# Normgerecht geprüfte Blitzstromableiter

Markus Droldner • Ernst Jordan • Jan Meppelink • Jürgen Trinkwald

***Blitzstromableiter werden im Netz vielfältig beansprucht. Die Prüfung nach dem aktuellen Stand der Normen schafft hohe Betriebssicherheit. Der Beitrag fasst die Normanforderungen für die Prüftechnik zusammen und zeigt einzelne Prüfungen an geschlossenen Blitzstromableitern [1].***

Die Blitzstromableiter wurden in Kooperation mit namhaften Europäischen Prüfinstituten, VDE [2], KEMA [3], ÖVE [4], nach neuem Stand der Normen [5–9] geprüft. Dabei wurde erstmals die vollständige Prüfung nach IEC 61643-1: 1998-02 [8] und E DIN VDE 0675-6/A1 (**E VDE 0675 Teil 6/A1**):1996-03 [6] und E DIN VDE 0675-6/A2 (**E VDE 0675 Teil 6/A2**):1996-10 [7] durchgeführt. Neu ist dabei der Test des kompletten Systems aus Sicherung und Ableiter während der Arbeitsprüfung sowie die TOV-Prüfung (TOV – Temporary Over-Voltage).

### Blitzstromableiter neuer Technologie

Gegenstand der Prüfungen sind geschlossene Blitzstromableiter in Graphittechnologie [1]. Eine Installation von geschlossenen Blitzstromableitern in einer Verteilung für ein TT-Netz zeigt **Bild 1**. Dabei werden drei Phasenableiter als folgestromlöschende Mehrfachfunkenstrecke gegen den Neutralleiter und eine N-PE-Funkenstrecke zwischen Neutralleiter und PE geschaltet. Die Leistungsfähigkeit der beiden Funkenstreckentypen wird durch zahlreiche Prüfungen nachgewiesen, die in diesem Beitrag beschrieben sind.

***Bild 1**. Blitzstromableiter installiert in einer Verteilung für ein TT-Netz bestehend aus 3 Phasenableitern MC 50-B und einer N-PE-Funkenstrecke MC 125-B/NPE*

Die neuen Lightning-Controller sind geschlossene Blitzstromableiter, die kein Plasma ausblasen. Als Funkenstreckenableiter mit Mehrfachfunkenstrecken sind sie in der Lage, durch den Anoden- und Kathodenfall in den Teilfunkenstrecken den Netzfolgestrom zu unterdrücken und sicher zu unterbrechen. Die Phasenableiter sind steckbar ausgeführt, so dass eine einfache Überprüfung, z. B. der Ansprechspannung, möglich ist.

### Angewandte Prüfungsarten

Die Prüfungen gliedern sich in folgende Unterpunkte:

- Prüfung des Schutzpegels,
- Konditionierung mit Folgestrom 50 Hz,
- Arbeitsprüfung mit Impulsform 10/350 µs,
- Prüfung der Kurzschlussfestigkeit,
- Prüfung der TOV-Festigkeit,
- mechanisch-elektrische Prüfungen,
- normübergreifende Prüfungen.

Neue Prüfmethoden, die den aktuellen Forschungsergebnissen entsprechen, werden kontinuierlich in die Normen einfließen. Die Prüfungen wurden durch Tests ergänzt, welche über die Normanforderungen hinausgehen, die aber der tatsächlichen Beanspruchung entsprechen.

### Prüfung des Schutzpegels

Der Schutzpegel stellt sicher, dass die Ansprech-Blitzstoßspannung 1,2/50 µs und die Restspannung des Ableiters bei einer Impulsstrombelastung 8/20 µs stets unterhalb der Bemessungsstoßspannung der Isolationskategorie nach IEC [10] und VDE [11] bleibt.

Bei der vorliegenden Prüfung wurde einem neuen Aspekt besondere Sorgfalt gewidmet: Bei einem Blitzeinschlag und der daraus folgenden Stoßstrombeanspruchung soll das gesamte Schutzsystem voll verfügbar bleiben, d. h. die Sicherung darf nicht auslösen und nicht explodieren. Deshalb wurde erstmals die Kombination von Ableiter und Vorsicherung gemeinsam geprüft.

Vor der Arbeitsprüfung wird ein Ableiter zunächst mit Stoßstrom 8/20 µs unter anliegender Wechselspannung konditioniert. Die Wechselspannungsquelle muss im vorliegenden Fall entsprechend der Nenndaten der Lightning-Controller einen prospektiven Stoßkurzschlussstrom von 25 kA liefern. Eine Konditionierung mit

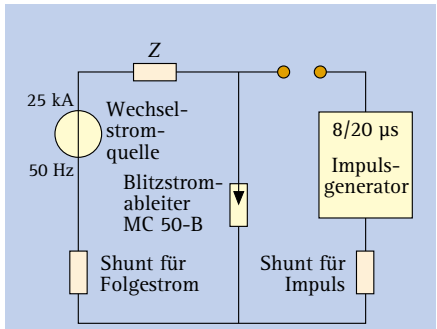


***Bild 2**. Schaltung zur Folgestromprüfung*

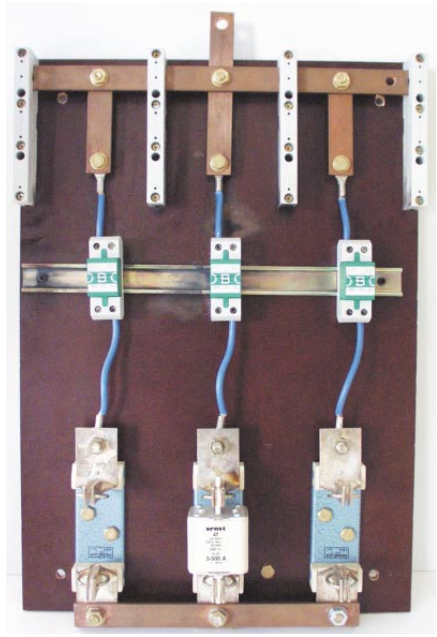

***Bild 3**. Testanordnung zur Prüfung mit Folgestrom*



K Y M C
E10123Zs etz1/01 Meppelink Seite 2

Stoßstrom 10/350 µs würde der tatsächlichen Belastung durch einen Blitzeinschlag eher entsprechen, sie ist jedoch mit der heutige Prüftechnik noch nicht durchführbar, da der lange Abklingvorgang beim 10/350-µs-Impuls den Prüftransformator gefährden würde.

In **Bild 2** wird die Prinzipschaltung dieser Prüfung gezeigt, in **Bild 3** die Prüfanordnung mit NH-Sicherung 500 A. Aus **Bild 4** ist als Beispiel das Prüfergebnis für einen Stoßkurzschlussstrom von 25 kA ersichtlich, **Bild 5** zeigt einen für derartige Hochleistungsprüfungen verwendeten Prüftransformator des IPH in Berlin [12].

Die Arbeitsprüfung umfasst die Prüfung des Ableiters mit dem Nenn-Ableitstoßstrom 10/350 µs unter Belastung mit der Nennspannung aus einer 5-A-Quelle und anschließender Abkühlung auf Raumtemperatur. **Bild 6** zeigt eine Anlage für Stoßstromprüfungen für eine Reihe von Impulsformen, z. B.: 10/350 µs bis 200 kA Scheitelwert [13].

## Prüfung der Kurzschlussfestigkeit

Zweck der Kurzschlussprüfung eines Blitzstromableiters ist der Nachweis, dass der Ableiter einen internen Fehler (Kurzschluss der Funkenstrecke) ohne Feuer oder Offenlegen von spannungsführenden Teilen übersteht. Der Ableiter wird zusammen mit der Sicherung getestet (**Bild 3**) und in einer mit Seidenpapier ausgekleideten Box installiert. Diese Art der Kurzschlussprüfung ist nach den aktuellen Normen bisher nicht vorgesehen. Für die Prüfung der Ableiter wurden daher ergänzend die neuen Entwürfe [9] berücksichtigt.

Der Ableiter wurde im vorliegenden Fall mit einer stromtragfähigen Überbrückung (Kurzschluss) und mit vorgeschalteter Sicherung geprüft. Die Ermittlung der maximalen Vorsicherung bei einem zum Zweck der Prüfung kurzgeschlossenen Blitzstromableiter ist deshalb so wichtig, weil die so ermittelte Vorsicherung innerhalb der Arbeitsprüfung den maximalen Blitzprüfstrom des Ableiters festlegt. Mit dieser Prüfung nach [9] soll sichergestellt werden, dass zukünftig keine Blitzstromableiter auf den Markt kommen, die ein immens hohes Blitzstromtragvermögen aufweisen, aber z. B. mit einer 100 A Sicherung vorgesichert werden müssen, die nicht in der Lage ist, den eigentlichen Blitzstrom zu führen.

## Prüfung auf TOV-Festigkeit im Fehlerfall

TOV tritt im Besonderen in TT-Netzen zwischen den Außenleitern und dem PE sowie zwischen dem Neutralleiter und dem PE in Falle eines Erdfehlers im Mittelspannungsnetz auf [14]. Der TOV-Test ist in E DIN VDE 0675 Teil 6/A2 **(E VDE 0675 Teil 6/A2)**: 1996-10 [7] beschrieben. Die TOV-Prüfung betrifft im Besonderen die N-PE-Funkenstrecken, die im TT-Netz zwischen N-Leiter und PE geschaltet sind. Im Falle eines Blitzeinschlags zündet die N-PE-Funkenstrecke und führt den Summenblitzstrom. Diese Funktion wird durch die bisher beschriebenen Prüfungen abgedeckt.

Bei der TOV-Prüfung wird nachgewiesen, dass die N-PE-Funkenstrecke im Falle eines Erdfehlers im Mittelspannungsnetz die zwischen N-Leiter und PE auftretende Spannungserhöhung und den damit verbundenen Strom tragen kann, ohne dabei Feuer zu fangen oder spannungsführende Teile freizulegen. Zu diesem Zweck wird die Funkenstrecke in einer mit Seidenpapier ausgeschlagenen Box installiert. An die Funkenstrecke wird eine Spannung von 1 200 V zusätzlich zur Nennspannung für eine Zeit von 200 ms angelegt. Die Funkenstrecke zündet und führt einen Strom, der nach Norm 300 A beträgt. **Bild 7** zeigt das Ergebnis des TOV-Tests. Die N-PE-Funkenstrecke braucht nach diesem Test nicht mehr zu funktionieren.

## Mechanisch-elektrische Prüfungen

Die Prüfungen umfassen die Schlagprüfung, Glühdrahtprüfung, Klemmenprüfung, IP-Prüfung, Luft-und Kriechstreckenprüfung und die Prüfung mit Nennstrom. Gerade für einen Blitzstromableiter vom Typ B (hohen Blitzströmen ausgesetzt), ist die Klemmenprüfung wichtig. Elektrodynamische Kräfte steigen mit dem Quadrat des Stroms an. Daher wirken bei den Nennströmen von 50 kA für die Phasenableiter und 125 kA für die N-PE-Funkenstrecke hohe Kräfte, so dass ein Ausreißen der Leitungen aus den Klemmen vermieden werden muss. Die Ableiter sind daher mit speziellen stoßstromfesten Klemmen für flexible Leitungen (35 mm²) ausgeführt (**Bild 1**), so dass die Leitungen auch unter härtester Beanspruchung nicht herausgerissen werden können. Die in **Bild 1** gezeigten Ableiter verfügen über Doppelklemmen. Daher kann ein Nennstrom von maximal 125 A durch den Klemmenblock geführt werden. Dies macht eine zusätzliche Erwärmungsprüfung erforderlich.

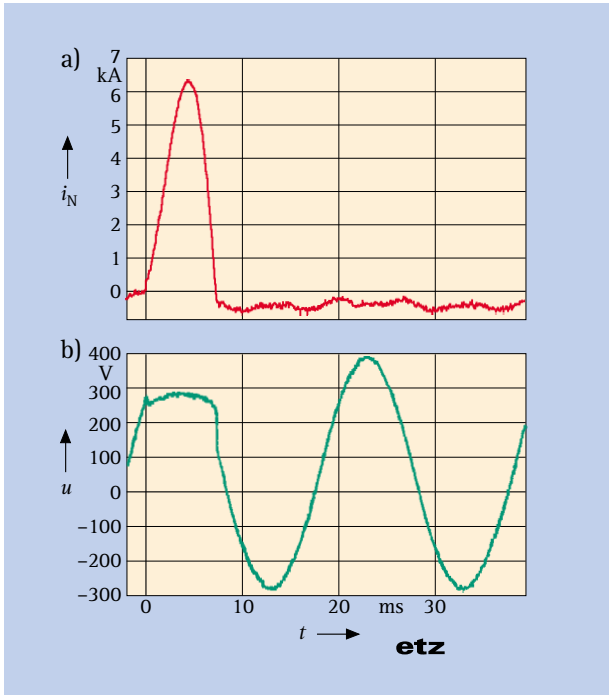


***Bild 4**. Folgestromtest:*
*a) Folgestrom, Strom im Ableiter (Prospektiver Stoßkurzschlussstrom 25 kA, Auslösewinkel 30°)*
*b) Folgestromtests: Spannung über dem Ableiter (Prospektiver Stoßkurzschlussstrom: 25 kA, Auslösewinkel 30°)*

***Bild 6**. Stoßstromanlage des BET – Blitzschutz- und EMV-Technologiezentrum*

***Bild 5**. Prüftransformator (Werkbild IPH Berlin)*

## Normübergreifende Prüfungen

Ableiter werden im Netz durch eine komplexe Vielfalt von Spannungen und Strömen beansprucht. Daher wurden während der Entwicklung eines Blitz-



K Y M C E10123Zs etz1/01 Meppelink Seite 3

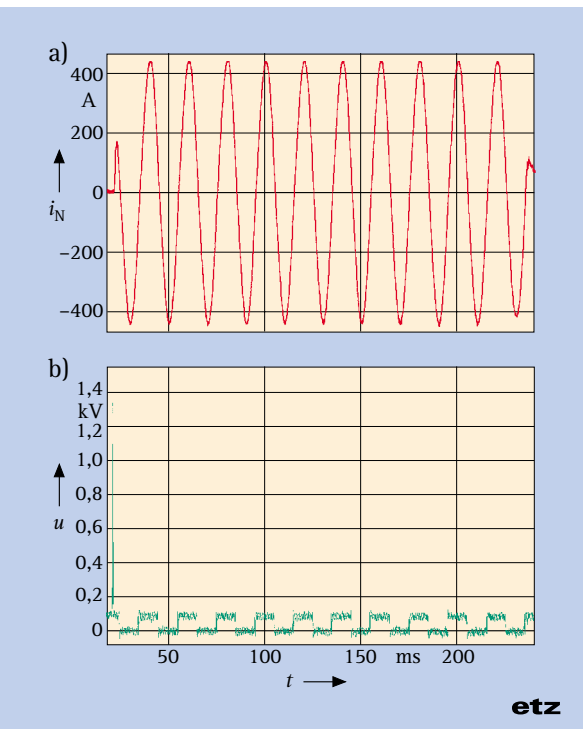


***Bild 7**. Ergebnis des TOV-Failure Tests: a) Strom im Ableiter, b) Spannung am Ableiter*

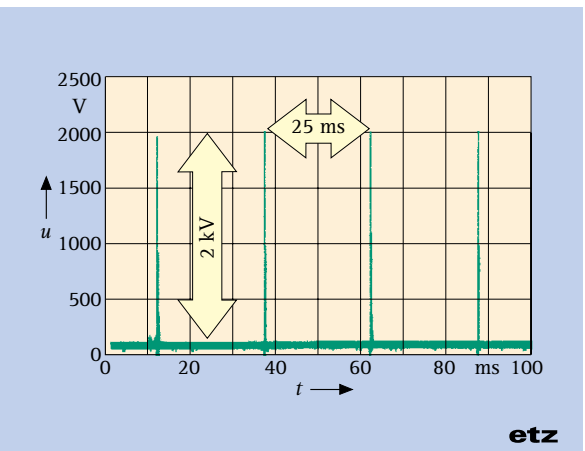


***Bild 8**. Zünden der Funkenstrecke bei Mehrfachimpulsen*

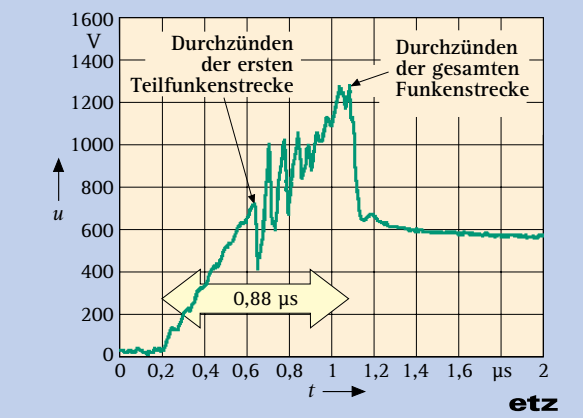


***Bild 9**. Zündverhalten des Lightning-Controllers MC 50-B bei Blitzstoßspannung*

stromableiters weitere Tests durchgeführt, damit der Hersteller die Sicherheit im späteren Netzbetrieb gewährleisten kann. Eine besondere Belastung eines Ableiters stellt die Beanspruchung durch Stoßströme aus Folgeblitzen dar. Durch Folgeblitze einer negativen Wolke-Erde-Blitzentladung kommt es vor, dass ein Ableiter während eines Blitzes mehrfach gezündet wird und dabei mehrfach den Netzfolgestrom zu unterbrechen hat.

Ein Test mit Netzfolgestrom wurde erfolgreich mit einem Blitzstromgenerator für Doppelimpulse [15] ausgeführt. Das Zünden der Funkenstrecke bei Mehrfachimpulsen wurde mit einem Hybridgenerator [16] für Multiple Impulse durchgeführt. **Bild 8** zeigt das Zündverhalten eines Lightning-Controllers MC 50-B bei vier aufeinanderfolgenden Impulsen eines Hybridgenerators mit einer Leerlaufspannung 1,2/50 µs und einem Stoßstrom 8/20 µs im Kurzschluss von 35 kA. Jeder Impuls zündet die Funkenstrecke beim Schutzpegel von 2 kV und treibt einen Strom von 35 kA durch die Funkenstrecke. In der Zeit zwischen den Impulsen wird die Funkenstrecke ausreichend entionisiert, so dass die erneute Zündung wieder beim Schutzpegel erfolgt. Damit ist die Funktion der Funkenstrecke auch bei multiplen Impulsen durch einen negativen Wolke-Erde-Blitz geprüft.

Für die Isolationskoordination in Niederspannungsnetzen ist die Kenntnis der Stoßkennlinie des Ableiters zur Beurteilung des Schutzpegels auch bei großen Spannungssteilheiten notwendig. Daher wurde die Stoßkennlinie des Ableiters ermittelt. Die Vorteile einer Mehrfachfunkenstrecke zeigt **Bild 9**. Es zündet zunächst eine Teilfunkenstrecke, die dann die anderen Teilfunkenstecken sukzessive durchzündet. Durch die Verwendung von Plattenelektroden in der Funkenstrecke wird eine sehr kleine Durchzündzeit von kleiner 1 µs erreicht.

## Literatur


[1] *Drilling, C.; Droldner, M., Jordan, E., Meppelink, J., Trinkwald, J.*: Geschlossene Blitzstromableiter mit erweitertem Betriebsbereich. etz Eletrotech. + Autom. 121 (2000) H. 7-8, S. 32–34

[2] www.vde.com

[3] www.kema.nl

[4] www.ove.at

[5] E DIN VDE 0675-6 (**E VDE 0675 Teil 6**):1989-11. Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG (www.vde-verlag.de)

[6] E DIN VDE 0675-6/A1 (**E VDE 0675 Teil 6/A1**): 1996-03 Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V. Änderung 1. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG (www.vde-verlag.de)



*Dipl.-Ing. Markus Droldner und Ing. (grad.) Ernst Jordan sind Mitarbeiter der BET – Blitzschutz und EMV Technologiezentrum GmbH in Menden.*

*Dr.-Ing. Jan Meppelink ist Professor für Hochspannungstechnik an der Universität Gesamthochschule Paderborn, Abt. Soest, FB 16 und wissenschaftlicher Berater im BET.*

*Dipl.-Ing. Jürgen Trinkwald ist Leiter der Entwicklung ESV – Elektrische-Schutz- u. Verbindungssysteme bei der OBO Bettermann GmbH in Menden.*



[7] E DIN VDE 0675-6/A2 (**E VDE 0675 Teil 6/A2**): 1996-10 Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V. Änderung 2. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG (www.vde-verlag.de)

[8] IEC 61643-1:1998-02 Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods. Genf/Schweiz: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale. Zu beziehen über VDE VERLAG, Berlin oder www.iec-normen.de

[9] IEC 37A/94/CDV:1999-12 IEC 61643-1 Am. 1: Amendment 1 to IEC 61643-1 – Fragment 1: Miscellaneous changes and Fragment 2: Draft proposal to integrate a TOV-Characteristic test into the standard. Genf/Schweiz: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale.

[10] www.iec.ch

[11] www.vde-verlag.de

[12] www.iph.de

[13] *Drilling, C.; Droldner, M.; Jordan, E.; Meppelink, J.*: Blitzschutzeinrichtungen auf dem Prüfstand. etz Elektrotech. + Autom. 119 (1998) H. 3-4, S. 68–69

[14] IEC 60364-4-442:1999-06 Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 44: Protection against overvoltages – Section 442: Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages and faults between high-voltage systems and earth. Genf/Schweiz: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale. Zu beziehen über VDE VERLAG, Berlin oder www.iec-normen.de

[15] *Meppelink, J.*: Multipler Blitzstromgenerator. etz Elektrotech. + Autom. 121 (2000) H. 3-4, S. 52

[16] *Drilling, Ch.; Droldner, M.; Jordan, E.; Meppelink, J.*:A new combined crow bar generator for complex testing of lightning protection equipment using multiple lightning currents. International Conference on Lightning Protection (ICLP) 14.9.–18.9.1998 in Birmingham/Großbritannien, S. 905–912. Birmingham/Großbritannien: School of Engineering and Advanced Technology, 1998



***etz finden Sie im Internet unter http://www.etz.de***





K Y M C

E10123Zs etz1/01 Meppelink Seite 4