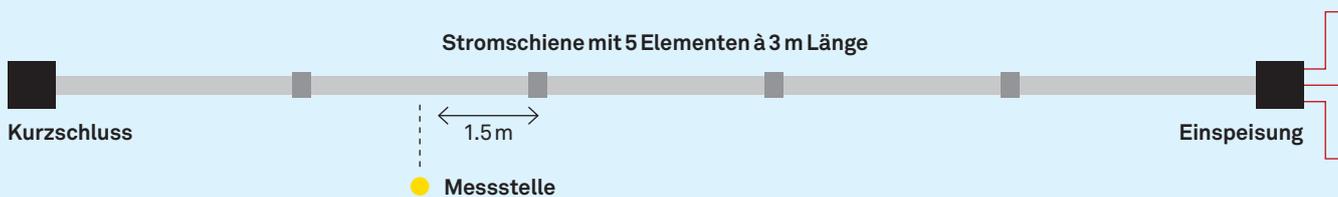


Magnetfeld- reduktion bei Stromschienen

Manchmal ist es erwünscht, die Magnetfeld-
emission von Stromschienen maximal zu reduzieren.
Um dies zu erreichen, muss auch der Einfluss
des PE-Leiters und dessen Anordnung beachtet werden.

AUTOR: HENRIK LOWACK, PROJEKTLEITER DIPL. ELEKTRO-ING. ETH,
ARNOLD ENGINEERING UND BERATUNG AG

Abbildung A1: Messaufbau / Anordnung



Ansicht im Querschnitt:



Stromschienen werden in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt, in denen viel elektrische Energie über grössere Distanzen transportiert werden muss. Immer häufiger tangieren sie sensible Bereiche von Gebäuden, seien dies Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) im Sinne der NISV oder solche, bei denen es um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) geht. Meist wird die Magnetfeldemission angegeben, die aus der Aussenleiterbeschaltung resultiert. Stromflüsse im Neutral- und Schutzleiter werden dabei nicht berücksichtigt. Da in der Praxis der Schutzleiter mehrfach geerdet wird, führt dies zu einem Stromfluss im PE-Leiter und dadurch zu einem Magnetfeldbeitrag. Dieser Artikel soll diesen eher wenig beachteten Effekt beleuchten und beschreibt Massnahmen, um das Magnetfeld zu reduzieren.

Ausgangslage

Die Konstruktion von Stromschienen wird hauptsächlich durch grundlegende elektrische, mechanische und sicherheitstechnische Anforderungen bestimmt. Zudem ist der Kostenfaktor mitentscheidend.

Da die Magnetfeldemission meistens eine untergeordnete Rolle spielt, müssen normalerweise keine zusätzlichen Massnahmen getroffen werden. Sind sie trotzdem nötig, können sie schnell aufwändig und/oder kostenintensiv werden. Sollen z. B. Schirmhüllen angebracht werden, müssen sie exakt auf Schiene und Befestigung abgestimmt sein. Eine nachträgliche Montage bringt zusätzlichen Aufwand mit sich.

Der Fokus der Massnahmen liegt auf der Reduktion der Magnetfeldemission, die von den Aussenleitern erzeugt wird. Dies ist eine kontrollierbare und gut beherrschbare Aufgabe, da alle Leiter und Einflussparameter bekannt sind. Sobald man aber den PE-Leiter ins Spiel bringt, wird alles komplizierter. Der PE-Leiter ist beidseitig geerdet und bringt Strompfade und Schleifen mit sich, die aufgrund der magnetischen Kopplung Strom führen.

Problematik

Eine Stromschiene ist aufgrund von konstruktionstechnischen Bedingungen in ihrer Grundform gegeben. Die Strom führenden Leiter sind flache Gebilde, die viel länger als breit sind. Dies ist die einzige Möglichkeit, die Schienen kompakt und kostengünstig herzustellen. Da in/mit der Schiene auch ein PE-Leiter mitgeführt wird, muss auch er darin untergebracht werden. Er spannt mit seinem elektrischen Umfeld, bestehend aus Potenzialausgleich und den damit vernetzten geerdeten Strukturen, Schleifen auf.

Je näher und je gleichförmiger diese Schleife an einem Aussenleiter anliegt, desto grösser ist die magnetische Kopplung, bzw. der in diese Schleife eingekoppelte Strom. Die Gleichförmigkeit oder Gleichmässigkeit ist mit der streng ausgerichteten parallelen Anordnung gegeben. Diese Anordnung bleibt über die ganze Länge der Stromschiene gleich, und mit der Länge ist bereits eine Dimension der Schleife vorgegeben. Üblicherweise sind die Längen beträchtlich, sodass dieser «Parameter» einen grossen Beitrag liefert.

In der orthogonalen Dimension ist der Leiterabstand von Bedeutung. Die einzelnen Schienen liegen sehr nahe beieinander. Es gibt kaum Spielraum, um den Abstand zu vergrössern, denn die Schienen müssen kompakt aufgebaut sein.

Ausweg

Aufgrund der konstruktionstechnischen Gegebenheiten verbleibt kaum Platz und Spielraum für eine ideale Anordnung des PE-Leiters. Bevor man nach möglichen Auswegen sucht, müssen einige wichtige Randbedingungen und die damit einhergehenden Anforderungen klar sein:

- **Abstände der Aussenleiter zueinander**
Je grösser die Abstände, desto höher das resultierende Magnetfeld der Aussenleiter.
Anforderung: Aussenleiter so nahe zueinander wie möglich
- **Abstand des PE-Leiters von den Aussenleitern**
Je grösser der Abstand, desto geringer die Einkopplung
- **Die Symmetrie des PE-Leiters zu den Aussenleitern**
Je gleichmässiger von allen Aussenleitern entfernt, desto besser die Symmetrie für eine destruktive Überlagerung der Einkopplungen (d.h. desto geringer die Einkopplung)

Mit der üblichen Konstruktion kann das Problem nicht gelöst werden, ausser man entfernt den PE-Leiter aus dem Inneren der Stromschiene und ver- →

Arnold Engineering und Beratung AG erbringt Dienstleistungen im installationstechnischen Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und Blitz- und Überspannungsschutz. Dazu gehören NIS-Feldmessungen, NIS-Simulationen, Netz- und Störungsanalysen sowie die Kontrolle von elektrischen Niederspannungsinstallationen gemäss NIV (SR 734.27).

Unsymmetrische N- und PE-Anordnung

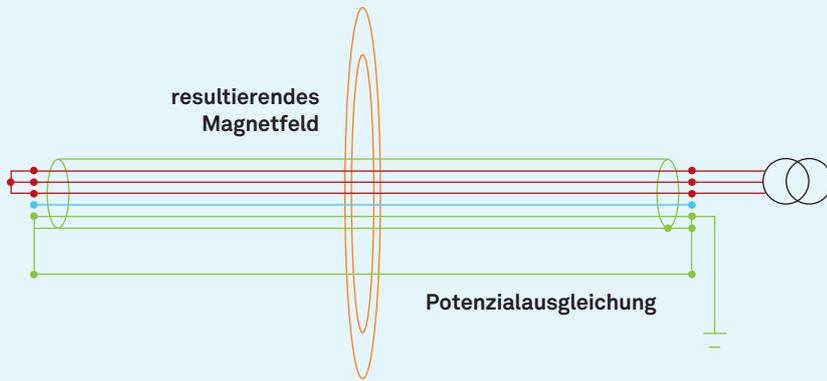


Abbildung B1 Die Aussenleiter sind maximal nahe beieinander, liegen aber unsymmetrisch zur Hülle. Der N-Leiter ist nicht angeschlossen. Die Hülle bildet hier keine PE-Schleife, da sie einseitig angeschlossen ist. Der PE-Leiter, der zu den Aussenleitern unsymmetrisch angeordnet ist, bildet mit dem Potenzialausgleich via Bewehrung eine Schleife. Diese Leiteranordnung ist Standard bei den üblichen Stromschienen.

N-Leiter jeweils zwischen den Aussenleitern

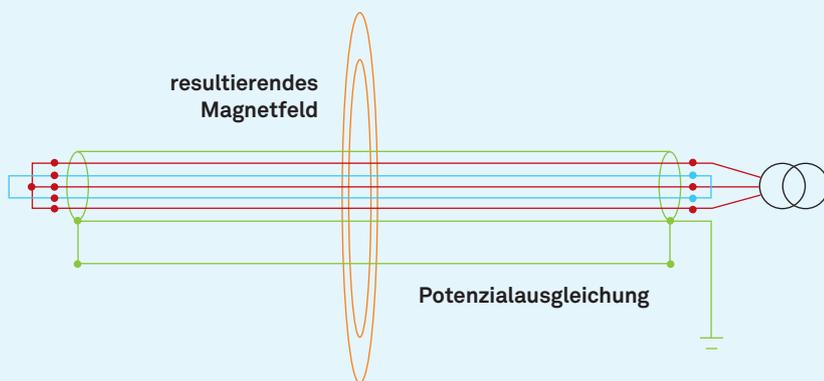


Abbildung B2 Die Aussenleiter sind jeweils durch einen N-Leiter voneinander getrennt. Die N-Leiter sind beidseitig angeschlossen. Die Hülle bildet den PE-Leiter. Der Potenzialausgleich via Bewehrung ist über einen zusätzlichen Erdungsleiter verbunden.

Beide N-Leiter aussen

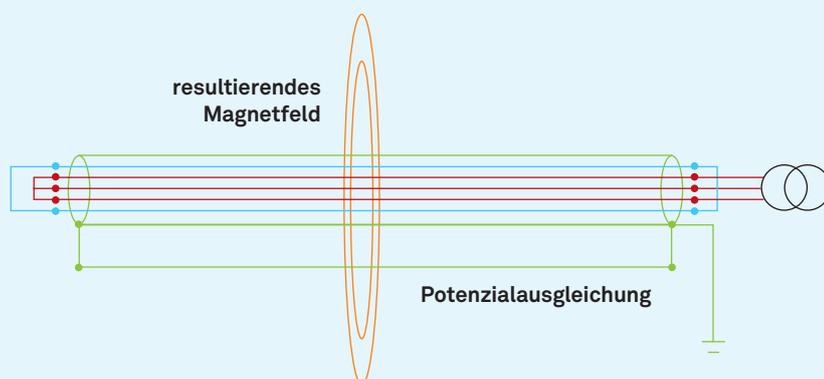


Abbildung B3 Die Aussenleiter sind maximal nahe beieinander. Die N-Leiter sind beidseitig angeschlossen. Die Hülle bildet den PE-Leiter. Der Potenzialausgleich via Bewehrung ist über einen zusätzlichen Erdungsleiter verbunden.

wendet ihn als Hülle. Mit einem umhüllenden PE-Leiter schafft man eine relativ gute Symmetrie und entschärft eine einseitige Annäherung an Aussenleiter. Allgemein formuliert: Die Hülle muss auf der ganzen Stromschienenlänge gutleitend durchverbunden sein.

Messkampagne

Um die Einflüsse auf den PE-Leiter aufzuzeigen, wurde eine Messkampagne durchgeführt. Die Untersuchungen konnten an einer Stromschiene vorgenommen werden, die eine flexible Beschaltung hinsichtlich Aussen- und Neutralleiter zulässt und eine metallene, stromtragfähige Hülle aufwies. Ziel war es, die optimale Leiterbeschaltung und das resultierende Magnetfeld unter realitätsnahen Verhältnissen betreffend Erdungsverbindungen zu bestimmen.

Die Messungen wurden an einer Schiene aus fünf Elementen à drei Meter durchgeführt (Abb. A1).

- Es wurden Beschaltungen gemäss Abbildungen B1–B3 aufgebaut.
- Die Aussenleiterströme wurden auf 1000 A eingestellt.
- Die Messungen der magnetischen Flussdichte [μT] erfolgten in einem Abstand von 1 m zur Stromschienenachse.

Es wurden drei verschiedene Leiterbeschaltungen gemessen (Tabelle 1):

- Standardanordnung: (L-L-L-N-PE)
- optimierte Anordnung: (L-N-L-N-L)
- optimierte Anordnung: (N-L-L-L-N)

Die als PE benutzte Stromschienenhülle wurde beidseitig an einen parallel angeordneten PE/PA-Leiter 30 cm unterhalb der Stromschiene angeschlossen. Dies sollte eine in der Realität gebildete Schleife z. B. durch Bewehrung/PA nachbilden. Die Messresultate gemäss Aufbau B1–B3 sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Fazit der Messungen

Aus den Messergebnissen der unterschiedlichen Leiterkonfiguration mit den Anordnungen B1, B2, bzw. B3 kann messtechnisch folgendes Fazit abgeleitet werden: Die Aussenleiter sollten bei der Konstruktion einer Stromschiene so nahe wie möglich beieinander und so symmetrisch wie möglich zum mitgeführten PE-Leiter liegen. Selbst bei einer gewissen Abweichung von dieser Symmetrie

trägt eine als PE-Leiter genutzte Hülle entscheidend zur Magnetfeldreduktion bei. Und mit zunehmendem Abstand von Aussenleiter zu PE-Leiterstruktur verringert sich der induktiv eingekoppelte Strom in diese Struktur. In der Realität besteht sie aus PE-Leitern, Potenzialausgleichselementen und Bewehrung.

Feststellungen

- Die beste Anordnung ist B3 mit geringen Abständen zwischen den Aussenleitern
- B3 bewirkt die geringste Einkopplung in die PE-Schleife

Anmerkungen

- Bei der Bestimmung der Magnetfeldmesswerte wurde darauf geachtet, dass Zeitpunkte genutzt wurden, die durch das Hintergrundfeld möglichst nicht beeinflusst wurden.
- Das Magnetfeld wurde frequenzselektiv bei 50 Hz (Bandpassfilter) gemessen.
- Die Genauigkeit der Strom- und Magnetfeldmessungen liegt bei $\pm 3\%$.



Messaufbau Die Stromschiene mit Aluminiumhülle, dem Potenzialausgleichsleiter im Abstand von 30cm sowie dem Messgerät für die Feldstärke.

Beschaltung	Magnetische Flussdichte [μT]	Induzierter Strom in PE-Schleife [A]
B1 L-L-L-N-PE mit PE-Schleife	3.5	46.6
B2 L-N-L-N-L mit PE-Schleife	2.6	1.62
B3 N-L-L-L-N mit PE-Schleife	1.15	1.20

Tabelle 1 Messergebnisse der Leiterkonfigurationen gemäss Messaufbau B1–B3.



STF W

ElektroprojektleiterIn Installation und Sicherheit mit eidg. Fachausweis

Viel drauf, viel Verantwortung:
ElektroprojektleiterInnen Installation und Sicherheit überschauen Elektroprojekte, von der Planung über die Installation bis zur Übergabe an die Kunden.

Neugierig geworden?
Jetzt informieren!

stfw.ch/eps



Nächster Lehrgangsstart:
10. März 2023