

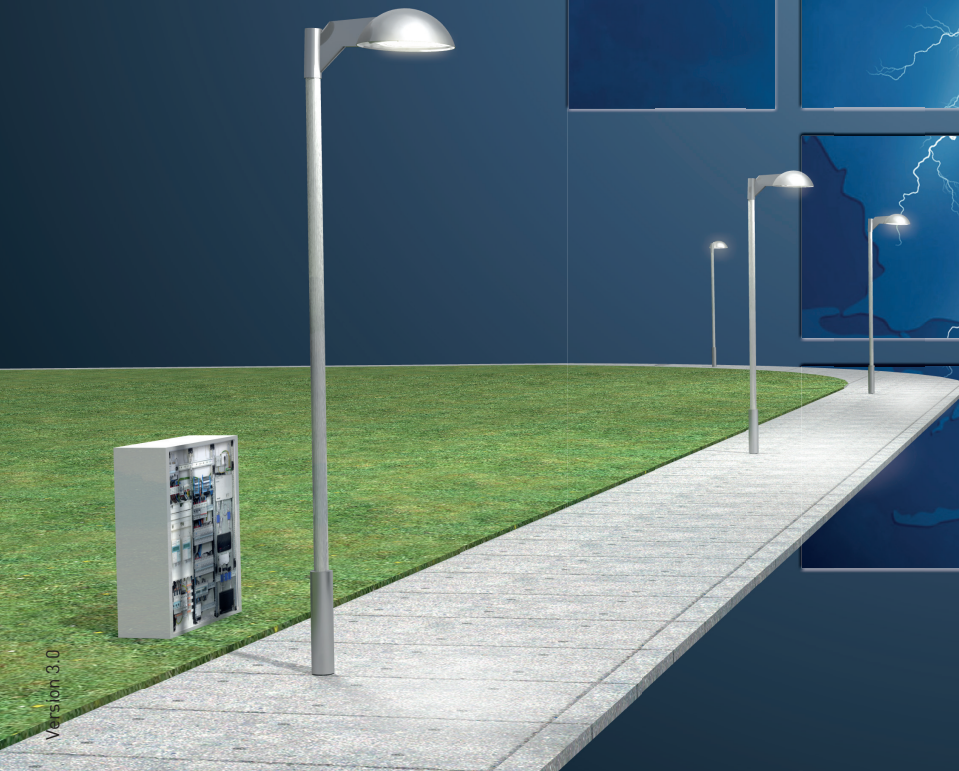


# CITEL

*Fachbeitrag*

## Schutz von LED Beleuchtung

*Normgerechter  
Überspannungsschutz für moderne*  
**LED-Straßenbeleuchtung**



Version 3.0



## Schutz von LED-Beleuchtung: - Normgerechter Überspannungsschutz für moderne LED-Straßenbeleuchtung

### Markttrend

Nach den Erkenntnissen des Zukunftsinstituts in Frankfurt am Main ist die Urbanisierung, d.h. dass immer mehr Menschen in Städten leben, eine der komplexen Herausforderungen unserer Zeit. Dabei ist eine nachhaltige Stadtentwicklung besonders wichtig. Rund zwei Drittel der weltweit verbrauchten Energie, 60 Prozent des Wasserverbrauchs und 70 Prozent der Treibhausgase entfallen heute schon auf Städte, Tendenz steigend. Mit innovativen Technologien können Stadtplaner unsere Städte umweltfreundlicher machen, ihnen eine höhere Lebensqualität bieten und dabei Kosten sparen. Im Beleuchtungsbereich gelten LED-Systeme als besonders effizient und energiesparend. Außerdem glänzen sie mit kompakten Bauformen und einer schnellen Dimmbarkeit, die es erlaubt, die Beleuchtungssituation mit entsprechenden Sensoren in Sekundenbruchteilen den Bedürfnissen anzupassen.

Beispielsweise kann mit einer LED-Straßenbeleuchtung nachts gezielt der Bereich der Straße beleuchtet werden, wo Autos oder Fußgänger unterwegs sind. Bereiche ohne Verkehr werden abgedunkelt, um Energie zu sparen. Durch die Europäische ErP-Richtlinie 2005/32/EG, umgesetzt durch die Verordnung (EG) Nr. 245/2009, wird das Inverkehrbringen von energieineffizienten Leuchten wie etwa Quecksilberdampflampen ab 2015 verboten. Eine Folge davon wird sein, dass für ca. 40% aller Straßenbeleuchtungsleuchten in Europa ein Sanierungsbedarf besteht. Dies bietet eine große Chance für neue, effiziente LED-Systeme. Prinzipiell gelten LEDs als sehr langlebig. 50.000 bis 100.000 Betriebsstunden gelten als möglich. Über die lange Lebensdauer lassen sich die z.Zt. noch hohen Anschaffungskosten amortisieren.



## Schutz gegen Überspannungen

Damit diese Rechnung aufgeht, ist es allerdings nötig zu verhindern, dass die empfindliche Steuerelektronik und die LEDs durch Überspannungen beschädigt oder zerstört werden. Überspannungen können durch verschiedenste Ereignisse hervorgerufen werden. Beispielsweise kann ein Blitzeinschlag in der Umgebung, Überspannungen von mehreren 10.000 V erzeugen. Auch Schaltvorgänge im Netz des Energieversorgers oder in der elektrischen Anlage können Überspannungen erzeugen. Treten Spannungen auf, die ein Vielfaches der Nennspannung übersteigen, spricht man von Überspannungen. Überspannung ist für die empfindliche LED-Beleuchtung extrem gefährlich. Ein effizienter Schutz ist deshalb für LED-Beleuchtungssysteme unabdingbar.

Überspannungen können dabei im Wesentlichen folgende Effekte hervorrufen:

- » Teil- oder Komplettausfall von LEDs
- » Vorzeitige Alterung der LEDs und damit
  - » Reduzierung der Lichtausbeute
  - » Nichterreichen der geplanten Lebensdauer
- » Ausfall des elektronischen Vorschaltgerätes
- » Ausfall der lokalen Dimmung
- » Ausfall der zentralen Stromversorgung und/oder Helligkeitssteuerung

Hierdurch kann sich ein erhöhter Wartungsbedarf ergeben. Ausgefallene LED-Leuchten im öffentlichen Raum können Beschwerden hervorrufen und zu einer sinkenden Akzeptanz der LED-Technologie führen.

## Normative Vorgaben für LED-Beleuchtungsanlagen

Errichtet man heute Beleuchtungslösungen im öffentlichen Bereich sind folgende Mindestschutzvorgaben der Normen und Richtlinien einzuhalten. In Europa sind im Wesentlichen folgende Normen relevant:

- » DIN EN 60598-1  
Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
- » DIN EN 61547  
Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke - EMV-Störfestigkeitsanforderungen
- » DIN EN 60598-2-3  
Besondere Anforderungen - Leuchten für Straßen- und Wegebeleuchtung

Diese fordern eine Spannungsfestigkeit gegen Überspannungen (Surges) zwischen 1000V und 4000V. Für Beleuchtungslösungen im Außenbereich geht der Trend dabei deutlich Richtung 4000V und entspricht damit der Impulsspannungskategorie III (ehemals Überspannungskategorie III) für erhöhte Anforderungen. Die Tests müssen dabei entsprechend der IEC 61000-4-5 „Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit“ durchgeführt werden. Für den amerikanischen Markt fordert die Richtlinie IEEE/ANSI C62.41.2 eine Überspannungsfestigkeit von 6kV bei geringer Belastung und 10kV bei hoher Belastung im Außenbereich. Eine hohe Belastung kann bei exponierten Lagen vorausgesetzt werden. Als exponierte Lage kann z.B. auch die Straßenbeleuchtung angesehen werden. Im geschützten Außenbereich ist 6kV ausreichend.



## Stand der Technik

Um diesen Anforderungen zu genügen, legen die Hersteller von LED-Beleuchtungslösungen ihre Geräte entsprechend der Einbausituation für Spannungsfestigkeiten zwischen 2000V und 4000V aus. Einige Hersteller geben auch schon 6000V an. Standardmaßnahmen zum Schutz der Leuchten der Hersteller sind:

1. Entsprechende Luft- und Kriechstrecken, spannungsfeste Isolation
2. EMV-konformes Design
3. Integrierte Feinschutzbauelemente
4. Weitere konstruktive Maßnahmen wie galvanische Trennungen, Schirmung, hochspannungsfeste Bauteile, etc.

Theoretisch sind auch noch höhere Festigkeiten als 6000V durch konstruktive Änderungen seitens der Hersteller möglich. Praktisch sind diese aber nur sehr aufwendig und teuer zu realisieren.

## Praxischeck

Die in der Realität vorkommenden Überspannungen sind seit langem bekannt und entsprechende Schutzkonzepte werden in den entsprechenden Blitz- und Überspannungsschutznormen der DIN EN 62305 und den Teilen der DIN EN 61643 behandelt. Dabei muss man unterscheiden zwischen zwei wesentlichen Überspannungsarten.

1: Überspannungen, erzeugt durch nahe Blitzeinschläge. Blitzeinschläge erzeugen durch Potentialanhebungen oder induktive Einkopplungen sehr hohe Überspannungen. Diese können auch Werte bis zu mehreren 10.000V Verursachen. Wie viele Blitzeinschläge pro Gebiet zu erwarten sind, kann entsprechenden Blitzdichtekarten entnommen werden.

2: Überspannungen, die von der Netzseite durch Schalthandlungen erzeugt werden. Schaltüberspannungen treten im Vergleich zu Blitzüberspannungen sehr viel häufiger auf. Kleinere Überspannungsereignisse bis zu 2000V treten im Schnitt einige hundert Mal im Jahr auf. Aber auch höhere Überspannungen bis zu 6000V können mehrmals im Jahr auftreten, insbesondere wenn große induktive Lasten oder Transformatoren in der Nähe geschaltet werden. Um einen optimalen Schutz für Beleuchtungen zu realisieren, sollte das komplette Leuchtensystem für die Beanspruchungen am Einbauort ausgelegt sein. Grade im Außenbereich ist die Wahrscheinlichkeit für nahe Blitzeinschläge und hohe Schaltüberspannungen nicht zu unterschätzen.

## Wirkungsvolles Schutzkonzept

Zusätzliche Überspannungsschutzmaßnahmen können hier eine einfache Möglichkeit bieten, das System gegen diese Störgrößen wirkungsvoll zu schützen. Dabei wird möglichst in der Nähe der zu schützenden Leuchte, zum Beispiel im Leuchtenkopf oder im Kabelanschlusskasten, ein Überspannungsschutzgerät installiert. Dieses sorgt im Fall einer Überspannung für eine Spannungsbegrenzung, sodass die Leuchte weder mit hohen Überspannungen belastet noch beschädigt wird. Dabei sollte ein wirkungsvoller Überspannungsschutz normgerecht nach der Überspannungsprüfnorm IEC 61643-11 ausgelegt sein. Insbesondere muss dabei eine vollständige Zustandsüberwachung durch eine Signallisation des Überspannungsschutzgerätes gegeben sein und gleichzeitig die konstruktiven Anforderungen der Beleuchtungsnorm DIN EN 60598-1 erfüllt werden. Die Überspannungsschutzgeräte müssen nach IEC 61643-11 je nach Überspannungsschutzklasse mit mindestens 15 Impulsen getestet werden und intakt bleiben. Einen guten Überspannungsschutz zeichnet da-





bei ein möglichst niedriger Schutzpegel von unter 1500V (bei 230V/400V Systemspannung) und eine hohe Ableitfähigkeit aus. Zudem sollte der Überspannungsschutz nicht nur die Stromversorgung schützen, sondern auch eine evtl. vorhandene Dimmung bzw. Steuerung. Ein bestmöglicher Schutz und eine bestmögliche Koordination werden durch Überspannungsschutzgeräte erreicht, die beides integrieren. Citel bietet hierfür die speziell für LED-Systeme entwickelte MLP-Serie.

## Rundum schützen

Um einen Ausfall der Beleuchtung zu verhindern, sollte das gesamte Beleuchtungssystem betrachtet werden. Der Straßenbeleuchtungsschaltschrank ist dabei ein zentraler Punkt. Er dient zum Anschluss des Straßenbeleuchtungsnetzes an das örtliche Versorgungsnetz und ist aufgrund seiner zentralen Lage besonders schützenswert. Er beinhaltet wichtige Komponenten zur Funktion der gesamten Beleuchtung wie etwa

- » die 230/ 400V Einspeisung und Zählereinrichtungen zur Erfassung des Stromverbrauchs
- » speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) zur Steuerung der Beleuchtungsanlage
- » Schütze zum Ein- und Ausschalten der Straßenbeleuchtungsanlage oder für die Ganz- Halb- oder Reduzierschaltungen
- » Tonfrequenzrundsteuerempfänger, Funkempfänger, Schaltrelais , Dämmerungsschalter,
- » zentrale Steuerungselemente zur Dimmung und muss daher in das Schutzkonzept eingebunden werden.

## Aktive vs. passive Schutzkonzepte

Um sich wirkungsvoll gegen Überspannungen zu schützen, muss man zuerst wissen, dass es unterschiedliche Schutzkonzepte gibt. Belastet man eine Leuchte, die ausschließlich durch konstruktive Maßnahmen mit einer vorgegebenen Isolationsfestigkeit gegen zu hohe Spannungen gesichert ist, mit einer zu hohen Spannung, so fällt diese nahezu sicher aus. Ist ein aktives Schutzelement verbaut, so ist primär nicht die maximal auftretende Spannung entscheidend, sondern die Energie des Störimpulses. Durch die Spannungsbegrenzung des Schutzelements wird das LED-System unabhängig der Impulsspannungshöhe vor zu hohen Span-

nungen geschützt. Übersteigt die Impulsenergie die Ableitfähigkeit des Schutzelements, so kann dieses zwar überlastet werden, aber die Leuchte ist auch in diesem Fall geschützt. Aktive Schutzelemente sind in der Regel Varistoren, gasgefüllte Funkenstrecken oder Kombinationen aus beiden. In modernen Überspannungsschutzgeräten sind diese Bauteile so aufgebaut, dass ein Ausfall dem Benutzer signalisiert wird und ein Austausch einfach und kostengünstig möglich ist.

## Feldtest an verschiedenen Leuchten:

Um zu testen, wie gut aktuelle Leuchten konstruktiv gegen Überspannungen geschützt sind und was aktive Überspannungsschutzbauelemente zusätzlich bringen, wurden Leuchten des Marktführers WE-EF und anderer Hersteller getestet. Zunächst wurden die WE-EF Leuchten mit dem standardmäßig verbauten Überspannungsschutz mit 15 Impulsen von bis zu 10kV/5kA nach dem in Diagramm 1 gezeigten Testablauf belastet.

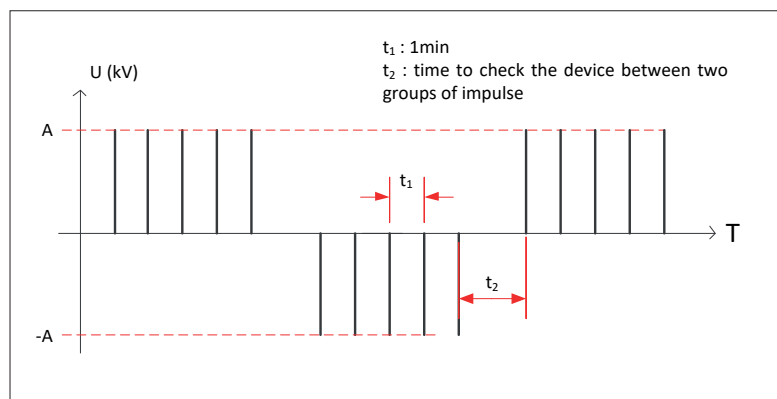


Diagramm 1 : Testablauf mit 1.2/50µs-8/20µs Impulsen nach IEC 61000-4-5

Bei den Tests mit Überspannungsschutzgeräten fiel keins der getesteten Systeme mit 10kV (Bild 1) Impulsspannung aus. Durch das integrierte Überspannungsschutzgerät wird die Spannung auf akzeptable Werte begrenzt (Bild 2) und der Impulsstrom durch das Überspannungsschutzgerät sicher abgebaut.

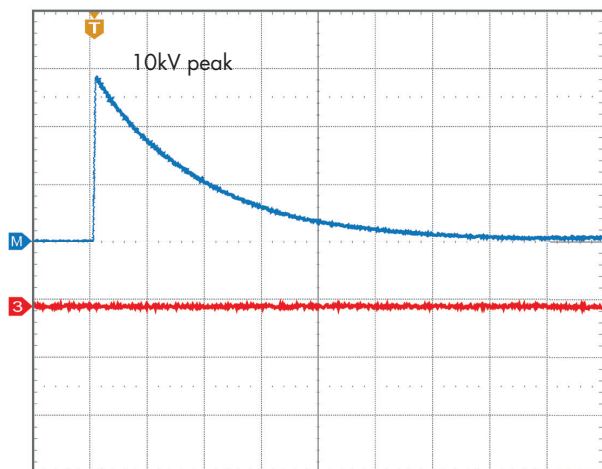


Bild 1: 10kV(1.2/50µs) Impulsspannung –Open Circuit

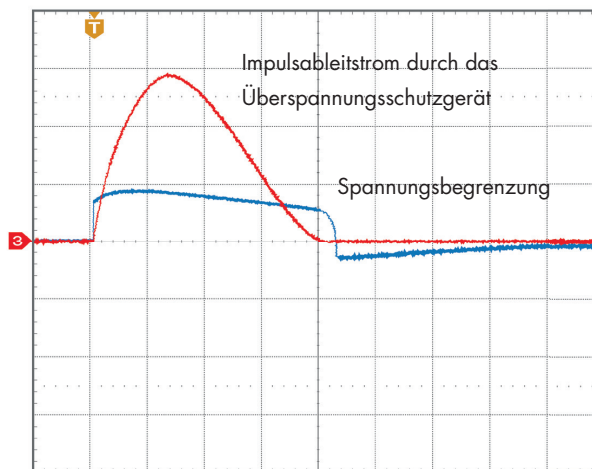


Bild 2: Spannungsbegrenzung und Ableitstrom (8/20µs) durch das Überspannungsschutzgerät

Danach wurden die Überspannungsschutzgeräte entfernt und dieselben Systeme schrittweise mit Überspannungsimpulsen von 2kV bis 6kV belastet. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 1.

	Tests mit Leuchten ohne Überspannungsschutz			Tests mit Leuchten mit Überspannungsschutz	
	15 Impulse mit 2kV/1kA	15 Impulse mit 4kV/2kA	15 Impulse mit 6kV/3kA	15 Impulse mit 10kV/5kA mit WE-EF Leuchten und integriertem Überspannungsschutz	15 Impulse mit 10kV/5kA mit diversen Leuchten anderer Hersteller und nachgerüstetem Überspannungsschutz
LED-Straßenbeleuchtungs-System					
System A	✓	L/N--> PE	n.A.	✓	n.A.
System B	✓	blinkende LED, aber kein Ausfall	L/N--> PE LED defekt	✓	n.A.
System C	✓	✓	L/N--> PE EVG defekt	✓	n.A.
System D	✓	✓	Isolationsdurchschläge am Gehäuse Lampe in Funktion	✓	n.A.
System E	✓	✓	L/N--> PE LED defekt	n.A.	✓
System F	✓	✓	L-->N EVG+LED defekt	n.A.	✓
System G	✓	blinkende LED aber kein Ausfall	L/N--> PE EVG+LED defekt	n.A.	✓

Farblegende	Bedeutung
Grün / ✓	keine Auffälligkeiten
gelb	Auffälligkeiten während des Tests
Rot	Teil- oder Totausfall L/N--> PE: Ausfall bei einem Impuls Phase oder Neutraleiter gegen Erde L--> N: Ausfall bei einem Impuls zwischen Phase und Neutraleiter
n.A.	nicht angewendet

Tabelle 1: Impulstests mit verschiedenen Straßenbeleuchtungssystemen:



Aufgrund der normativen Lage ist ein interner Schutz durch Komponenten im EVG gegen (Funktions-) Erde nur sehr begrenzt umzusetzen. Daher sind hier die meisten Ausfälle zu verzeichnen.

Die Beschädigungen sind je nach Konstruktion sehr verschieden, u.a. treten folgende Beschädigungen auf.

Teil- und Totalversagen von:

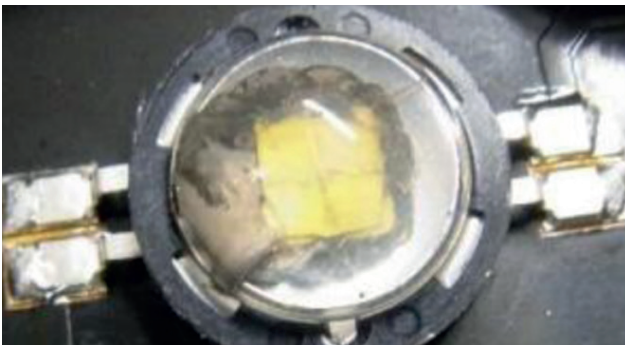
- LEDs und EVGs
- Luft- und Kriechstrecken
- Kontakten, Folien, Leiterbahnen
- Diversen anderen elektrischen Bauelementen: u.a. Integrierte Bauelemente, Dioden, Kondensatoren.

### Fazit

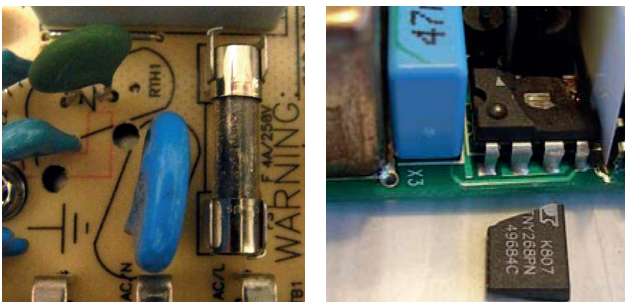
Die Tests zeigen, dass die meisten Leuchten, die Prüfschärfe mit 4kV nach den gültigen Normen im Außenbereich bestehen. Höhere Spannungsspitzen über 4kV, wie etwa durch Blitzeinkopplungen oder hohe Schaltüberspannungen aus dem Netz, können die Impulsfestigkeit der Leuchten besonders gegen PE oder die Gehäusemasse schnell übersteigen und diese frühzeitig ausfallen lassen. Der Einsatz von Überspannungsschutzmaßnahmen stellt ein einfaches Mittel dar, um moderne LED-Systeme auch gegen höhere Überspannungen zu schützen, Folgekosten zu vermeiden und die Langlebigkeit und Akzeptanz zu bewahren.



Teilweiser Ausfall von LED-Modulen



Beschädigte LED



Beschädigte EVG

Dipl.-Ing. Mirko Harbott  
Citel Electronics GmbH, Bochum



# CITEL

Der Fachaufsatz wurde von der CITEL Electronics GmbH  
unter dem Titel

Schutz von LED-Beleuchtung  
Normgerechter Überspannungsschutz für Moderne  
LED-Straßenbeleuchtung

veröffentlicht.

Alle Rechte liegen bei CITEL.  
Abdruck bedarf der Genehmigung von

Citel Electronics GmbH  
Feldstraße 4  
44867 Bochum

Telefon +49 2327 6057-0  
Fax +49 2327 6057-111  
E-Mail [info@citel.de](mailto:info@citel.de)