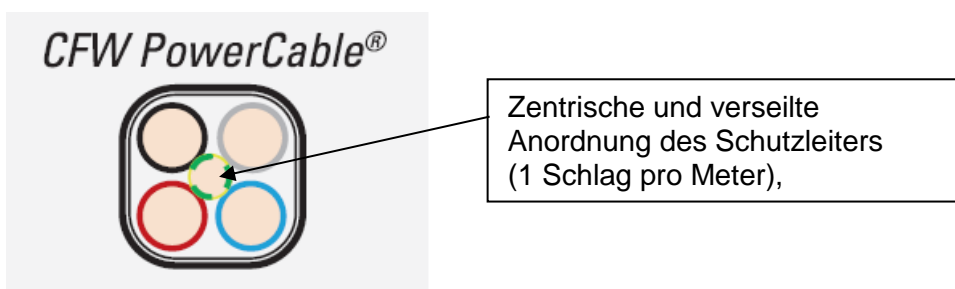
Quelle CFW EMV-Consulting

- Rot:** Einzelverlegung parallel
- Hellblau:** Einzelverlegung im Bündel
- Grün:** EMV-optimiertes Kabel, Schutzleiter symmetrisch angeordnet

Fazit:

Wie aus den drei Diagrammen zu sehen ist, ist folgendes Fazit zu entnehmen: Nur die zentrische Anordnung des PE-Leiters (CFW-Powercable, siehe unten) verhindert induktive Einkopplungen und somit die gefürchteten Erdschleifenströme. Werden die Aussenleiter zusätzlich um den Schutzleiter verseilt (1 Schlag pro Meter), 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 CFW-Powercable die Ströme gleicher Phasen völlig gleichmässig auf. Eine Leiterüberhitzungen als Folge ungleicher Stromverteilung sind bei fachgerechter Installation ausgeschlossen.

Für diesen Fall gibt es nur ein richtiges Kabel z.B. das CFW-Powercable:

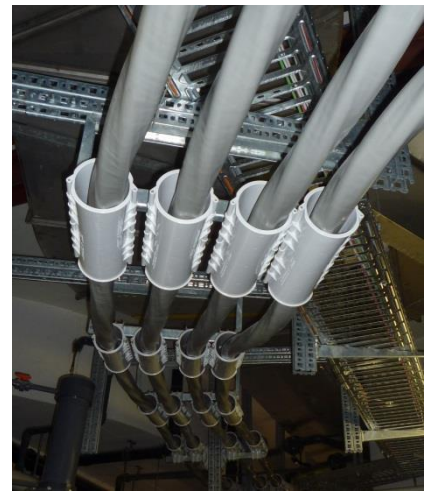
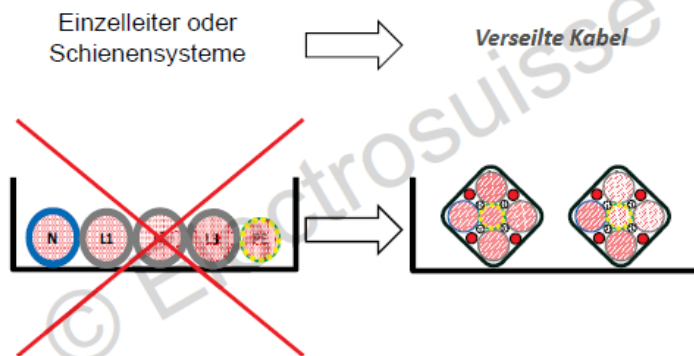




Zusammenfassung – Stand der Technik:

Induktionsfreie, streufeld- und verlustarme Starkstromkabel gehören heute definitiv zum Stand der Technik. Die Verordnung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) verpflichtet Planer sowie Ersteller, Installationen nach dem anerkannten Stand der Technik so auszuführen, dass die magnetische Flussdichte an Orten mit empfindlicher Nutzung minimiert wird (Anhang 1 Ziffer 4 Absatz 2).

Parallele Einzelleiterverlegung gehört definitiv der Geschichte an und ist nicht mehr Stand der Technik. Es sind EMV-optimierte Kabel, Schutzleiter symmetrisch angeordnet zu verwenden, z.B. CFW-Powerkabel.



Akkreditierte Inspektionsstelle
Electrosuisse

Raphael Eugster
Inspektor / Berater

raphael.eugster@electrosuisse.ch