

Kurtatsch, Oktober 2025

Leitfaden zum Überspannungsschutz für LED-Leuchten – rev 2

Durch die Einführung der LED-Leuchten wurden erhebliche Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Technologien erzielt: Eine große Energieeinsparung und eine verbesserte Präzision und Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung, zum Vorteil des Betreibers und des Nutzers der Anlagen. Andererseits sind LED-Leuchten mit hoch entwickelten elektronischen Komponenten ausgestattet und reagieren deshalb im Vergleich zu herkömmlichen Technologien empfindlicher auf Überspannungen in den Geräten.

Bei ungeschützten Leuchten können Überspannungen das Betriebsgerät, den LED-Stromkreis und die LED selbst beschädigen und einen teilweisen oder vollständigen Ausfall der Leuchte zur Folge haben.

Überspannungen können nach den elektrischen Systemen in zwei Arten unterteilt werden:

- Überspannungen im Common Mode. Es handelt sich um Überspannungen, die zwischen den aktiven Leitern und Erde auftreten.
- Überspannungen im Differential Mode. Es handelt sich um Überspannungen, die zwischen Phase und Neutralleiter auftreten.

Die Hauptursachen für Überspannungen sind:

- Direkte Blitzeinschläge durch Leitung: Der Blitz trifft die Stromleitungen und dringt über die aktiven Leiter in die Anlage und die Leuchte ein. An den an das Stromnetz angeschlossenen elektrischen und elektronischen Geräten entstehen erhebliche Schäden und es besteht eine hohe Brandgefahr.
- Indirekte Blitzeinschläge durch galvanische Kopplung: Der Blitz trifft geerdete Metallteile (Metallmasten, Antennen, Blitzableiter) und führt zu einem Spannungsanstieg am Erdleiter und zu Überspannungen im Common Mode. Nach dem hyperbolischen Gesetz nimmt die Amplitude der Überspannung ab, je weiter der Einschlagspunkt des Blitzes entfernt ist. Bis in 100 m Entfernung vom Einschlagsort können Schäden an elektrischen und elektronischen Geräten entstehen.

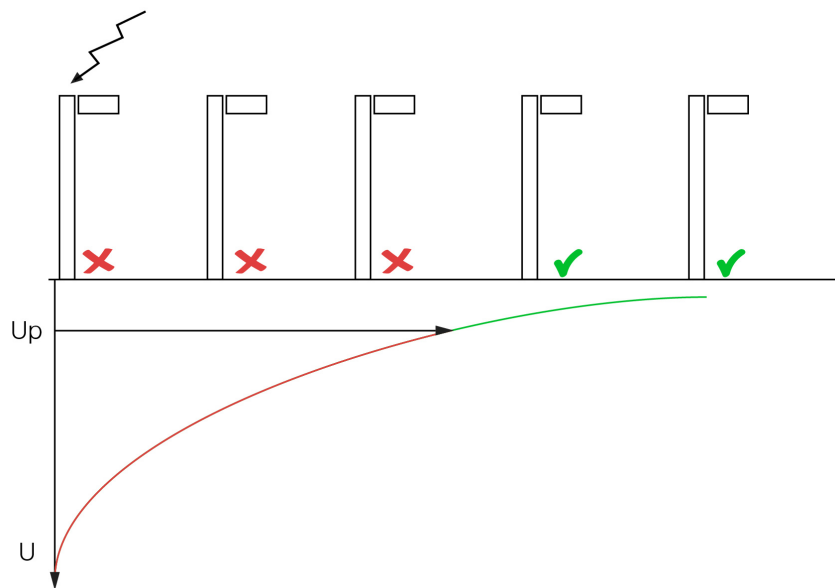


Abb. 1. Entfernungabhängiger Spannungsverlauf am Erdleiter bei indirektem Blitzeinschlag

- Indirekte Blitzeinschläge durch induktive Kopplung. Veränderungen des elektromagnetischen Feldes durch atmosphärische Entladungen können in einem Umkreis von mehreren hundert Metern Überspannungen in Leitungen induzieren. Die dabei entstehenden Schäden sind weniger gravierend und betreffen hauptsächlich elektronische Geräte.
- Einschalten von Lasten im Netz durch Schaltvorgänge an Transformatoren, Elektromotoren oder Zündgeräten herkömmlicher Beleuchtungsanlagen. Es handelt sich um Überspannungen im Differential Mode. Im Vergleich zu Überspannungen durch atmosphärische Entladungen haben sie eine geringere Amplitude, aber sie treten sehr häufig auf und führen zu vorzeitigen Schäden an elektronischen Geräten.
- Überspannungen durch elektrostatische Aufladungen. Es handelt sich um Überspannungen, die zwischen den aktiven Leitern und den isolierten Gehäusen auftreten, welche sich durch die Wirkung des Windes bei trockener Luft elektrostatisch aufladen.

Richtangaben zur Amplitude je nach Art der Überspannung:

- Blitzeinschläge: 10÷100 kV.
- Überspannungen durch elektrostatische Entladungen: bis 30 kV.
- Überspannungen im Differential Mode durch Schaltvorgänge: 1÷5 kV.

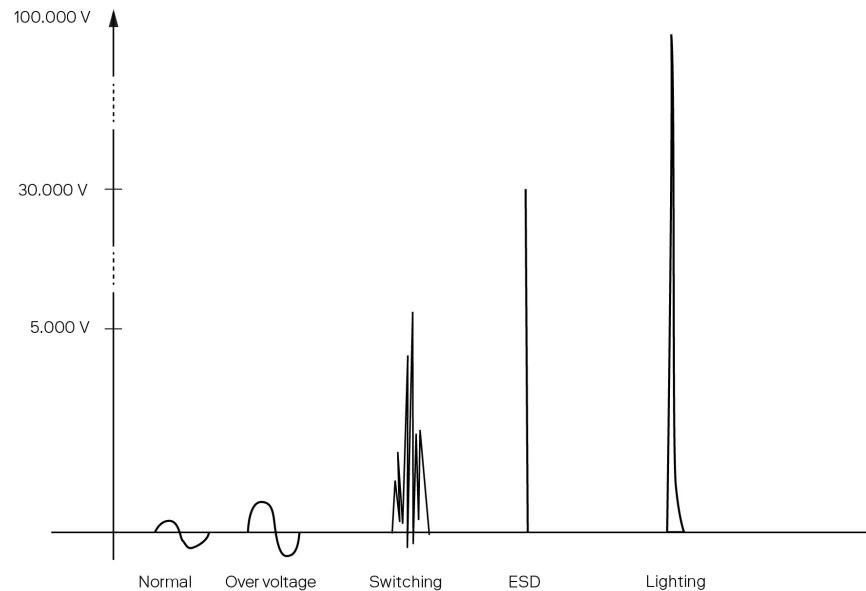


Abb. 2. Amplitude und typische Form der Überspannungen

Merkmale des Basisschutzes von ewo-Leuchten

Die Bezugsnorm EN 61547 fordert ein Prüfniveau von ± 1 kV im Differential Mode und von ± 2 kV im Common Mode. In vielen Fällen erweisen sich diese Prüfniveaus als unzureichend, um den Schutz der elektronischen Komponenten in LED-Außenleuchten zu gewährleisten.

Die Elektronik der ewo-Leuchten ist über das von der Norm geforderte Prüfniveau hinaus mit zusätzlichen Überspannungsschutzgeräten (SPD) ausgestattet, die eine höhere Überspannungsfestigkeit garantieren. Das bedeutet im Einzelnen:

- Leuchten der Schutzklasse I bieten:
 - Schutz gegen Überspannungen im Common Mode (aktive Leiter - Erde) und gegen elektrostatische Entladungen bis zu einem Prüfniveau von 8 kV^{*/**} (10 Impulse) und bei einigen Modellen bis zu 10 kV^{*/**} (1 Impuls).
 - Schutz gegen Überspannungen im Differential Mode (Phase - Neutral) durch VDR bis zu einem Prüfniveau von 6 kV^{*/**}.
- Leuchten der Schutzklasse II bieten:
 - Schutz gegen Überspannungen im Common Mode (aktive Leiter - Erde) und gegen elektrostatische Entladungen bis zu einem Prüfniveau von 8 kV^{*/**} (10 Impulse) und bei einigen Modellen bis zu 10 kV^{*/**} (1 Impuls). Der Common-Mode-Schutz wird durch Potentialausgleich ohne VDR oder ähnliches gemäß den Vorschriften der Norm EN 60598:2014 realisiert.
 - Schutz gegen Überspannungen im Differential Mode (Phase - Neutral) durch VDR bis zu einem Prüfniveau von 6 kV^{*/**}.

** Gemäß Norm IEC 6100-4-5 durchgeführte Prüfungen.*

*** Allgemeine Richtangaben. Die jeweiligen produktspezifischen Werte werden im entsprechenden Datenblatt oder im Angebot angegeben.*

Schutz von Leuchten der Schutzklasse I

Um die korrekte Funktionsweise der Schutzgeräte zu gewährleisten, sollten ewo-Leuchten der Schutzklasse I in eine Anlage der Schutzklasse I eingebaut werden, die vorschriftsmäßig an eine Erdschutzleitung angeschlossen ist. Die so realisierte Anlage bietet:

- Schutz gegen Entladungen im Differential Mode durch im Treiber integrierten Varistor
- Schutz gegen Überspannungen im Common Mode, im Treiber integriert
- Schutz gegen elektrostatische Entladungen durch Potentialausgleich

Diese Anlage erlaubt es, einen Basisschutz gegen die häufigsten Störursachen zu erreichen. Die Konfiguration der Anlage entspricht der Darstellung in der nachstehenden Abbildung.

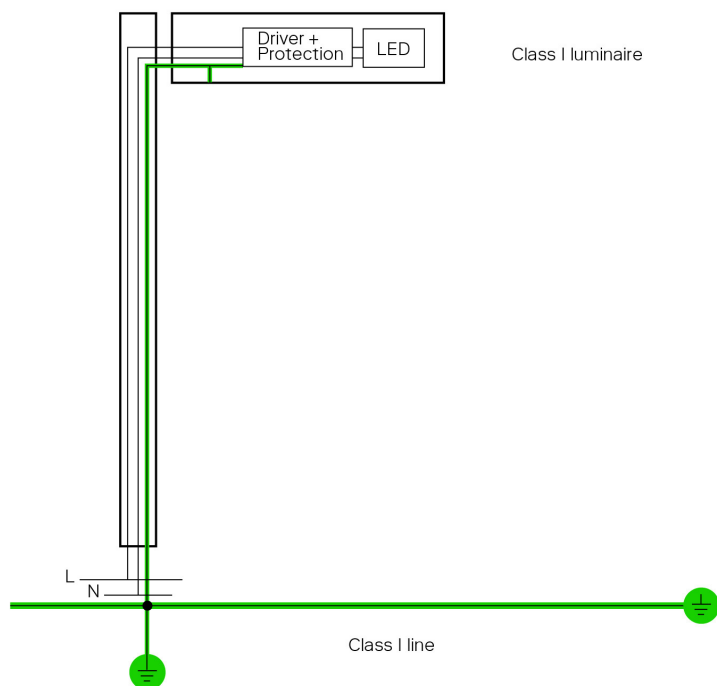


Abb. 3. Basisschutz für Leuchten der Schutzklasse I, die in Anlagen der Schutzklasse I eingebaut werden ****

Bei indirekten Blitzeinschlägen kann die Überspannungsamplitude nahe am Einschlagsort gegebenenfalls das Prüfniveau überschreiten, für das die integrierten Schutzsysteme dimensioniert wurden. Je höher das Prüfniveau des Schutzsystems, desto geringer ist die Entfernung vom Einschlagsort des Blitzes, in der die Leuchte wirkungsvoll geschützt ist. Durch den Einbau zusätzlicher Schutzgeräte kann die jährliche Anzahl beschädigter Leuchten durch mögliche, zu Überspannungen führende Ereignisse statistisch reduziert werden.

Wenn der Planer es für angebracht hält, den Schutzgrad zu erhöhen, empfehlen sich folgende Maßnahmen:

- Einbau eines SPD Typ T3 / T2 *** mit Phasen-, Neutralleiter- und Erdungsanschlüssen an jedem Mastfuß zur Verbesserung des Common-Mode-Schutzes mit deutlicher Erhöhung des Ableitvermögens. Empfohlenes Prüfniveau: 10 kV-5 kA oder höher.
- Einbau eines SPD Typ T2 / T1 *** im Anschlusskasten zur Verbesserung des Schutzes gegen Ereignisse höherer Intensität.

*** Gemäß IEC 61643-11

In diesem Fall wird die Anlage wie in der nachstehenden Abbildung konfiguriert.

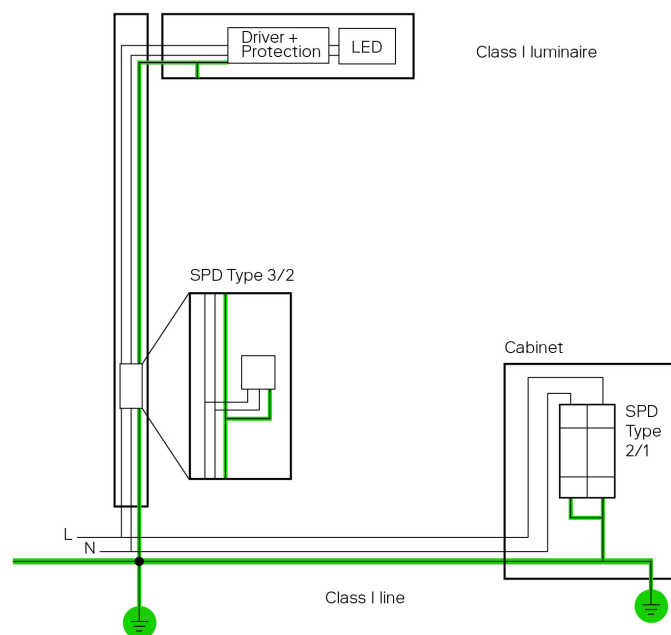


Abb. 4. Verbesserter Schutz für Leuchten der Schutzklasse I, die in Anlagen der Schutzklasse I eingebaut werden ****

Schutz von Leuchten der Schutzklasse II

In der Schutzklasse II ausgeführte und in vorschriftsmäßige Anlagen der Schutzklasse II eingebaute Leuchten verfügen über folgenden Basisschutz:

- Schutz gegen Entladungen im Differential Mode durch im Treiber integrierten Varistor
- Schutz gegen elektrostatische Entladungen durch Potentialausgleich (Stromkreise gemäß Norm mit Y1-Kondensatoren und Widerständen ausgeführt)

Zum Schutz vor Entladungen im Common Mode verbietet die geltende Norm aus Sicherheitsgründen den Einbau von aktiven Überspannungsschutzgeräten (Ableitern) zwischen aktiven Leitern und Erde in Anlagen der Schutzklasse II.

Das bedeutet, dass Leuchten der Schutzklasse II, die in Anlagen der Schutzklasse II eingebaut werden, nicht wirksam gegen Überspannungen im Common Mode (hauptsächlich Blitzeinschläge) geschützt werden können.

Um einen optimalen Schutz zu gewährleisten, rät ewo stark davon ab, in Schutzklasse II realisierte Anlagen zu verwenden.

Der Schutz von Leuchten der Schutzklasse II kann verbessert werden, wenn sie in Anlagen der Schutzklasse I mit vorschriftsmäßiger Schutzterdung eingebaut werden.

In diesem Fall ist es möglich, den Leuchtenschutz durch folgende Maßnahmen zu erhöhen:

- Einbau eines SPD Typ T3 / T2 *** mit Phasen-, Neutralleiter- und Erdungsanschlüssen an jedem Mastfuß zur Verbesserung des Common-Mode-Schutzes mit deutlicher Erhöhung des Ableitvermögens. Empfohlenes Prüfniveau: 10 kV-5 kA oder höher.
- Einbau eines SPD Typ T2 / T1 *** im Anschlusskasten zur Verbesserung des Schutzes gegen Ereignisse höherer Intensität.

*** Gemäß IEC 61643-11

In diesem Fall wird die Anlage wie in der nachstehenden Abbildung konfiguriert.

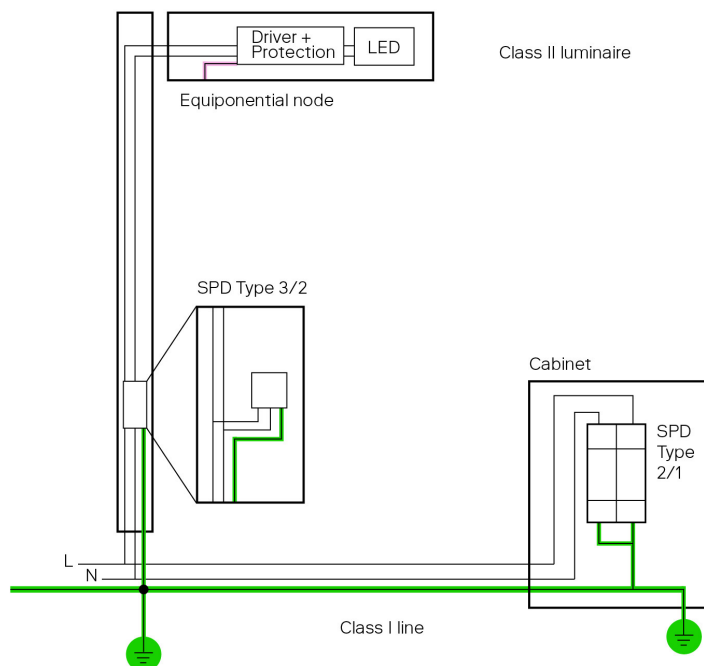


Abb. 5. Verbesserter Schutz für Leuchten der Schutzklasse II, die in Anlagen der Schutzklasse I eingebaut werden ****

Vorschriftsmäßig in Schutzklasse I realisierte Anlagen unterliegen gemäß D.P.R. Nr. 462 regelmäßigen Überprüfungen der Erdung.

Bei der Realisierung von Anlagen in Schutzklasse I empfiehlt ewo den Einbau von Leuchten der Schutzklasse I, soweit verfügbar.

***** ewo lehnt jegliche Haftung ab für die Ausführung von nicht den geltenden Vorschriften entsprechenden Anlagen*

Schutz der DALI-Steuerungsleitung

Durch die Steuerung des auf dem DALI-Protokoll basierenden Steuerungssystems kann nachgewiesen werden, dass die relative Kommunikationslinie mit niedriger Spannung (ca. 16 V DC) arbeitet und eine besonders empfindliche Struktur für impulsive Störungen und alle Spannungsspitzen aufweist, auch für das Unternehmen.

Bei der Installation auf der Straße oder in der Anwesenheit von Kabeln, die über das Hauptbeleuchtungsgehäuse verteilt sind, kann die DALI-Leitung die Grenzen des Gemeinschafts- und Differenzialmodus erhöhen und potenzielle Verluste durch die Schnittstelle oder den Ausfall der Steuerungsfunktion hervorrufen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, den DALI-Leitungsschutz in folgenden Stufen zu gewährleisten:

- Die Spannung zwischen DALI+ und DALI– auf ≤ 30 V begrenzen
- Garantiert eine Stromstoßkapazität von $\geq 0,5$ kA (Profil von 8/20 μ s)
- Sicherstellung des Schutzes im Gemeinschaftsmodus (DALI+ / DALI– $\leftrightarrow$ PE) und im Differenzmodus (DALI+ $\leftrightarrow$ DALI–)

Im Rahmen unserer Schutzmaßnahmen kann die Kontinuität und Zuverlässigkeit des Kontrollsystems nicht garantiert werden, und es werden keine Änderungen vorgenommen, da dies möglicherweise nicht der Fall ist Garantie.

Die Schutzmaßnahmen widmen sich der gesamten DALI-Leitung und werden nur bei der Installation in der Ferne empfohlen, da die Anwesenheit von Schutzgeräten am Bus nicht unterbrochen oder unterbrochen wird.

Technischer Hinweis

Der Schutz der DALI-Leitung muss, ähnlich wie der Schutz der Hauptstromversorgung, als integraler Bestandteil des Systems betrachtet werden. Insbesondere wird bei einer DALI-Buslänge von über 10 m oder bei Verlegung durch offene Bereiche der Einsatz eines dedizierten Überspannungsschutzes (SPD) empfohlen (z. B. DALI-Überspannungsschutzgeräte in der Nähe der Quelle oder der Verbraucher).

DALI D4i-Steuerleitungsschutz

Bei Produkten mit Treibern, die mit dem DALI D4i-Protokoll kompatibel sind, ist zu beachten, dass diese Geräte erweiterte Funktionen wie Diagnose, Energiemessung, Speicheranagement und Busstromversorgung integrieren. Diese zusätzlichen Funktionen machen die Schnittstelle besonders empfindlich gegenüber Impulsstörungen und Überspannungen, selbst geringfügigen.

Bei Außeninstallationen mit langen Leitungsstrecken oder gemeinsam genutzter Verkabelung können Gleichtakt- und Gegentaktüberspannungen auf der DALI-Leitung auftreten, die den Busbetrieb, den internen Speicher oder die Zuverlässigkeit der intelligenten Funktionen des Treibers beeinträchtigen können.

Daher wird ein aktiver Leitungsschutz dringend empfohlen. Dieser sollte Geräte verwenden, die die Spannung auf ≤ 30 V (zwischen DALI+ und DALI-) begrenzen und eine Impulsentladekapazität von $\geq 0,5$ kA (Wellenprofil 8/20 μ s) aufweisen. Dies gewährleistet sowohl Gleichtakt- (DALI+ / DALI- $\leftrightarrow$ PE) als auch Gegentaktschutz (DALI+ $\leftrightarrow$ DALI-).

Ohne solche Schutzmechanismen kann weder die Stabilität der D4i-Funktionen noch die Speicherung von Informationen oder die Kontinuität der Buskommunikation gewährleistet werden.

Daher wird die Verwendung spezieller Schutzmechanismen für die DALI-Leitung in allen Installationen mit externen Abschnitten, Bussen mit einer Länge von mehr als 10 m oder in denen keine vorgelagerten Überspannungsschutzgeräte (SPDs) nachweisbar sind, empfohlen.

Technischer Hinweis

Der Schutz der DALI-Leitung muss als integraler Bestandteil des Systems betrachtet werden, insbesondere bei Verwendung von D4i-Treibern.

Der Installateur sollte den Einsatz spezieller Überspannungsschutzgeräte (SPDs) in der Nähe der Quelle oder von DALI-D4i-Geräten in Betracht ziehen.

DMX-Steuerleitungsschutz

Das DMX512-Protokoll basiert auf der RS-485-Differenzialübertragung und wird häufig zur digitalen Steuerung von Lichteffekten, dynamischer Beleuchtung und architektonischen Umgebungen eingesetzt. Obwohl dieses Signal hinsichtlich der Datenübertragung robust ist, reagiert es empfindlich auf atmosphärische oder induktive Störungen, insbesondere bei langen, ungeschirmten oder im Außenbereich verlegten Leitungen.

Unter diesen Bedingungen können Gleichtakt- und Gegentaktüberspannungen in der DMX-Leitung auftreten, die zu Fehlfunktionen, Signalverlusten oder Schäden an den Empfängern führen können.

Es wird daher empfohlen, die DMX-Leitung aktiv mit Geräten zu schützen, die die Spannung auf ≤ 15 V (zwischen DMX+ und DMX-) begrenzen, eine Stoßstromfestigkeit von $\geq 0,5$ kA (8/20 μ s-Wellenform) aufweisen und sowohl gegen Gleichtakt- als auch gegen Gegentaktstörungen schützen.

Ohne diesen Schutz kann die Kommunikationsintegrität und die Zuverlässigkeit des DMX-Systems, insbesondere am Anfang und Ende der Leitung, nicht gewährleistet werden.

Bei DMX-Installationen mit großen Kabellängen, ungeschützten Umgebungen oder fehlender durchgehender Abschirmung wird der Einsatz spezifischer Schutzmaßnahmen für RS-485-Signale dringend empfohlen.

Technischer Hinweis:

Der Installateur muss einen DMX-Leitungsschutz bereitstellen. Wir empfehlen die Verwendung von RS-485-kompatiblen Überspannungsschutzgeräten mit geeignetem Gleichtakt- und Gegentaktsschutz sowie kurzen Ansprechzeiten.

DMX-RDM-Steuerleitungsschutz

Das DMX-RDM-Protokoll (Remote Device Management) ist eine Erweiterung des DMX-Standards und ermöglicht die bidirektionale Kommunikation für Fernabfragen, Konfiguration und Diagnose.

Dieser Kommunikationsmodus erhöht die Komplexität des Leitungsmanagements, insbesondere während der Erkennungsphase, und macht die Schnittstelle anfälliger für elektrische Störungen.

Im Freien oder über große Entfernungen kann die DMX-RDM-Leitung durch Überspannungen beeinträchtigt werden, die die Signalintegrität und die Kommunikation mit den Geräten gefährden.

Solche Ereignisse können zu vorübergehenden Blockierungen oder dauerhaften Schäden an der Übertragungselektronik führen.

Es wird daher empfohlen, Schutzgeräte einzusetzen, die die Spannung zwischen DMX+ und DMX– auf ≤ 15 V begrenzen, mit einer parasitären Kapazität von ≤ 30 pF, einer Ansprechzeit von ≤ 1 ns und einer Entladekapazität von $\geq 0,5$ kA (8/20 μ s-Wellenform).

Das Schutzgerät muss unbedingt für die RS-485-Halbduplex-Kommunikation transparent sein.

Ohne diese Maßnahmen kann die RDM-Kommunikation instabil werden oder Fehlfunktionen aufweisen, was die Fernverwaltung des Systems beeinträchtigt.

Technischer Hinweis

Der Leitungsschutz von DMX-RDM-Verbindungen muss so ausgelegt sein, dass Kommunikationstransparenz und Paketintegrität gewährleistet sind. Es wird die Verwendung spezieller Überspannungsschutzgeräte (SPDs) mit geringer Kapazität empfohlen, die für RDM-Anwendungen entwickelt wurden.

Protokoll	Nennspannung	Empfohlener Schutz	Max. Klemmspannung	Mindestimpulsstrom	Differenzialschutz und gemeinsame	Kritische Zustände	Maximale Anzahl Geräte pro Leitung
DALI	16 V DC	SPD o TVS	$\leq 30 \text{ V}$	$\geq 0,5 \text{ kA}$ (8/20 μs)	Ja (DALI+↔DALI-, DALI±↔PE)	Empfindlichkeit gegenüber Entladungen und Störungen	64 Kurzadressen (Standard)
DALI D4i	16 V DC (mit Power-BUS)	SPD mit niedriger Klemmschutzspannung + Filter	$\leq 30 \text{ V}$	$\geq 0,5 \text{ kA}$ (8/20 μs)	Ja (DALI+↔DALI-, DALI±↔PE)	Speicherschutz, Busstromversorgung, Diagnose	4 Geräte pro D4i-Netzteil (Busstrom $\leq 250\text{mA}$)
DMX	5V Differenz (RS-485)	RS-485-kompatibles SPD	$\leq 15 \text{ V}$	$\geq 0,5 \text{ kA}$ (8/20 μs)	Ja (DMX+↔DMX-, DMX±↔PE)	Kettentopologie, große Entfernungen	32 Empfänger pro Ausgang (mit Abschlusswiderstand)
DMX-RDM	5V Differenz (RS-485)	RS-485-kompatibler Überspannungsschutz mit niedriger Kapazität	$\leq 15 \text{ V}$	$\geq 0,5 \text{ kA}$ (8/20 μs)	Ja (DMX+↔DMX-, DMX±↔PE)	Zwei-Wege-Kommunikation, sensible Entdeckung	32 RDM-Geräte pro Controller

Analyse des Schadensrisikos durch Überspannung

Um zu bestimmen, ob die integrierten Schutzsysteme für den wirksamen Schutz der Anlage ausreichend sind, muss eine Risikoanalyse durchgeführt werden. Dabei ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Die Gefahr von Blitzeinschlägen in dem Gebiet, in dem die Anlage errichtet wird.

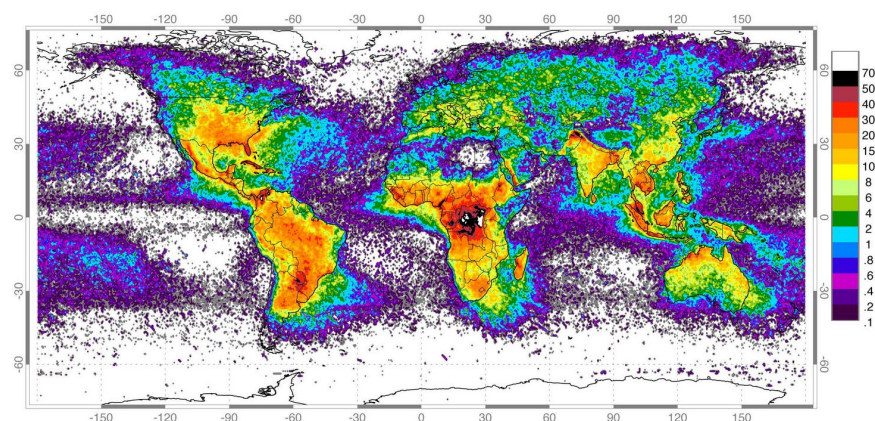


Abb. 6. Karte der jährlichen weltweiten Blitzdichte [Anzahl Blitze pro km² und Jahr] im Zeitraum 1995 - 2013 (Quelle: www.nasa.gov)

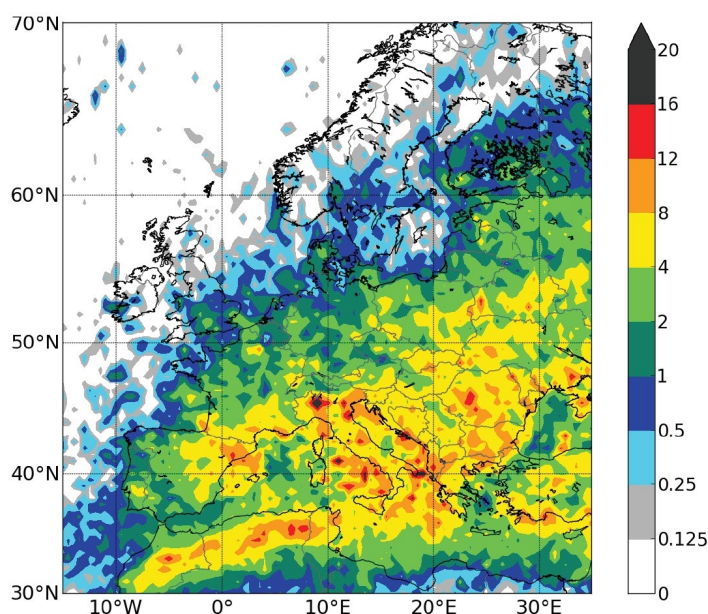


Abb. 7. Karte der jährlichen Blitzdichte in Europa [Anzahl Blitze pro km² und Jahr] (Crown Copyright, Quelle: Met Office)

- Unregelmäßigkeiten im Netz. In der Nähe der Anlage vorhandene hohe Lasten (Elektromotoren, große elektrische Anlagen, Lichanlagen mit Hochspannungszündgeräten) oder bekannte Instabilitäten im Netz.
- Standort der Anlage. Anlagen im freien Gelände und in größerer Entfernung von Gebäuden sind stärker gefährdet als Anlagen in oder in unmittelbarer Nähe von Gebäuden.
- In der Nähe vorhandene Anlagen, an denen bereits Überspannungsschäden aufgetreten sind.
- Sicherheitsrelevante Auswirkungen durch das Abschalten der Anlage.
- Schutzklasse der Anlage.

Es ist Aufgabe des Anlagenplaners, aufgrund der Risikokalkulation zu bestimmen, ob zusätzliche Schutzgeräte in die Anlage einzubauen sind oder nicht.

Kein Schutzsystem ist in der Lage, einen absoluten Schutz gegen Schäden durch direkte und indirekte Blitzeinschläge zu garantieren, aber durch ein leistungsfähigeres Schutzsystem kann die Anzahl beschädigter Leuchten bei dem gleichen auslösenden Ereignis reduziert werden.