

Verhalten von Blitzstromableitern bei Langzeitströmen

Jan Meppelink • Peter Kurzidum • Jürgen Trinkwald

Langzeit-Blitzströme treten in Niederspannungsnetzen bei direkten und indirekten Blitzeinschlägen auf. Wie belasten sie Ableiter und N-PE-Funkenstrecken? Der Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen mit Blitzstrom- und Überspannungsableitern ist bislang lediglich aus der Sicht von Blitz-Impulsströmen entwickelt worden. Die Prüfnormen für einzelne Komponenten decken daher auch nur den Bereich der Blitz-Impulsströme ab. In Laboruntersuchungen wurde das Verhalten verschiedener handelsüblicher Komponenten bei Langzeit-Blitzströmen untersucht.

Aus der Physik der Blitzentladung ist bekannt, dass Langzeit-Blitzströme auftreten. Der Langzeit-Blitzstrom (Langzeitstrom) hat zwar einen relativ geringen Stromscheitelwert von einigen 100 A, wirkt jedoch über einen Zeitraum von einigen 100 ms. Dadurch verfügt der Langzeitstrom über eine große Ladung. Die Ladung des Langzeitstroms ist im Besonderen maßgebend für den Energieumsatz am unmittelbaren Einschlagpunkt des Blitzes. Damit bewirkt die Ladung den

Materialabbrand durch Ausschmelzen und Verdampfen am Fußpunkt des Lichtbogens und daher auch am Elektrodenmaterial z. B. eines Blitzstromableiters.

Ferner sind Langzeit-Blitzströme die Ursache für die Bildung von Fulguriten bei direkten Einschlägen in das Erdreich.

Es soll daher der Frage nachgegangen werden, ob Langzeit-Blitzströme auch die Überspannungsschutzeinrichtungen beanspruchen. In Laboruntersuchungen wurde das Verhalten verschiedener han-

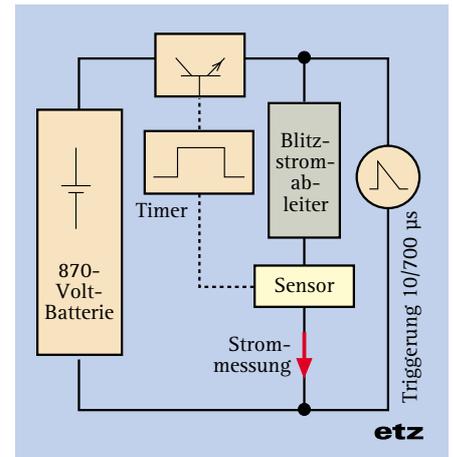


Bild 2. Prinzipschaltbild der verwendeten Anlage für Langzeitströme

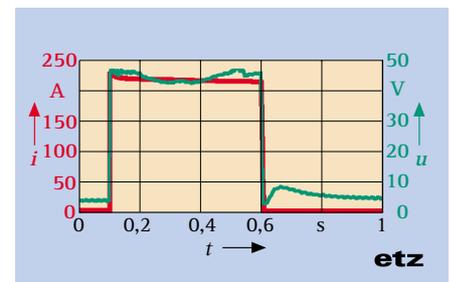


Bild 3. Spannung an einer Funkenstrecke während eines Langzeitstroms 215 A/0,5 s

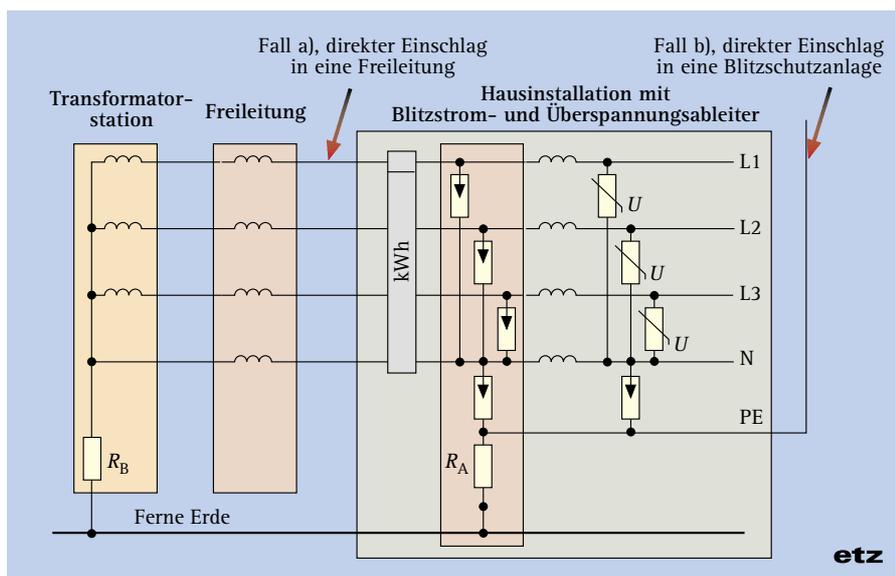


Bild 1. Einkopplung von Langzeitströmen in eine Stromversorgung mittels Freileitung bzw. in eine Blitzschutzanlage

Parameter	Schutzklasse			Grenzabweichungen
	I	II	III und IV	
Ladung Q in C	200	150	100	$\pm 20\%$
Dauer T in s	0,5	0,5	0,5	$\pm 20\%$

Tabelle 1. Parameter des Langzeitstroms

delüblicher Komponenten bei Langzeit-Blitzströmen untersucht.

Parameter der Langzeit-Blitzentladung

In DIN VDE 0185-103 (VDE 0185 Teil 103):1997-09 [1] ist der Langzeitstrom gemäß Tabelle 1 genormt.

Bild 1 zeigt schematisch zwei Möglichkeiten der Blitzstromeinkopplung. Im Fall a wird ein Leiterseil einer Freileitung direkt vom Blitz getroffen, im Fall b wird eine Blitzschutzanlage vom Blitz getroffen. Die Wirkungen dieser Einschläge lassen sich mit einem Netzwerkanalyseprogramm [2-3] berechnen, wenn die Blitzstromableiter und die Überspannungsableiter entsprechend der Belastung modelliert werden. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen.

Die Schlussfolgerungen aus den Simulationen besagen, dass insbesondere in ei-

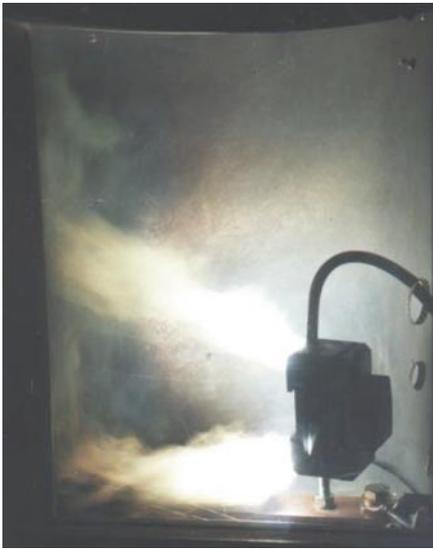


Bild 4. Prüfung eines ausblasenden Ableiters mit Langzeitstrom 400 A/0,5 s



Bild 5. Prüfung eines geschlossenen Ableiters MC 125-B/NPE [4-5]

nem TT-Netz besondere Sorgfalt bei der Auswahl der N-PE Funkenstrecken erfolgen sollte, da diese bei hohen Erdungswiderständen nahezu den gesamten Langzeitstrom tragen müssen. Die Blitzstromableiter und die Überspannungsableiter werden hingegen bei kurzen Leitungslängen nicht belastet. Lediglich bei sehr langen Überlandleitungen mit einem hohen Widerstandsanteil muss der Langzeitstrom besonders beachtet werden. In diesem Fall sind parallel zum Blitzstromableiter geschaltete und koordinierte Varistoren gefährdet. Werden nur Blitzstromableiter allein eingesetzt, werden sie durch den Langzeitstrom um so höher belastet, je geringer der Schutzpegel des Ableiters ist.

Experimenteller Nachweis

Bild 2 zeigt die prinzipielle Anordnung zur Überprüfung des Verhaltens von Blitz-

stromableitern bei Langzeit-Blitzströmen. Bild 3 zeigt als Beispiel einen Strom- und Spannungsverlauf einer Prüfung eines Ableiters mit Langzeitstrom. Dabei ist bei ausblasenden Ableitern mit Funkenstrecke besonders auf die Lichtbogenwirkung zu achten. Daher wurden die zu prüfenden Ableiter in einem geschlossenen Prüfgewächse mit Rauchabzug untergebracht. Bild 4 zeigt als Beispiel die Anordnung mit einer geschlossenen N-PE-Funkenstrecke während der Prüfung und Bild 5 zeigt die gleiche Prüfprozedur mit einem ausblasenden Blitzstromableiter. Die Wirkung der ausblasenden heißen Gase auf die Komponenten in einer Niederspan-

nungsverteilung über einen Zeitraum von 0,5 s ist hier nicht untersucht worden.

Durchgeführte Untersuchungen

Ziel der Untersuchungen war die vergleichende Untersuchung der unterschiedlichen Technologien von Ableitern mit Funkenstrecken. Zunächst wurde die Ansprech-Blitzstoßspannung der Ableiter bestimmt. Nach Belastung mit Langzeitstrom wurde diese Messung wiederholt. Aus der Änderung der Ansprech-Blitzstoßspannung kann die Funktion des Ableiters beurteilt werden. Weiterhin wurden die Ableiter auf Abbrandspuren an metallischen Elektroden untersucht.

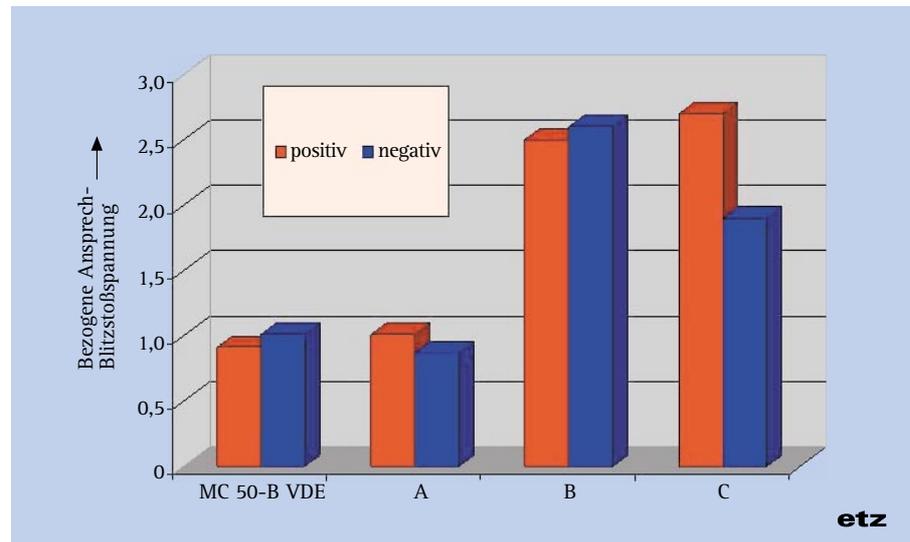


Bild 6. Ansprech-Blitzstoßspannung nach Belastung mit Langzeitstrom bezogen auf den Neuzustand von Blitzstromableitern (B-Ableiter) mit Grafitelektroden (MC 50-B VDE) im Vergleich mit handelsüblichen B-Ableitern mit metallischen Elektroden (A bis C) bei einer Belastung durch einen Langzeitstrom mit einer Ladung von 70 C

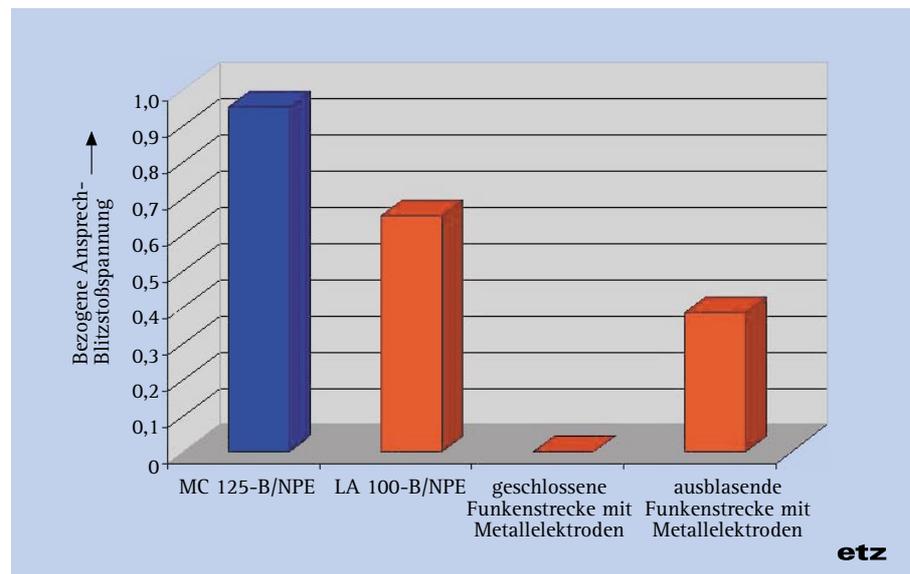


Bild 7. Ansprech-Blitzstoßspannung nach Belastung mit Langzeitstrom bezogen auf den Neuzustand von Blitzstromableitern (N-PE-Funkenstrecken) mit Grafitelektroden (MC 125-B/NPE) im Vergleich mit handelsüblichen N-PE-Funkenstrecken mit metallischen Elektroden bei einer Belastung durch einen Langzeitstrom mit einer Ladung von 70 C

	Fall a) Einschlag in die Freileitung		Fall b) Einschlag in die Blitzschutzanlage	
Wirkung des Langzeitstroms	nur Langzeitstrom	Kombination von Impulsstrom mit nachfolgendem Langzeitstrom	nur Langzeitstrom	Kombination von Impulsstrom mit nachfolgendem Langzeitstrom
Blitzstromableiter (im Allgemeinen eine Funkenstrecke)	kein Durchzünden weil der Strom in die Transformatorwicklung abfließen kann	die Funkenstrecke löscht nach dem Stromnulldurchgang, der Gleichstrom fließt über die Transformatorwicklung ab	keine Wirkung	die Funkenstrecke löscht nach dem Stromnulldurchgang, der Gleichstrom fließt über den Neutralleiter ab
Überspannungsableiter (im Allgemeinen ein Varistor)	es fließt ein kleiner Teilstrom	es fließt ein Impulsstrom bis der Blitzstromableiter den Stoßstrom übernommen hat	keine Wirkung	es fließt ein Impulsstrom, bis der Blitzstromableiter den Stoßstrom übernommen hat
N-PE-Funkenstrecke im TT-Netz in Verbindung mit dem Blitzstromableiter	keine Wirkung	keine Wirkung	in einem TT-Netz kann je nach Erdungswiderstand der volle Langzeitstrom wirksam werden	in einem TT-Netz kann je nach Erdungswiderstand neben dem Stromanteil aus der Impulsentladung der volle Langzeitstrom wirksam werden
N-PE-Funkenstrecke im TT-Netz in Verbindung mit dem Überspannungsableiter	keine Wirkung	keine Wirkung	in einem TT-Netz kann je nach Erdungswiderstand der volle Langzeitstrom wirksam werden	in einem TT-Netz kann je nach Erdungswiderstand neben dem Stromanteil aus der Impulsentladung der volle Langzeitstrom wirksam werden

Tabelle 2. Übersicht der wesentlichen Resultate der Fallstudie

B-Ableiter

B-Ableiter werden nach Tabelle 2 nur in speziellen Fällen mit Langzeitströmen beansprucht. Im Extremfall würden die

Ableiter die eingeprägte Ladung gemeinsam aufnehmen, d. h. pro Ableiter entfallen im Extremfall $200 \text{ C}/3 = 67 \text{ C}$.

Bild 6 zeigt die Änderung der Ansprech-Blitzstoßspannung von B-Ableitern mit Elektroden aus Grafit [4–5] im Vergleich mit verschiedenen Ableitern mit Metallelektroden vom Markt bei einer Belastung mit einer Ladung des Langzeitstroms von 70 C . Die Ansprechspannung ändert sich nur geringfügig. Bei dieser Belastung traten keine Zerstörungen an den getesteten Ableitern auf. Lediglich bei einem Muster trat eine große Änderung der Ansprechspannung auf.

N-PE Funkenstrecken

N-PE Funkenstrecken werden gemäß Tabelle 2 am meisten durch Langzeitströme beansprucht. Die Ergebnisse in Bild 7 zeigen, dass Ableiter mit Elektroden aus Grafit [4–5] selbst bei der höchsten Beanspruchung mit 200 C nur eine geringe Veränderung der Ansprech-Blitzstoßspannung aufweisen. Andere N-PE Funkenstrecken mit metallischen Elektroden zeigen eine mehr oder weniger starke Änderung der Ansprech-Blitzstoßspannung bzw. wurden bei den Versuchen zerstört.

Ergebnisse

Die getesteten Blitzstromableiter (B-Ableiter) sind für die Belastung durch Langzeitströme geeignet. Bei den N-PE-Funkenstrecken traten Ausfälle an sol-

chen Funkenstrecken mit metallischen Elektroden auf. Dieses Ergebnis bestätigt die Vorteile von Grafit als Elektrodenmaterial, da es keine metallischen Dämpfer erzeugt. Metallische Elektroden zeigen hingegen bei Langzeitströmen den bekannten Effekt der starken Verschmelzung der Elektroden. Bei einigen geschlossenen Blitzstromableitern (N-PE-Funkenstrecken) wurde ein Durchschmelzen des Lichtbogens durch das Gehäuse beobachtet.

Aus den durchgeführten Untersuchungen lässt sich daher die Schlussfolgerung ziehen, dass Ableiter mit Elektroden aus Grafit allen Belastungen durch Langzeitströme gewachsen sind. Im Besonderen die N-PE-Funkenstrecken mit Grafittechnologie, die bei einem Blitzeinschlag mit Langzeitkomponente am höchsten beansprucht sind, beherrschen diese Belastung sicher.

Literatur

- [1] DIN VDE 0185-103 (VDE 0185 Teil 103):1997-09 Schutz gegen elektromagnetischen Blitzimpuls – Teil 1: Allgemeine Grundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG (zu beziehen über www.vde-verlag.de)
- [2] N. N.: Schaltungssimulation. etz Elektrotech. + Autom. 121 (2000) H. 3–4, S. 55
- [3] www.spectrum-soft.com
- [4] Drilling, C.; Drolöner, M.; Jordan, E.; Meppelink, J.; Trinkwald, J.: Geschlossene Blitzstromableiter mit erweitertem Betriebsbereich. etz Elektrotech. + Autom. 121 (2000) H. 7–8, S. 32–34
- [5] www.obo.de

Dr.-Ing. Jan Meppelink (52), VDE, ist Professor für Hochspannungstechnik an der Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Soest, FB 16 und wissenschaftlicher Berater im BET – Blitzschutz und EMV-Technologiezentrum GmbH – in Menden (Sauerland).
E-Mail: meppelink@t-online.de

Dipl.-Ing. Jürgen Trinkwald (43), VDE, ist Leiter der Entwicklung ESV El.-Schutz- und Verbindungssysteme der OBO Bettermann GmbH & Co. in Menden (Sauerland).
E-Mail: trinkwald.esv@obo.de

Dipl.-Ing. Peter Kurzidim (??),