



DEHN + SÖHNE

# Überspannungsschutz – praxisgerecht und normkonform.



SONDERDRUCK NR. 61 AUS ETZ 10/2006





# Überspannungsschutz – praxisgerecht und normkonform

**Überspannungsschutzgeräte tragen wesentlich zum Funktionserhalt elektrischer Anlagen und elektronischer Systeme bei. Nationale Produktnormen wurden zwischenzeitlich durch international und europäisch harmonisierte Produktstandards abgelöst. Die Auswahl von Überspannungsschutzgeräten entsprechend der Systemanforderungen am Einsatzort wird durch spezifische Anwendungsnormen beschrieben. Auf der Basis dieser Produkt- und Anwendungsstandards entstand eine vollkommen neuartige Generation von Überspannungsschutzgeräten. Wie auch in anderen Bereichen ist für den Überspannungsschutz die stetige Weiterentwicklung zusammen mit den immer komplexer werdenden elektrischen Anlagen unabdingbar.**

Jens Ehrler

Der Einsatz von Überspannungsschutzgeräten zum Schutz elektrischer Anlagen und Systeme gehört mittlerweile nicht nur in Deutschland zum Standard. Dies spiegelt auch die gegenwärtige Normenlage wider: Mit der IEC 61643-1:2005-03 [1] und der DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2002-12 [2] liegen internationale und europäische Produktnormen für Überspannungsschutzgeräte vor. Da diese Produktnormen im Wesentlichen die Durchführung und Dokumentation von produktspezifischen Prüfungen beschreiben, sind diese Normen hauptsächlich für die Hersteller von Überspannungsschutzgeräten und für unabhängige Prüfinstitute, wie dem VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut [3], von Interesse.

Aussagen darüber, ob ein vom Anwender ausgewähltes Überspannungsschutzgerät den gewünschten Schutz der zu schützenden Anlage sicherstellt und ob die Produkteigenschaften den Anforderungen am Einsatzort entsprechen, findet man nicht in den erwähnten Produktstandards. Um Anhaltspunkte dazu zu geben, wurden Anwendungsrichtlinien/-normen erarbeitet, die dem Anwender die wichtigsten Regeln für die richtige Auswahl der Überspannungsschutzgeräte und deren fachgerechte Installation aufzeigen.

Anhand der neuen Red-Line-Produktfamilie, bestehend aus Überspannungsschutzgeräten (Ableiter) des Typs 1, Typs 2 und Typs 3, soll dargestellt werden, wie die Anforderungen aus der Anwendungsnorm für Überspannungsschutzgeräte E DIN IEC 60364-5-53/A2



**Bild 1.** Vertreter der neuen Red-Line-Produktfamilie – Ableiter der Typen 1, 2 und 3

(VDE 0100-534):2001-06 [4] in die Produktentwicklung eingeflossen sind. Bild 1 zeigt drei Vertreter dieser Produktlinie.

## Ausführung der Schutzschaltung

Da Überspannungen atmosphärischen Ursprungs (Blitzüberspannungen) prinzipiell gegen das Erdpotential einer elektrischen Anlage auftreten, ist auch der Überspannungsschutz einer Niederspannungs-Verbraucheranlage zwischen den aktiven Leitern und dem lokalen Erdpotential vorzusehen. Besonders beim Einsatz von Ableitern des Typs 1, welche die Aufgabe des Blitzschutz-Potentialausgleichs übernehmen, kommt der Verbindung zur lokalen Erdungsanlage eine besondere Bedeutung zu.

Abhängig vom Netzsystem (System nach Art der Erdverbindung) der Niederspannungs-Verbraucheranlage gestalten

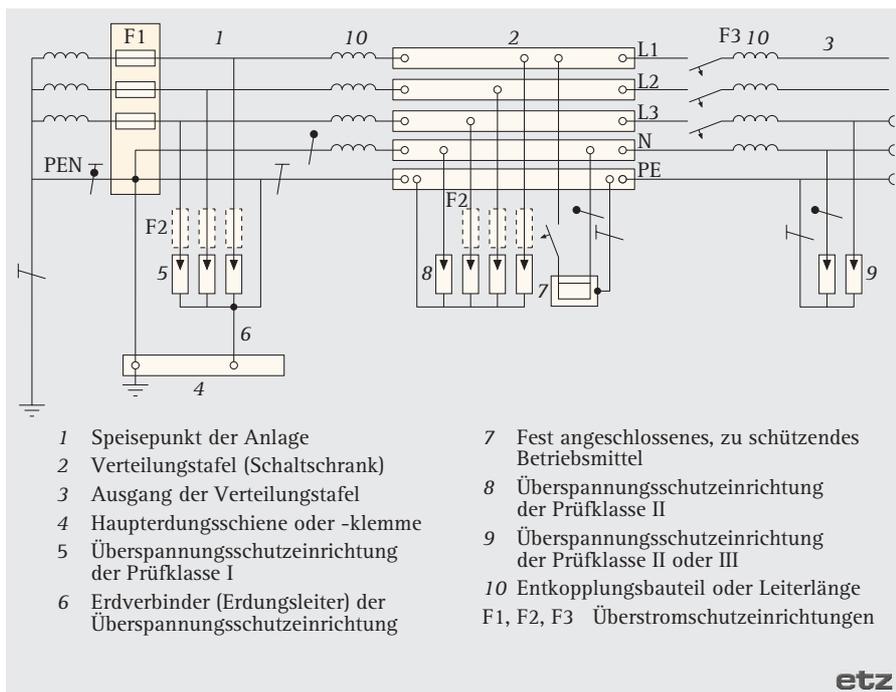
sich die Anzahl der notwendigen Schutzpfade und der Anschluss der Ableiter.

Bild 2 zeigt den Einsatz von Ableitern im TN-System nach [4]. Da sich herausgestellt hat, dass die unterschiedlichen Einsatzvarianten in der Praxis oft zur Verunsicherung der Anwender geführt haben, wurde bei der Neuentwicklung der Gerätefamilien „Dehn-Ventil modular“ und „Dehn-Guard modular“ das Konzept der mehrpoligen anschlussfertigen Ableiter von den seit Jahren bewährten Gerä-

ten auf die neuen Geräteserien übertragen. Die Auswahl der Geräte kann sehr einfach über die systemspezifische Gerätebezeichnung erfolgen. Bild 3 zeigt einen Typ-2-Ableiter im TT-System.

## Höchste Dauerspannung

Früher als Ableiterbemessungsspannung bezeichnet, hat die Auslegung der höchsten Dauerspannung  $U_c$  des Ableiters oft für die Anlage eine höhere Bedeutung als dies der Anwender im ersten Moment erahnt. Wie es der Begriff schon unmissverständlich klarstellt, hat ein Überspannungsschutzgerät die Aufgabe, eine elektrische Anlage sowie deren Betriebsmittel und Verbraucher gegen Überspannungen zu schützen. Dabei ist nicht allein der Schutzpegel des Ableiters von Bedeutung, sondern vielmehr seine Wechselwirkung mit den zu schützenden Einrichtungen. Damit der Überspan-



**Bild 2.** Einsatz von Ableitern im TN-System nach [4]



**Bild 3.** Anschlussfertiger Ableiter Typ 2 „Dehn-Guard M TT“ für das TT-System

## Verhalten bei temporären Überspannungen (TOV)

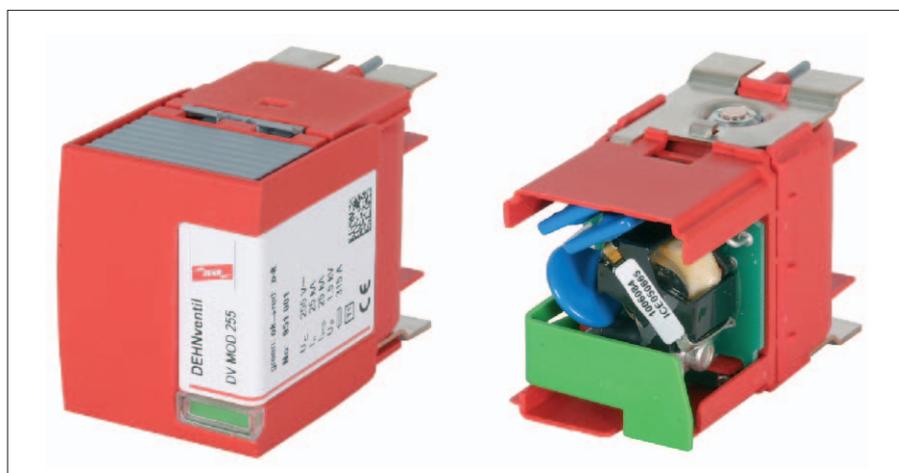
Ein Ableiter nach den vorab genannten Produktnormen hat die Aufgabe, schnelle und kurzzeitig auftretende Überspannungen zu begrenzen. Zur Unterscheidung dieser Überspannungen – die man auch aufgrund ihrer Entstehung als Blitz- und Schaltüberspannungen bezeichnet – zu lang anhaltenden Spannungserhöhungen mit Netzfrequenz, verwendet die Fachwelt häufig die Begriffe „Transienten“, „transiente Überspannungen“ oder „Surges“. Die Bezeichnung „temporäre Überspannung“ oder kurz „TOV“ ist hingegen den zeitlich begrenzten Span-

nungserhöhungen mit Nennfrequenz vorbehalten. Diese können vom Überspannungsschutz aufgrund ihrer langen Zeitdauer nur bedingt begrenzt werden. Sie stellen jedoch für die Ableiter oft eine hohe Beanspruchung dar.

Als Ursache für derartige TOV können verschiedene Fehlerzustände in- und außerhalb der Niederspannungs-Verbraucheranlage eines Gebäudes auftreten. Exemplarisch für die in DIN VDE 0100-442 (VDE 0100-442):1997-12 [5] beschriebenen Ursachen für TOV sei der Erdfehler auf der Hochspannungsseite des Ortsnetz-Transformators genannt. Je nach Niederspannungs-Systemauslegung ergibt sich eine Belastung für die in der Verbraucheranlage eingesetzten Überspannungsschutzgeräte. In den aktuellen Produktnormen für Überspannungsschutzgeräte wurden Prüfmethode implementiert, die das Verhalten der Geräte bei derartigen Belastungen ermitteln. Während jedoch die Produktnormen als Mindestanforderung für die Ableiter primär nur formulieren, dass bei einer Belastung mit TOV keine Brandgefahr vom Gerät ausgehen darf (sogenannt TOV-sicher), verlangt die Anwendungsnorm [4] die Einhaltung der TOV-Festigkeit, d. h. den vollständigen Funktionserhalt der Überspannungsschutzgeräte. Bei einer Nennspannung von 230/400 V ergeben sich die zu berücksichtigenden TOV-Spannungen von  $1,45 \cdot U_0 = 333,5 \text{ V}$  (mit  $U_0$  als normierte Leiter-Erde-Spannung des Niederspannungsnetzes) für alle Schutzpfade zwischen L und N (PEN) und 1 200 V für den N-PE-Schutzpfad bei der Schaltungsvariante „3+1“ [6]. Diese Forderungen wurden bei der Entwicklung der Red-Line-Produktfamilie zugrunde gelegt. Den hohen Verfügbarkeitsan-

nungsschutz den Betrieb der Anlage unter Normalbedingungen nicht beeinträchtigt und dennoch die gewünschte Schutzwirkung aufweist, empfiehlt die Installationsnorm [4] die Auslegung der höchsten Dauerspannung der Ableiter entsprechend der Systemspannung der Anlage, inkl. der zu berücksichtigenden Spannungstoleranz von 10 %. Somit ergibt sich für TN- und TT-Systeme eine Dimensionierung der höchsten Dauerspannung  $U_c$  von 253 V (230 V + 10 %).

In Systemen mit isoliertem Sternpunkt (IT-System) ist der einpolige Erdfehler als zeitlich begrenzter Betriebszustand bei der Auswahl der höchsten Dauerspannung der Ableiter zu berücksichtigen.



**Bild 4.** Dehn-Ventil-Schutzmodul bestehend aus Radax-Flow-Funkenstrecke (nicht sichtbar), Monitoring-Schaltung zur Energieflusssteuerung und Überwachungseinrichtung



Bild 5. Radax-Flow-Funkenstrecke im Detail

sprüchen beim Einsatz von Typ-1-Ableitern gerecht werdend, wurde der TOV-Spannungsbereich für die neuen Kombi-ableiter „Dehn-Ventil modular“ von 333,5 V auf 440 V erhöht, ohne dabei die übrigen Geräteeigenschaften zu beeinträchtigen. Diese schwierige Forderung konnte nur durch eine genaue Anpassung der Monitoring-Schaltung an die Energieflusssteuerung der eingesetzten Radax-Flow-Funkenstrecke realisiert werden (Bild 4).

### Der Schutzpegel

Der Schutzpegel der Überspannungsschutzgeräte in einer Niederspannungs-Verbraucheranlage orientiert sich traditionell an der Auslegung der Stoßspannungsfestigkeit der einzelnen Installationsabschnitte nach der Überspannungskategorie. Der in der Anwendungsnorm [4] geforderte Schutzpegel von 2,5 kV entspricht der Stoßspannungsfestigkeit in der Überspannungskategorie II. Diese pauschale Forderung ist sicher für einen Teil der Installation ausreichend. Doch sowohl die Gerätenormen von Betriebsmitteln und Endgeräten als auch die Praxiserfahrungen zeigen, dass ein derartig ausgelegtes Schutzsystem die Anlage nicht sicher vor Überspannungen schützen kann. Aus diesem Grund wurde bei der Auslegung der neuen Gerätefamilien darauf Wert gelegt, die Schutzanforderungen der zu schützenden Geräte zu berücksichtigen. Zahlreiche labortechnische Untersuchungen an einer Vielzahl von unterschiedlichen Applikationen bildeten die Grundlage für die Dimensionierung der Überspannungsschutzgeräte [7].

### Energetische Koordination

Wie bereits schon an anderer Stelle erwähnt, ist jedoch nicht allein der Schutzpegel des Überspannungsschutzgeräts ein

Garant für den wirkungsvollen Überspannungsschutz eines Systems. Sowohl die Wechselwirkungen zwischen den Ableitern im Rahmen des gestaffelten Schutzsystems als auch die Wechselwirkungen zwischen Überspannungsschutz/Überspannungsschutzsystem und Endgerät sind zu beachten. Zur Verdeutlichung, dass es sich dabei nicht um einen reinen Vergleich von Spannungsschwellwerten und Schutzpegelwerten handelt, sondern dass eine Betrachtung des Energieaufnahmevermögens der einzelnen Schutzstufen und Geräte notwendig ist, wird diese Anpassung als energetische Koordination bezeichnet [8].

Die Dimensionierung der Red-Line-Produktfamilie geht weit über die in [4] beschriebenen Mindestanforderungen nach energetischer Koordination der Überspannungsschutzgeräte untereinander hinaus und ist für Überspannungsschutzgeräte einzigartig. Die einzelnen Ableitertypen (vgl. Bild 1) sind dabei gemeinsam als Schutzkette, aber auch jedes Schutzgerät eigenständig mit Endgeräten energetisch koordinierbar.

### Das Ableitvermögen

Das notwendige Ableitvermögen sowie die für diesen Wert zu verwendende Stoßstrom-Wellenform richten sich in erster Linie nach dem Einsatzort des Ableiters innerhalb der Anlage. Während der Typ-1-Ableiter zum Zwecke des Blitzschutz-Potentialausgleichs am Eintritt der Leitung im Gebäude eingesetzt wird und demzufolge mit Blitzströmen der Wellenform 10/350  $\mu$ s zu bemessen ist, sind die Ableiter vom Typ 2 und Typ 3 für Stoßströme mit der deutlich kürzeren Impulszeit 8/20  $\mu$ s bemessen.

Die neuen Kombi-ableiter sind in allen Drehstromvarianten für die Anforderungen entsprechend Blitz-Schutzklasse I ausgelegt. Damit lässt sich ein Systemschutz bis zu Blitzströmen von 200 kA realisieren. Nur Funkenstrecken können Blitzströme von einigen 10 kA bis 100 kA (10/350  $\mu$ s) pro Pfad zerstörungsfrei führen. Die durch das Schaltverhalten der Funkenstrecke einsetzende Verkürzung des Stoßstromimpulses ermöglicht erst das selektive Wirken einer energetisch koordinierten Ableiterkette.

### Kurzschlussfestigkeit, Folgestrom-Löschvermögen und -Begrenzung

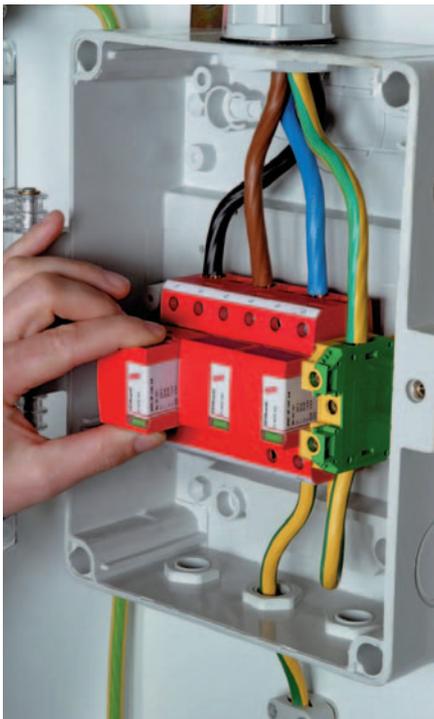
Die Forderung, dass die Kurzschlussfestigkeit der Überspannungsschutzgeräte mind. dem am Einbauort zu erwartenden Kurzschlussstrom entsprechen muss [4], ist jedem Fachmann sofort einleuchtend, wird aber dennoch häufig missachtet. Besonders bei Anlagen im Industriebereich, bei denen zum Teil sehr hohe Kurzschlussströme auftreten können, kann dadurch leicht ein Gefährdungspotential für die Anlage entstehen.

Die Geräte der „Dehn-Ventil modular“- und „Dehn-Guard modular“-Gerätefamilien sind standardmäßig für Anlagenkurzschlussströme  $I_{SC,eff}$  von 50 kA ausgelegt. Dies belegt ihren universellen Einsatz im Wohn-, Gewerbe- und Industriebereich.

Ebenfalls folgenschwere Auswirkungen können sich ergeben, wenn beim Einsatz von Ableitern auf Funkenstreckenbasis der Anlagenkurzschlussstrom das Folgestromlöschvermögen des Ableiters übersteigt. In diesem Fall kann es dazu kommen, dass der Ableiter nach dessen Ansprechen nicht wieder verlöscht und demzufolge einen Kurzschluss im Installationspfad des Ableiters erzeugt.

Im unkritischsten Fall wird dabei nur die in Reihe zum Ableiter installierte Ableitervorsicherung ausgelöst. Dieses Auslösen der Ableitervorsicherung hat jedoch zur Folge, dass die Anlage keinen Überspannungsschutz mehr aufweist. Unter der Beachtung, dass nahezu alle Blitzentladungen sich aus Mehrfachentladungen zusammensetzen, entsteht eine verhängnisvolle Kettenreaktion.

Aus den Betriebserfahrungen mit niedrig ansprechenden Funkenstreckenableitern wurde in den letzten Jahren ein neuer Geräteparameter entwickelt – die Folgestrombegrenzung. Während ein Ableiter mit einem Schutzpegel von 3,5 kV bis 4 kV nur zum Zünden gebracht wird, wenn energiereiche Überspannungen auftreten, meistens generiert von direkten oder nahen Blitzeinschlägen, übernehmen niedrig ansprechende Ableiter auch den Schutz der Anlage vor Schaltüberspannungen mit kleineren Spannungsamplituden und geringerer Impulsenergie. Der Ableiter kommt damit wesentlich häufiger zur Zündung. Besitzt der Funkenstreckenableiter keine ausreichende Folgestrombegrenzung, ist die Ausbildung eines netzfrequenten Folgestroms bis zur Höhe des Anlagenkurzschlussstroms möglich. Das Auslösen der Ableitervorsicherung und/oder des Anlagen-



**Bild 6.** Einfacher Schutzmodulwechsel durch Modulentriegelungstaste

schutzes mit anschließendem Schutz- bzw. Funktionsverlust sind die Folge. Dieser Zustand ist für eine Vielzahl von elektrischen Anlagen auf keinen Fall tolerierbar. Die in den neuen Kombiableitern realisierte Funkenstreckentechnologie vermeidet derartige Szenarien. Bild 5 zeigt den Schnitt durch eine Funkenstrecke. Das patentierte Radax-Flow-Verfahren [9, 10] zur Lichtbogenbeeinflussung durch Druckerhöhung sowie radial und axial wirkender Gasströmung wurde für die neuen Geräte in einer noch kompakteren Form ausgebildet, um die Integration der Funkenstrecke und ihrer Energieflusssteuerung in ein wechselbares Schutzmodul zu ermöglichen. Mit dieser Radax-Flow-Funkenstreckentechnik lässt sich selbst bei Anlagenkurz-

schlussströmen  $I_{SC,eff}$  von 50 kA eine Ausschaltselektivität zu einer 20-A-gL/gG-Sicherung erreichen [6].

## Mechanische Anforderungen

Neben den elektrischen Parametern der Überspannungsschutzgeräte der Red-Line-Produktfamilie spiegeln auch eine Reihe anderer Produktmerkmale die Umsetzung der Forderung aus der Anwendungsnorm [4] wider. Alle Überspannungsschutzgeräte des Typs 1, 2 und 3 sind mit mechanisch wirkenden Funktions- und Defektanzeigen ausgerüstet. Dabei werden durchgängig alle Schutzpfade optisch signalisiert. Jede Gerätevariante ist zusätzlich mit potentialfreiem Wechslerkontakt zur Fernsignalisierung erhältlich. Die Ausführung von Doppelklemmen zur Durchgangsverdrahtung und die Verwendung von standardisierten Kammschienen zur Verbindung mit anderen Reiheneinbaugeräten ermöglichen eine einfache Einhaltung der nach [4] geforderten max. Anschlusslänge von 0,5 m bei einer Vielzahl von Anwendungen.

Durch den Aufbau des Kombiableiters als reiner Funkenstreckenableiter und dem betriebs- und leckstromfreien Aufbau der Funktions- und Defektanzeige ist ein Entfernen des Ableiters bei Isolationsmessungen mit einer Prüfspannung bis 500 V nicht notwendig. Bei Verwendung höherer Prüfspannungen kann eine Messwertverfälschung durch eine einfache Modulentnahme verhindert werden.

Das Modulverriegelungssystem kennzeichnet alle neuen Red-Line-Geräte. Ohne Hilfswerkzeug und ohne übermäßige Kraftanstrengungen lässt sich mithilfe der Modulentriegelungstaste jedes Schutzmodul einfach entfernen und wieder installieren (Bild 6). Die werksseitig am Schutzmodul und am Gerätebasisteil angebrachte mechanische Codierung verhindert dabei Fehlbestückungen.

## Literatur

- [1] IEC 61643-1:2005-03 Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests. Genf/Schweiz: Bureau de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-7849-7)
- [2] DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2002-12 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen. Berlin·Offenbach: VDE VERLAG
- [3] VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut, Offenbach (am Main): www.vde-institut.com
- [4] E DIN IEC 60364-5-53/A2 (VDE 0100-534): 2001-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kapitel 53: Schaltgeräte und Steuergeräte – Hauptabschnitt 534: Überspannungs-Schutzeinrichtungen. Berlin·Offenbach: VDE VERLAG
- [5] DIN VDE 0100-442 (VDE 0100-442):1997-12 Elektrische Anlagen von Gebäuden – Teil 4: Schutzmaßnahmen – Kapitel 44: Schutz bei Überspannungen – Hauptabschnitt 442: Schutz von Niederspannungsanlagen bei Erdschlüssen in Netzen mit höherer Spannung. Berlin·Offenbach: VDE VERLAG
- [6] Ehrler, J.: Überspannungs-Schutzgeräte mit hoher Folgestrombegrenzung. etz Elektrotech. + Autom. 125 (2004) H. 1, S. 18–23 (ISSN 0948-7387)
- [7] Birkl, J.; Zahlmann, P.: Design and test of lightning and overvoltage protection schemes for lv power distribution systems of telecommunication sites. S. 602–607 in conference proceedings 26. International Conference on Lightning Protection (ICLP). ICLP 2002, 2.9.–6.9.2002 in Krakau/Polen. Krakau/Polen: Association of Polish Electrical Engineers, 2002 (ISBN 83-91068-95-1)
- [8] N. N.: Koordinierter Überspannungsschutz. Systemschutz + Endgeräteschutz = Anlagenverfügbarkeit. Druckschrift 641/1005. Neumarkt (Oberpf): Dehn + Söhne, 2005 (Online-Dokument unter www.dehn.de/www\_DE/PDF/DS/DS641.pdf)
- [9] Ehrler, J.: Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit durch Ableiter in ICE-Technologie. etz Elektrotech. + Autom. 122 (2001) H. 15, S. 18–23 (ISSN 0948-7387)
- [10] Funkenstrecke. DPA-Patentschrift DE19717802 vom 26.4.1997

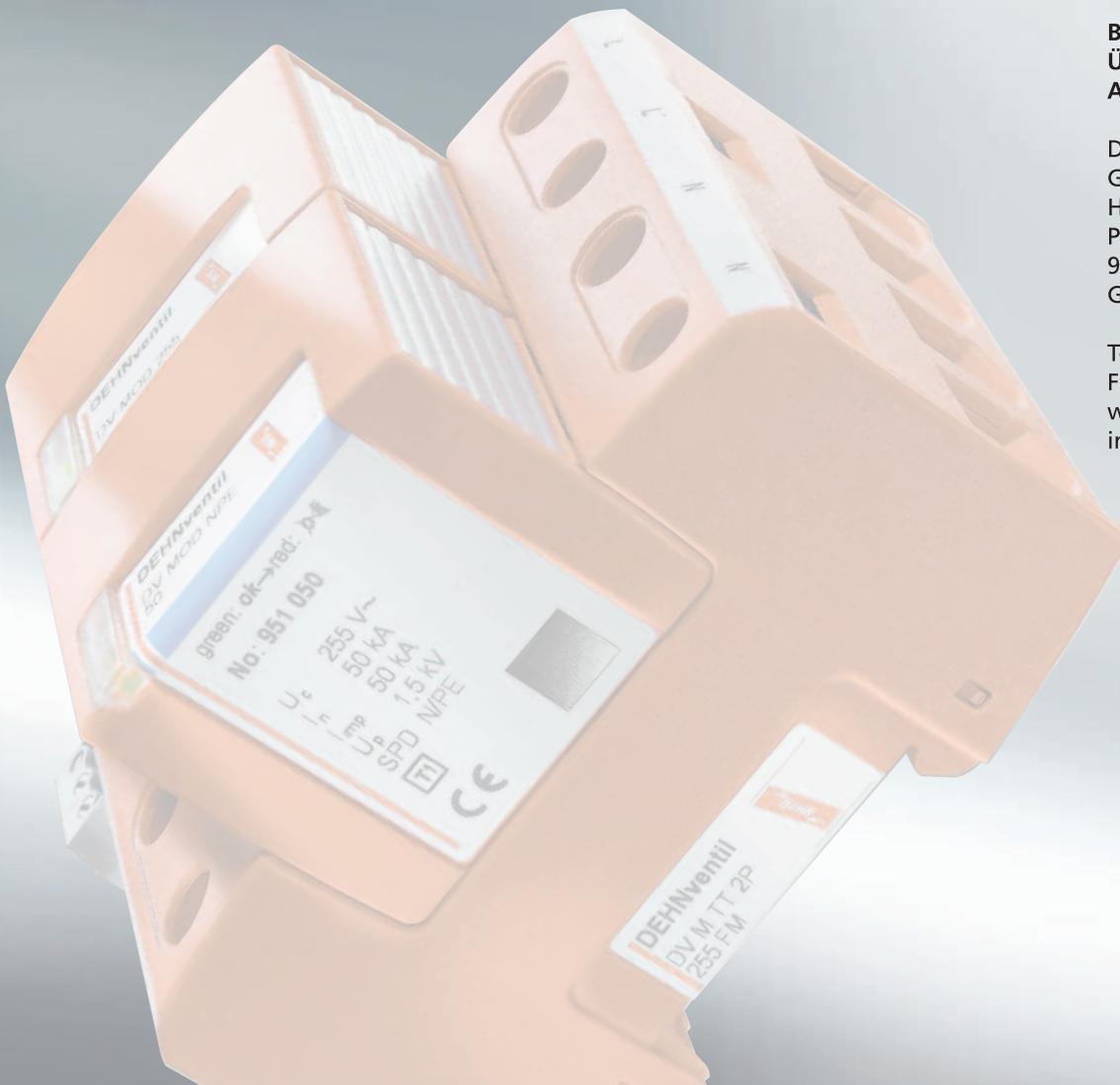
Dipl.-Ing. **Jens Ehrler** (39), VDE, studierte Elektrotechnik an der TU Dresden mit Schwerpunkt EMV und Automatisierungstechnik. Er ist Produktmanager Überspannungsschutz bei der Dehn+Söhne GmbH+Co. KG in Neumarkt (Oberpf). E-Mail: jens.ehrler@dehn.de







DEHN + SÖHNE



**Blitzschutz  
Überspannungsschutz  
Arbeitsschutz**

DEHN + SÖHNE  
GmbH + Co.KG.  
Hans-Dehn-Str. 1  
Postfach 1640  
92306 Neumarkt  
Germany

Tel.: +49 9181 906-0  
Fax: +49 9181 906-100  
[www.dehn.de](http://www.dehn.de)  
[info@dehn.de](mailto:info@dehn.de)