

7 Wirkung der Blitzströme

In freier Natur werden die mechanischen Wirkungen von Blitzen, z. B. an geborstenen Bäumen, und die thermischen Wirkungen, z. B. durch entfachte Waldbrände, eindrucksvoll belegt. Auch die kurzzeitigen Berühr- und Schrittspannungen infolge der Potentialverläufe um die Einschlagstelle sind bekannt und gefürchtet.

Bei Blitzeinschlägen in bauliche Anlagen oder ihre Blitzschutzsysteme, die ja im Fokus dieses Buchs stehen, sind die Stromwirkungen komplexer und zum Teil anders ausgeprägt. Zu betrachten sind die baulichen Anlagen einschließlich ihrer Installationen nebst eingeführten Versorgungsleitungen und ihrer Inhalte sowie Personen. Die Betrachtung beschränkt sich dabei nicht nur auf die erwähnten Wirkungen sogenannter „direkter“ Blitzeinschläge in die Objekte oder ihre äußere Blitzschutzanlage, sondern umfasst auch die Wirkungen sogenannter „indirekter“ Blitzeinschläge in der näheren Umgebung.

Behandelt werden die Potentialanhebung durch den Spannungsfall am Erdungswiderstand, die Kräfte zwischen vom Blitzstrom durchflossenen Leitern, die Spannungseinkopplung des Blitzstrom-Magnetfelds in Schleifen, die Ausschmelzungen an Lichtbogen-Fußpunkten und die Ohm'sche Erwärmung durch den Blitzstrom. Es wird gezeigt werden, dass alle relevanten Wirkungen der Blitzströme mit den in Kapitel 6 eingeführten Blitzstromparametern quantifiziert werden können.

7.1 Potentialanhebung

Beim Blitzeinschlag fließt der Blitzstrom über die Erdungsanlage des getroffenen Objekts in das Erdreich. Das verlustbehaftete Erdreich wirkt wie ein Ohm'scher Widerstand, der durch den fließenden Blitzstrom das Potential des Objekts gegenüber der fernen Erde anhebt. Dadurch ergeben sich entsprechend **Bild 7.1** Potentialunterschiede zwischen dem Objekt und den Leitungen, die von außen eingeführt werden. Für die maximale Potentialanhebung ist das Maximum des über den Erdungswiderstand R_E fließenden Blitzstroms bestimmend:

$$u_{\max} = R_E \cdot i_{\max} \quad (7.1)$$

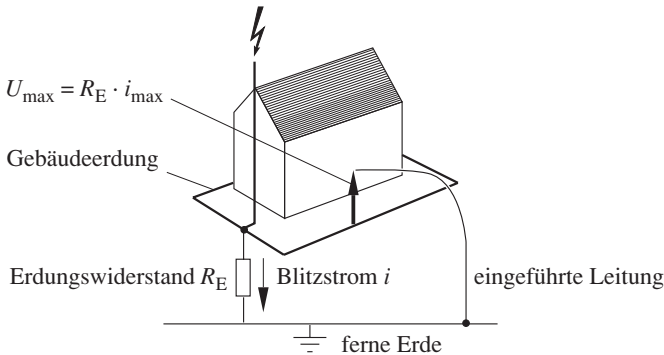


Bild 7.1 Potentialanhebung eines Gebäudes gegenüber ferner Erde

7.2 Kräfte

Auf einen vom Strom durchflossenen metallischen Leiter, der sich in einem Magnetfeld befindet, wirkt die Lorentz-Kraft. Diese Kraft wird maximal, wenn das Magnetfeld vertikal zur Flussrichtung des Stroms gerichtet ist. Mit dem Leiterstrom i und der magnetischen Flussdichte B beträgt die Lorentz-Kraft auf einen Leiter mit der Länge l für diesen Fall:

$$F = i \cdot l \cdot B, \quad \text{mit } B = \mu_0 \mu_r H \quad (7.2)$$

Werden zwei parallel im Abstand s verlaufende Leiter von Strömen entsprechend **Bild 7.2** durchflossen, wirkt das Magnetfeld jedes Leiters vertikal auf den anderen und verursacht dort die magnetische Flussdichte B . Durch die vertikale Richtung des Magnetfelds entsteht an beiden Leitern eine maximale Lorentz-Kraft entsprechend der vorstehenden Gleichung, die bei gleicher Stromflussrichtung nach **Bild 7.2a** anziehend, bei entgegengesetzter Stromflussrichtung nach **Bild 7.2b** abstoßend wirkt.

Auf den Leiter 1 wirkt die folgende längenbezogene Lorentz-Kraft F' :

$$F' = \frac{F}{l} = i_1 \cdot B_2 = i_1 \cdot \mu_0 H_2 = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2}{2 \pi \cdot s}, \quad \text{für } \mu_r = 1 \quad (7.3)$$

Es lässt sich zeigen, dass auch auf den Leiter 2 stets die gleiche längenbezogene Kraft F' wie auf den Leiter 1 wirkt.

Gleiche Stromflussrichtung kann entstehen, wenn der Blitzstrom einer Fangstange beispielsweise über zwei Ableitungen zur Erde abgeführt wird: Der Blitzstrom teilt sich dann auf die gleichsinnigen Leiterströme i_1 und i_2 auf. Es lässt sich zeigen, dass

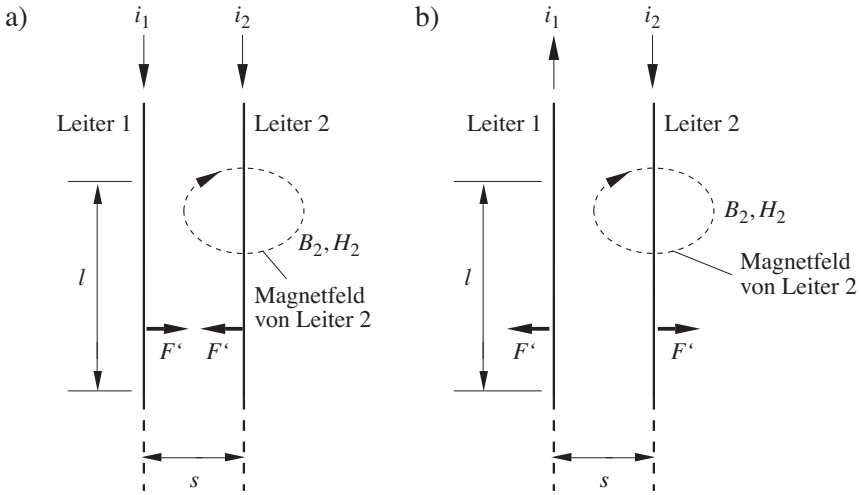


Bild 7.2 Kraftwirkungen auf zwei parallele, vom Blitzstrom durchflossene Leiter

- a) gleiche Stromflussrichtung
- b) entgegengesetzte Stromflussrichtung

die Lorentz-Kraft am größten ist, wenn sich der Strom je zur Hälfte auf die beiden Leiter aufteilt. Die gleichmäßige Stromaufteilung stellt somit für Schutzbetrachtungen den ungünstigsten Fall dar, der auch in Anhang D von VDE 0185-305-1 angenommen wird. Es wirkt dann folgende längenbezogene Lorentz-Kraft F' anziehend auf beide Leiter:

$$F' = \frac{\mu_0}{2 \pi \cdot s} \cdot i^2, \quad \text{für } i_1 = i_2 = i \quad (7.4)$$

Entgegengesetzte Stromflussrichtung kann bei einem Blitzeinschlag entstehen, wenn die Ableitungen Schleifen bilden. Der ungünstigste Fall tritt ein, wenn dann der Blitzstrom in unverminderter Stärke auf beiden parallelen Leitern fließt. Allerdings ist zu beachten, dass diesem ungünstigsten Fall die Forderungen nach VDE 0185-305-3 entgegenstehen. Danach muss nämlich Schleifenbildung vermieden werden: Die Ableitungen sind nach Möglichkeit geradlinig zu verlegen, und zwar so, dass sie die kürzeste Verbindung zur Erde darstellen. Gleichwohl treten Kräfte nicht nur bei Parallelführung auf, sondern auch dann, wenn die Leiter im Winkel zueinander verlaufen. Dabei verändert sich aber die Richtung der Kraftwirkung. Ist eine Leitung beispielsweise um 90° abgewinkelt, so entsteht eine axiale Kraftkomponente, die bei einer Klemmstelle nahe dieser Biegung versucht, die Leitung aus der Klemme zu ziehen.