



# Sonderdruck

Überspannungsschutzkonzept  
für die LED-Straßenbeleuchtung

## Inhalt

Praktischer Aufbau und  
Schadensursachen

Stoßstromprüfungen und  
Stoßspannungsprüfungen an  
LED-Mastleuchten

Schutzkonzepte

Verifikation der Schutz-  
beschaltungen im Prüflabor

## Sonderdruck aus

netzpraxis, Heft 11/14

Schäden, Gefahren, Risiken

## Überspannungsschutzkonzept für die LED-Straßenbeleuchtung

In Kommunen und bei Stadtwerken finden im Moment Umrüstaktionen im Bereich der Straßenbeleuchtung statt. Hier wird häufig von konventioneller Beleuchtungstechnik auf LED-Technik umgestellt. Gründe dafür sind z.B. Energieeffizienz, Förderprogramme, Marktausschluss bestimmter Lampentechniken aber auch die Langlebigkeit der neuen LED-Technik. Um die Langlebigkeit und die Verfügbarkeit sicherzustellen und um unnötige Wartungseinsätze zu vermeiden sollte ein durchdachtes Überspannungsschutzkonzept für die LED-Leuchten in die Planung eingehen. Gerade bei der im Vorfeld anstehenden Planung sollten die Weichen für ein wirksames Schutzkonzept gestellt werden. Denn bei all den Vorteilen der LED-Technik hat diese im Gegensatz zu den älteren Leuchten-Technologien den Nachteil der höheren Kosten bei der Wiederbeschaffung der Betriebsmittel und der geringeren Störfestigkeit bei Überspannungen.

Die Ursachen von Überspannungen können sein:

- der direkte Blitzeinschlag in die Leuchte, in die Versorgungsleitung oder in die Peripherie der Straßenbeleuchtung oder
- der indirekte Blitzeinschlag, welcher durch kapazitive oder induktive Einkopplung zu leitungsgebundenen Störungen in der Versorgungsleitung führt oder aber auch
- Überspannungen resultierend aus Schalthandlungen, Erd- bzw. Kurzschlüssen oder Auslösen von Sicherungen

Die Analyse von Schäden durch Überspannungen im LED-Straßenbeleuchtungsbereich zeigt, dass meist mehrere LED-Leuchten von den oben genannten Ursachen in Mitleidenschaft gezogen werden und nicht nur eine einzelne. Leuchtenhersteller und Anwender wie z.B. Stadtwerke oder Kommunen sind bei der Ursachenforschung

spannungseignis im Normalfall negativ auf die Lebensdauer aus. Somit kann die prognostizierte Laufzeit in der Praxis nicht realisiert werden und die LED-Leuchte muss bereits nach verkürzter Laufzeit getauscht werden. Diese ungeplanten Kosten führen zu einem finanziellen Mehraufwand und wurden für die Amortisierung des Projektes in der Regel nicht mit einkalkuliert. Nun stellt sich die Frage, welche Gewährleistung der Hersteller für die LED-Leuchte (LED-Treiber und LED-Module) übernimmt. Zwar hat die Leuchtenindustrie darauf reagiert und weist für die neuere LED-Technik höhere Spannungsfestigkeiten bei den LED-Treibern aus, doch überschreiten die in der Praxis auftretenden Stoßströme und Überspannungen die typischen Spannungsfestigkeiten von 2 bis 4 kV der LED-Leuchte oft deutlich. Hier gilt es dann zu beachten, dass sich die Arten von Überspannungen zwischen L zu N (Gegentaktstörungen) und L/N zu PE (Gleichtaktstörungen) deutlich voneinander unterscheiden und gerade die Schadensursache L/N zu PE oft aufgrund der Schutzart »Doppelte oder Verstärkte Isolierung« (früher Schutzklasse II) der LED-Leuchte vom Planer nicht betrachtet wird.

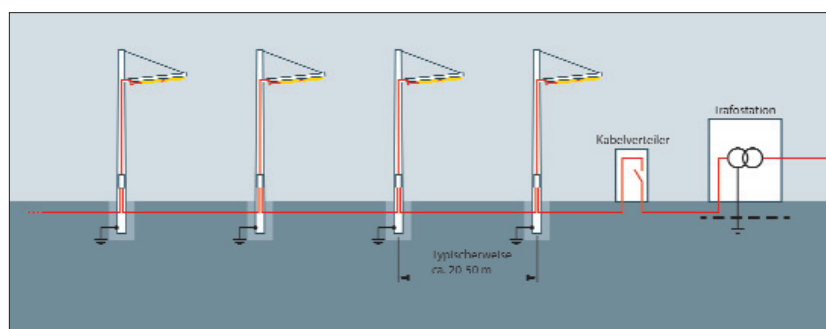


Bild 1: Prinzipieller praktischer Aufbau der Straßenbeleuchtung



Dipl.-Ing. (FH) **Bernd Leibig** (links), Produktmanager Überspannungsschutz Red/Line und **Dietmar Dürr**, Key Account Manager; Dehn + Söhne GmbH + Co.KG., Neumarkt i.d.OPf.

oder Ermittlung der Schadensursache oft ratlos. Die Schadensauswirkungen zeigen sich in Teil- oder Komplettausfällen der LED-Module, Zerstörung der LED-Treiber, Helligkeitsverlusten oder im Ausfall der Steuerelektronik. Auch bei einer weiterhin funktionsfähigen LED-Leuchte wirkt sich ein Über-

### Praktischer Aufbau und Schadensursachen

Der praktische Aufbau der Straßenbeleuchtung sieht in der Praxis wie in *Bild 1* dargestellt aus. Gespeist von einer Transformatorstation werden über einen Kabelverteiler die einzelnen Straßenbe-

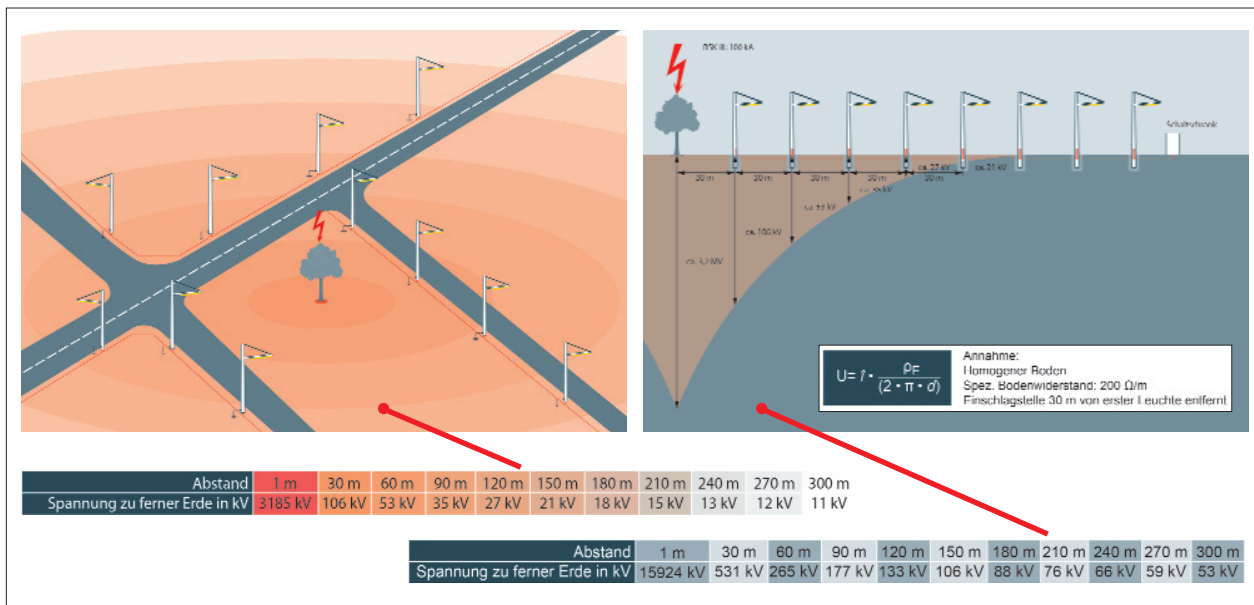


Bild 2: Blitzgefährdung von Straßenbeleuchtung und Potenzialanhebung bei einem Blitz-Naheinschlag in das Straßenbeleuchtungssystem

leuchtungsmaste über ein Erdkabel mit Spannung versorgt. Im Mast selbst, der in den meisten Fällen aus Metall besteht, sitzt im Mastfuß ein Kabelübergangskasten in der Schutzart »Doppelte oder Verstärkte Isolierung« (früher Schutzklasse II) mit integrierten Sicherungen, welcher die die LED-Leuchte mit Spannung versorgt. Der Metallmast selbst wird entweder mit dem vorhandenen Erdreich oder über ein Betonfundament fixiert und nimmt somit das lokal vorhandene Potenzial des Erdreichs an. Die LED-Leuchte an der Spitze ist meist in der Schutzart »Doppelte oder Verstärkte Isolierung« (früher Schutzklasse II) ausgeführt und besitzt somit keine Möglichkeit für den Anschluss eines Schutzleiters. Häufig wird für die Erdverkabelung des gesamten Systems bis zur letzten Leuchte ein TN-C-System mit einem kombinierten Schutz- und Neutralleiter (normativ als PEN definiert) verwendet. Das TN-C-Netzsystem wird dann im Kabelübergangskasten auf ein TN-S-Netzsystem erweitert und somit eine Phase sowie der Neutralleiter separat zur LED-Leuchte geführt. Der PEN oder PE wird in den meisten Fällen nicht mit dem Metallmast verbunden. In der LED-Leuchte, die häufig einem Betriebsmittel der Schutzart

»Doppelte oder Verstärkte Isolierung« entspricht, darf dann der Schutzleiter nicht angeschlossen werden.

Die in der Praxis auftretenden Schäden bei der LED-Straßenbeleuchtung können verschiedene Ursachen haben.

Da ist zunächst die empfindliche LED-Technik, deren Störempfindlichkeit mit der von Elektronikkomponenten vergleichbar ist. Weiterhin spielt die räumliche Ausdehnung der Straßenbeleuchtungssysteme mit Verkabelungsstrecken bis zu mehreren hundert Metern bis zur letzten LED-Leuchte eine wichtige Rolle. Beschränkendes Element der Kabellänge sind die einzuhaltenden Abschaltbedingungen für die Überstrom-Schutzrichtungen für jede einzelne Leuchte. Hier gibt es kein gemeinsames Erdungssystem für die Leuchten, sondern eine zufällige Erdung der einzelnen Stahlmasten (Kunststoffmasten können zudem noch statische Aufladungen aufweisen). Dieses führt je nach spezifischem Bodenwiderstand bei Blitz-Naheinschlägen zu hohen unterschiedlichen elektrischen Potentialen an den jeweiligen Einzelfundamenten (Bild 2). Diese hohen Potenzialunterschiede im Vergleich zum Erdpotential am Schalt-

schränk (Bild 2) kann die Spannungsfestigkeit der im Mast eingebauten LED-Leuchte bei weitem übersteigen. Gerade in der Straßenbeleuchtung werden jedoch häufig LED-Leuchten mit der Schutzart »Doppelte oder Verstärkte Isolierung« (früher Schutzklasse II) eingesetzt, welche dann nicht mit dem Schutzleiter verbunden werden dürfen und es hier dann zu unkontrollierten Überschlägen kommen kann. Auch ein dann bereits vorhandener Überspannungsableiter mit Schutz L → N, ohne vorhandenen Erdungsanschluss in der LED-Leuchte oder im Kabelübergangsggerät kann hier die Leuchte nicht vor der Zerstörung oder Schädigung schützen.

### Stoßstromprüfungen und Stoßspannungsprüfungen an LED-Mastleuchten

Es wurden bis heute eine Vielzahl an Prüfungen mit LED-Mastleuchten verschiedenster Hersteller im Stoßstromlabor von Dehn + Söhne durchgeführt (Bild 3). Dabei hat sich gezeigt, dass die in der Praxis beobachteten Schäden im AC-Anschlussbereich der LED-Leuchten (Vorschaltgeräte), sich unter Laborbedingungen auch nachstellen lassen.

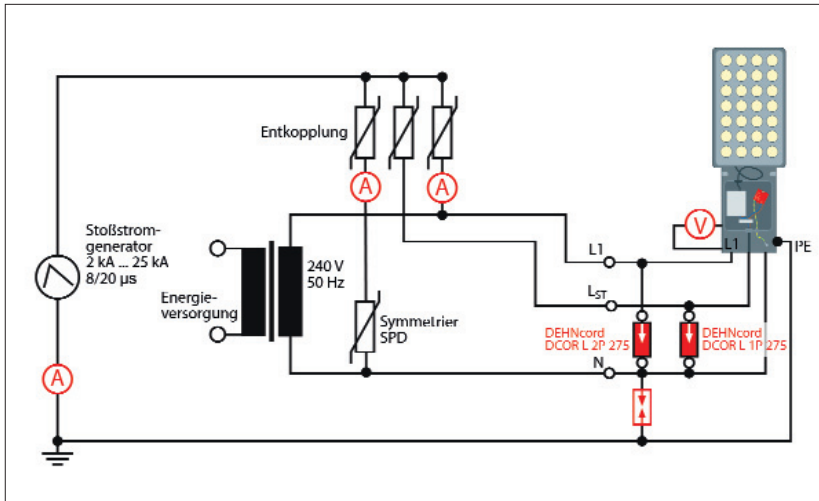


Bild 3: Prüfaufbau einer LED-Leuchte im Labor

Im Einzelnen wurden folgende Tests durchgeführt.

**a) Kombinierte Stoßspannungs-/ Stoßstromtests eingekoppelt auf die AC-Anschlüsse der Leuchte**

Hier wurden sowohl Gleichtaktstörungen (L/N → PE) als auch Gegentaktstörungen (L → N) in die Anschlussleitungen eingekoppelt. Es ergaben sich hier durchaus unterschiedliche Spannungsfestigkeiten bei den Leuchten. Die Spannungsfestigkeit L → N ist typischerweise deutlich kleiner als die Spannungsfestigkeit L/N → PE. Dies spiegelt sich auch in den Prüfschärfegraden nach IEC 61000-4-5 wider, nach welchen die Leuchten ent-

sprechend der Produktnorm geprüft werden müssen. Allerdings ist bei den Störungen L/N → PE von einem deutlich höheren Bedrohungsszenario auszugehen, da diese Störungen, die auf die indirekten Auswirkungen von Blitzereignissen zurückzuführen sind, deutlich energiereicher sind. Die typische Stoßspannungsfestigkeit von gängigen LED-Mastleuchten bewegt sich im Bereich zwischen 2 und 4 kV. Durch die exponierte Lage im Außenbereich ist dies aber in vielen Fällen nicht ausreichend und kann zu höheren Ausfallraten im Feld führen.

**b) Prüfung mit induzierten Strömen auf der DC-Seite und in die LED-Strings**

Um das Szenario »Einkopplung von Stoßströmen auf der DC-Seite in die LED-Strings« nachzubilden, wurden folgende Tests durchgeführt.

Im Labor wurde ein Stoßstrom mit einer Amplitude von 100 kA und einer sehr hohen Steilheit von 10 kA/µs in unmittelbarer Nähe am Leuchtenkörper vorbeigeführt. Selbst bei dieser extremen Prüfung konnten keine direkten Schäden, abgesehen von Flackereffekten beim Test selbst, nachgestellt werden. Allerdings muss mit Vorschädigungen oder reduzierter Lebensdauer der dem Test ausgesetzten Betriebsmittel ausgegangen werden.

Diese Ergebnisse spiegeln durchaus die Felderfahrungen wider, die von verschiedenen LED-Herstellern und Anlagenbetreibern berichtet wurden.

**Schutzkonzepte**

Grundsätzlich bieten sich die Einbauorte entsprechend Bild 4 für Überspannungsschutzbeschaltungen in einer LED-Mastleuchtenanlage an:

- direkt in der LED-Leuchte,
- im Kabelübergangsgerät am Mastfuß,
- in den Kabelverteilern der Einspeisung.

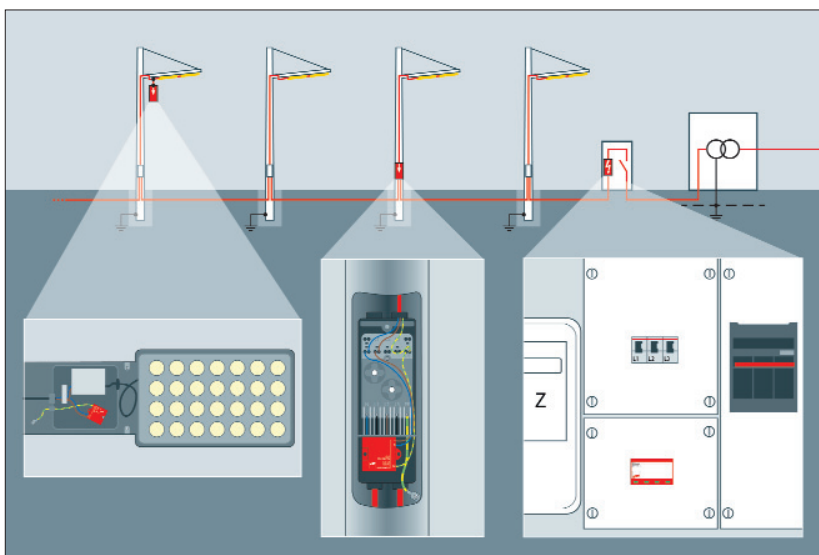
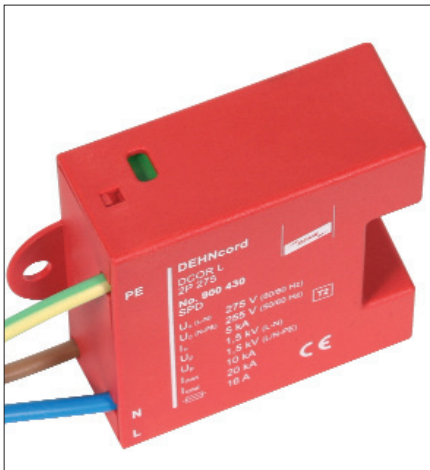


Bild 4: Mögliche Einsatzorte für den Überspannungsschutz in Straßenbeleuchtungssystemen

**a) direkt in der LED-Leuchte**

Durch eine Beschaltung mit einem räumlich kompakt aufgebauten Überspannungsschutzgerät vom Typ 2 (nach EN 61643-11) in der LED-Leuchte lässt sich die Spannungsfestigkeit der Leuchte auf Werte von 20 kV deutlich steigern und damit das Auftreten von Schäden erheblich reduzieren. Aufgrund der platzsparenden Bauform ist es kein Problem, Geräte aus der Produktfamilie Dehn cord im Anschlussbereich der LED-Leuchte zu integrieren (Bild 5).

An dieser Stelle ist es noch einmal wichtig zu erwähnen, dass es für einen wirksamen Schutz entscheidend ist, alle Schutzpfade – also L-N, L-PE und N-PE – zu beschalten. Hierzu ist es notwendig, eine Unterscheidung nach Schutzmaß-



**Bild 5 (links):**  
Überspannungs-  
Ableiter Typ 2 mit  
Funktionsanzeige



**Bild 6 (rechts):**  
Anwendungsorientier-  
ter Kombi-Ableiter  
Typ 1 + Typ 2 auf  
Funkenstreckenbasis

nahme entsprechend DIN VDE 0100-410 vorzunehmen.

Bei Leuchten mit der Schutzmaßnahme »Automatische Abschaltung der Stromversorgung« (früher Schutzklasse I), kann dies auch einfach umgesetzt werden.

Bei Leuchten mit der Schutzmaßnahme »Doppelte oder Verstärkte Isolierung« (früher Schutzklasse II) darf nach heutigem Stand der Normung von Leuchten, innerhalb der LED-Leuchte ein Überspannungsschutzgerät nicht gegen den Schutzleiter oder das metallische Leuchtengehäuse geschaltet werden.

Die aktuelle Produktnorm für Leuchten (IEC 60598-1) beinhaltet folgende Aussagen zu Überspannungsschutzgeräten:

- Bei ortsfesten Leuchten der Schutzklasse II dürfen die Überspannungsschutzgeräte nicht gegen Erde geschaltet werden.
- Bei ortsfesten Leuchten der Schutzklasse I dürfen die Überspannungsschutzgeräte für die Spannungsfestigkeitsprüfung ausgebaut werden.
- Diese müssen nach IEC / EN 61643-11 geprüft sein.

In diesem Fall kann dann entweder nur der Schutzpfad L-N beschalten werden, was natürlich eine deutliche Einschränkung der Schutzwirkung bedeutet, da gerade die energiereichsten Störungen gegen Erdpotential zu erwarten sind oder die Applikation Überspannungsschutz entsprechend Fall b) im Kabelübergangsgerät erfolgen sollte.

#### b) im Kabelübergangsgerät

Das Kabelübergangsgerät bietet sich aus folgenden Gründen sehr gut an, um eine Überspannungsschutzbeschaltung zu integrieren. Zum einen können dort auch bei Verwendung eines Leuchtkörpers der mit der Schutzart »Doppelte oder Verstärkte Isolierung«, alle Schutzpfade (auch gegen Erde) mit einem Überspannungsschutzgerät beschalten werden und damit der bestmögliche Schutz gegen transiente Überspannungen aufgebaut werden, zum anderen ist dieser Bereich für Nachrüstung und zu Wartungszwecken einfacher zugänglich. Weiterhin kann hier das vorhandene Erdungspotenzial des Stahlmastes mit dem Kabelübergangsgerät erdungsseitig verbunden werden um ein gemeinsames Bezugspotenzial zu schaffen.

Je nach Ausführung können dort verschiedene Überspannungsschutzgeräte Typ 2, wie der kompakt aufgebaute Dehncord oder auch Hutschienengeräte wie der Dehnguard eingebaut werden. Für den Schutz gegen direkte Blitzströme kann an dieser Stelle auch ein Kombi-Ableiter Typ 1 + Typ 2 wie z.B. Dehnshield eingebaut werden, um einen noch leistungsstärkeren Schutz aufzubauen.

#### c) in den Stromkreisverteiltern

In den Stromkreisverteiltern bietet es sich an, Kombi-Ableiter Typ 1 + Typ 2 einzubauen, um sowohl gegen transiente Überspannung die durch indirekte Auswirkungen eines Blitzes oder durch Schalt-

handlungen, welche gerade an dieser Stelle in Transformatornähe relativ häufig vorkommen, als auch gegen direkte Blitzbeeinflussungen aus dem Verteilnetz geschützt zu sein. Je nach Anforderungen bezüglich des abzuleitenden Blitzstroms, kommt hier ein Dehnventil oder ein Dehnshield (Bild 6) zum Einsatz.

Zusätzlich sollten dann nah an der zu schützenden LED-Leuchte entweder am Einbauort a (Leuchte) oder Einbauort b (Kabelübergangskasten) die entsprechenden vorgenannten Schutzbeschaltungen ausgeführt werden.

#### Verifikation der Schutzbeschaltungen im Prüflabor

Um die Erkenntnisse der durchgeführten LED-Leuchten-Prüfungen im Labor, die Praxiserfahrungen und die daraus abgeleiteten Schutzvorschläge einem Praxistest zu unterziehen, wurde im Labor der Nachbau eines kompletten Straßenbeleuchtungssystems aufgebaut (Bild 7). Der Test bestand aus folgenden in der Realität auch vorkommenden Komponenten: einer für den Straßenbeleuchtungsbereich übliche LED-Leuchte, einem Stahlmast, dem Kabelübergangsgerät und dem speisenden Kabelverteiler. Bei der Nachbildung im Labor handelt es sich somit um einen Test unter realitätsnahen Bedingungen.

Nach durchgeführter Prüfung konnte nachgewiesen werden, dass bei Anwendung eines gestaffelten Überspannungsschutzkonzeptes

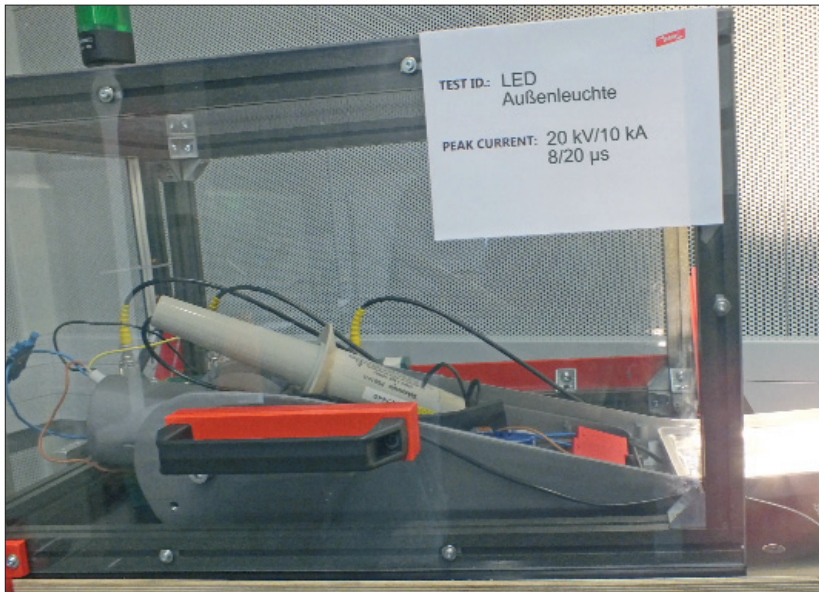


Bild 7: Prüfaufbau eines kompletten LED-Straßenbeleuchtungssystems im Labor

mit einer koordinierten Ableiterfamilie und eines durchdachten Erdungskonzeptes selbst bei direkter Blitzbeeinflussung kein Ausfall der LED-Leuchte festzustellen war.

#### Fazit

Die durchgeführten Laborversuche mit LED-Leuchtenherstellern und der praxisnahe Systemtest eines kompletten LED-Systems bestehend aus Kabelverteiler, Metallmast, Kabelübergangsgeschütz und einer LED-Leuchte zusammen mit den praxisnahen Erfahrungen sind wichtige Bausteine auf dem Weg zu einem wirksamen Schutzkonzept für die LED-Straßenbeleuchtung. Ein fundierter Schutz kann nur mit einem ganzheitlichen System bestehend aus dem Einsatz eines gestaffelten Überspannungsschutz-

zes wie den Dehnschild im Kabelverteiler und dem speziell für diesen Anwendungsfall konstruierten Dehncord (Bild 5) im Kabelübergangsgeschütz oder in der LED-Leuchte sowie einem schlüssigen Erdungskonzept, worin alle Metallmasten mit dem Schutzleiter der eingesetzten Überspannungsschutzgeräte zu verbinden sind, umgesetzt werden. Damit lassen sich auftretende Potentialdifferenzen sicher beherrschen und die Verfügbarkeit des LED-Straßenbeleuchtungssystems auch im Überspannungsfall sicherstellen. Nur so kann eine Investition in die Umrüstung von Straßenbeleuchtungssystemen auf die neue LED-Technik die prognostizierten Laufzeiten erreichen ohne nicht einkalkulierte Folgekosten tragen zu müssen.

#### Schrifttum

- [1] DIN EN 60598-1 VDE 0711-1:2009-09: Leuchten – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
- [2] DIN EN 61643-11 VDE 0675-6-11:2013-04: Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen
- [3] DIN VDE 0100-714 VDE 0100-714:2014-02: Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 7-714: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Beleuchtungsanlagen im Freien
- [4] DIN VDE 0100-410 VDE 0100-410:2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- [5] Dehn+Söhne: Blitzplaner 2013
- [6] Dehn+Söhne: Schutzvorschrift WP015/D/0314: Überspannungsschutz für LED-Mastleuchten

Bernd.Leibig@dehn.de

Dietmar.Duerr@dehn.de

www.dehn.de



**Überspannungsschutz**  
**Blitzschutz/Erdung**  
**Arbeitsschutz**  
**DEHN schützt.®**

DEHN + SÖHNE  
GmbH + Co.KG.

Hans-Dehn-Str. 1  
Postfach 1640  
92306 Neumarkt  
Deutschland

Tel. +49 9181 906-0  
Fax +49 9181 906-1100  
[info@dehn.de](mailto:info@dehn.de)  
[www.dehn.de](http://www.dehn.de)

Diejenigen Bezeichnungen von im Sonderdruck genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Marken sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung <sup>TM</sup> oder <sup>®</sup> nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente, Gebrauchsmuster oder sonstige intellektuelle und gewerbliche Schutzrechte vorliegen. Änderungen in Form und Technik, bei Maßen, Gewichten und Werkstoffen behalten wir uns im Sinne des Fortschrittes der Technik vor. Die Abbildungen sind unverbindlich. Druckfehler, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

DEHN und DEHN Logo sind in Deutschland oder in anderen Ländern eingetragene Marken („registered trade marks“).

Foto Titel: OSRAM GmbH