

## 3 Auswirkungen des Kurzschlussstroms

Ein Kurzschluss kann sich in einem elektrischen Versorgungsnetz auf unterschiedliche Weise auswirken. So müssen bei der Auslegung von Betriebsmitteln die mechanischen und thermischen Beanspruchungen durch Kurzschlussströme berücksichtigt werden. Eine nicht ausreichende Bemessung führt im Fehlerfall meistens zur vollständigen Zerstörung der betreffenden Anlagenteile. Kurzschlüsse können durch Spannungsverlagerungen oder Unterbrechungen des Leistungsflusses den Netzbetrieb empfindlich stören. Dies hat Konsequenzen für die Isolationskoordination und die Netzstabilität. Zum Schutz von Personen und benachbarten Anlagen sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen. So dürfen Erdkurzschlussströme keine zu hohen Berührungs- und Schrittspannungen erzeugen. Dasselbe gilt für die in Fernmeldeanlagen induzierten Beeinflussungsspannungen. Ohne eine eingehende Kurzschlussstromberechnung ist auch die Auslegung des Netzschutzes nicht möglich.

Dieser Teil des Buchs beschäftigt sich mit den Folgeerscheinungen von Netzfehlern, die bei der Projektierung von Energieversorgungsanlagen zu beachten sind, um diese kurzschlussfest betreiben zu können.

### 3.1 Stromkräfte

Stromdurchflossene Leiter üben aufeinander elektromagnetische Kräfte aus, die im Kurzschlussfall sehr hohe Werte annehmen können (**Bild 3.1**). Alle Betriebsmittel im Netz müssen für die dabei entstehenden mechanischen Beanspruchungen ausgelegt sein. Von besonderem Interesse ist die Kraftwirkung auf parallel geführte Leiter wie Stromschiene und Leitungseile. Ihre Auslegung auf mechanische Kurzschlussfestigkeit erfolgt nach DIN VDE 0103 [3.1].

Abhängig von den Netzverhältnissen sind bei folgenden Kurzschlussarten die größten Stromkräfte zu erwarten:

- zweipoliger Kurzschluss ohne Erdberührung
- dreipoliger Kurzschluss

Daher werden im Folgenden das Zwei- und Dreileitersystem näher betrachtet, zunächst im ungestörten, stationären Betrieb und anschließend im Fehlerfall.

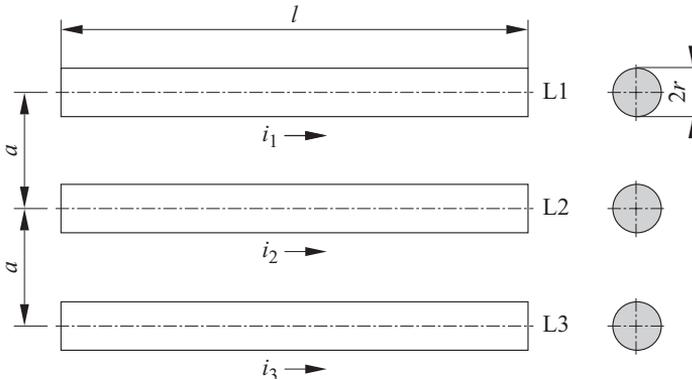
Einpolige Erdkurzschlüsse liefern unter bestimmten Bedingungen die größten Fehlerströme (Abschnitt 1.2.4). Da aber der Rückstrom meist relativ weit von dem fehlerbehafteten Außenleiter entfernt verläuft, entstehen in der Regel geringere Kräfte als bei den beiden anderen Fehlerfällen.



**Bild 3.1** Gebrochener Stützer nach Überstrom (Quelle: FGH)

**Bild 3.2** zeigt drei Leiter der Länge  $l$ , die in einer Ebene nebeneinander angeordnet sind und im Abstand  $a$  parallel verlaufen. Zunächst wird ein Zweileitersystem mit stromlosem Leiter L1 betrachtet ( $i_1 = 0$ ). Auf die verbleibenden Leiter L2 und L3 wirken dann die Stromkräfte

$$F_z = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{1}{a} i_2 i_3 \quad (3.1)$$



**Bild 3.2** Parallele Leiter

Gl. (3.1) gilt streng genommen nur bei ausreichender Leiterlänge ( $l/a > 10$ ) und kleinen Leiterabmessungen ( $a/r > 10$ ).

Das Dreileitersystem ist durch drei stromdurchflossene Leiter gekennzeichnet. Dabei wird der Mittelleiter L2 mechanisch am stärksten beansprucht. Weil sich hier die Magnetfelder der Leiter L1 und L3 subtrahieren, gilt für die Kraftwirkung

$$F_D = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{1}{a} (i_1 - i_3) i_2 \quad (3.2)$$

Die von Wechselströmen verursachten Stromkräfte sind zeitabhängig. Im ungestörten, stationären Betrieb sind die Ströme im Zweileitersystem entgegengesetzt gleich.

$$i_2 = -i_3 = \hat{i} \sin(\omega t - \varphi) \quad (3.3)$$

Mit Gl. (3.1) erhält man dann für die Stromkräfte

$$F_z(t) = -\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{1}{a} \frac{\hat{i}^2}{2} [1 - \cos(2\omega t - \varphi)] \quad (3.4)$$

Wegen der entgegengesetzten Stromrichtung stoßen sich die Leiter L2 und L3 ab. Die Kraft wechselt zwar in ihrer Amplitude, wirkt aber stets in die gleiche Richtung. Auf den Mittelleiter eines Dreileitersystems wirkt dagegen eine Kraft mit wechselndem Vorzeichen. Im ungestörten, symmetrischen Betrieb ergibt sich mit Gl. (3.2)