



Schutz bei Überspannungen in Niederspannungsanlagen

FAQ-Liste zur DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 –
wichtige Fragen und Antworten zur Anwendung und Umsetzung der Normen







DIN VDE 0100-443

(VDE 0100 Teil 443): 2016-10;

Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4-44: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen - Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen

DIN VDE 0100-534

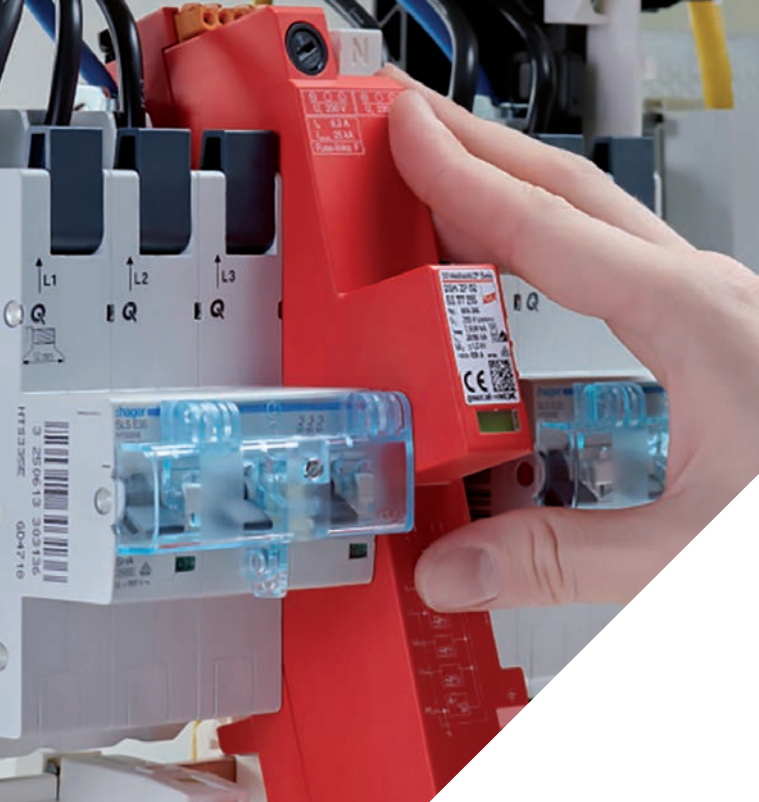
(VDE 0100 Teil 534): 2016-10;

Errichten von Niederspannungsanlagen Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Schaltgeräte und Steuergeräte - Überspannungs-Schutzeinrichtungen

Die Installationsnormenreihe DIN VDE 0100 stellt die Anforderungen zur Planung und Installation von sicheren elektrischen Anlagen dar. VDE 0100-443 regelt die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder durch Schalthandlungen. VDE 0100-534 beschreibt die Auswahl und Errichtung von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPD) zum Schutz bei transienten Überspannungen nach VDE 0100-443, sowie VDE 0185-305 oder wenn dieses durch andere Bestimmungen gefordert wird.

In dieser Druckschrift werden Fragen zur Anwendung und Umsetzung der im Oktober 2016 erschienenen Normen DIN VDE 0100-443 und DIN VDE 0100-534 von den zuständigen Experten beantwortet. Sie bietet jedoch keine umfassende Gesamtdarstellung aller Anforderungen an den Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen. Für weiterführende Informationen wird auf die beiden Normen verwiesen.





1 | Welche SPD-Typen beschreibt die DIN VDE 0100-534?

SPDs nach Produktstandard

Der Schutz gegen Auswirkungen bei transienten Überspannungen wird durch die Installation von SPDs realisiert. Diese müssen nach der Produktnorm DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11) geprüft sein. VDE 0675-6-11 beschreibt die unterschiedlichen SPD Typen nach Tabelle 1.

> **Tabelle 1:** SPD-Typen und die dazugehörigen Prüfklassen

SPD Typen	Prüfklasse	Referenzparameter
Typ 1	Klasse I	I_{imp} (10/350 μ s)
Typ 2	Klasse II	I_n (8/20 μ s)
Typ 3	Klasse III	U_{oc} (1,2/50 μ s)

I_{imp} Blitzstoßstrom für Prüfung der Klasse I
 I_n Nennableitstoßstrom für Prüfung der Klasse II
 U_{oc} Prüfspannung des Hybrid-Generators für die Prüfung der Klasse III

2 | Was ist der Unterschied zwischen einer Überspannungs-Schutzeinrichtung, eines SPD und einer SPD-Kombination?

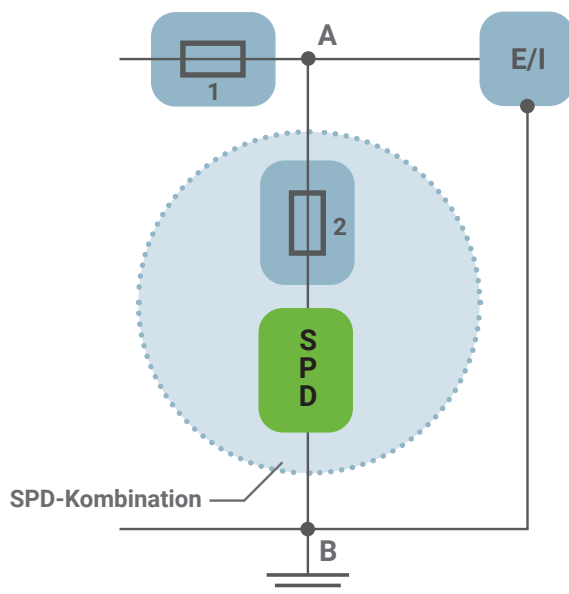
Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD)

Zur einheitlichen Sprachregelung und Namensgebung für Überspannungs-Schutzeinrichtungen (bisläng: ÜSE) in den unterschiedlichen Normenwerken wurde der aus dem Englischen kommende Begriff „Surge Protective Device“ – abgekürzt mit „SPD“ – eingeführt. Die vollständige Bezeichnung lautet Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD).

SPD-Kombination

Weiterhin wurde der Begriff „SPD-Kombination“ eingeführt. Er beschreibt eine oder mehrere SPDs einschließlich aller jeweils vom Hersteller der SPDs vorgeschriebenen Abtrennvorrichtungen, die zum Überspannungsschutz entsprechend der jeweiligen Netzform erforderlich sind – Bild 1. Die Abtrennvorrichtung, beispielsweise als Überstrom-Schutzeinrichtung, kann sowohl innerhalb der SPD als auch separat angeordnet sein.

> **Bild 1:** SPD-Kombination



- 1 Überstrom-Schutzeinrichtung der elektrischen Anlage
- 2 Vom Hersteller geforderte Überstrom-Schutzeinrichtung – diese kann intern oder extern zur Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD) angeordnet sein
- SPD Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD)
- A & B Anschlusspunkte der SPD-Kombination
- E/I Zu schützendes Betriebsmittel (= Equipment) oder zu schützende Anlage (= Installation)

3 | Welche Anwendungen berücksichtigt die DIN VDE 0100-443, welche Anwendungen werden durch die VDE 0185-305 abgedeckt?

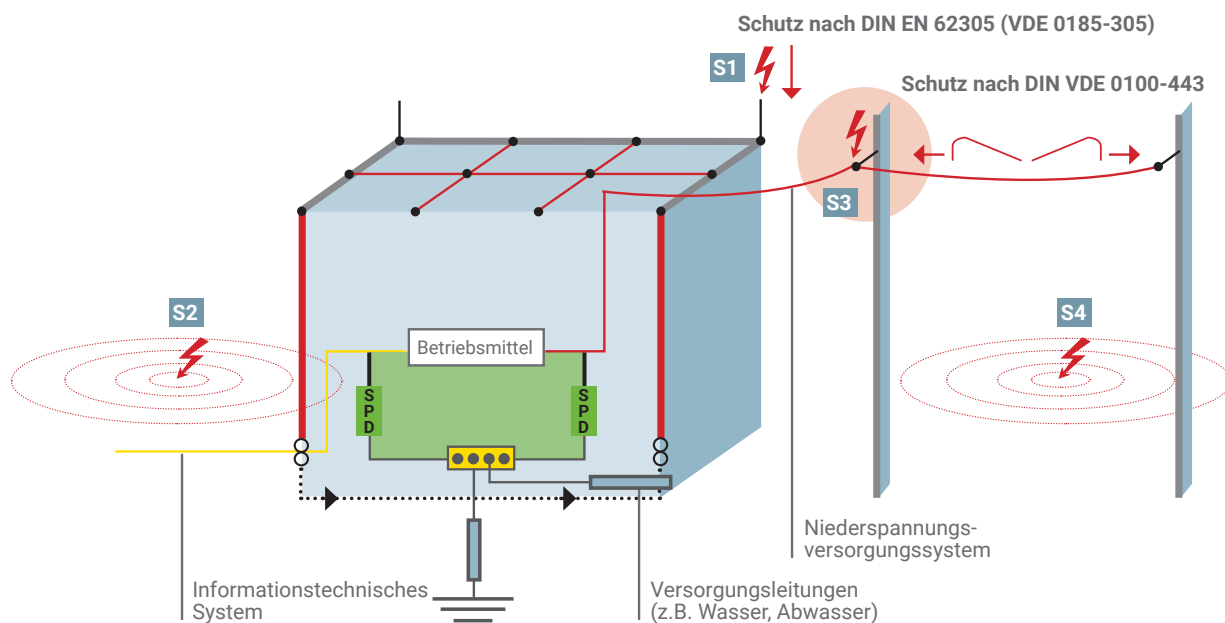
In der DIN VDE 0100-443 wurde der Anwendungsbereich ergänzt. Jetzt werden neben den induzierten Überspannungen aus Blitzeinwirkungen explizit auch Überspannungen aufgrund direkter Blitzeinschläge in die Niederspannungsversorgung berücksichtigt (Schadensquelle S3) – Bild 2.

VDE 0100-443 enthält keine Anforderungen zum Schutz bei Überspannungen aus direkten Blitzeinschlägen in die bauliche Anlage (Schadensquelle S1 nach DIN VDE 0185-305) oder neben der baulichen Anlage (Schadensquelle S2 nach DIN VDE 0185-305). In diesen Fällen sind die Blitzschutznormen DIN VDE 0185-305 zu berücksichtigen.

Für bauliche Anlagen mit Explosionsrisiko und für bauliche Anlagen, bei denen im Schadensfall Auswirkungen auf die Umwelt auftreten können (zum Beispiel chemische oder radioaktive Emissionen), sind die einschlägigen Normen wie zum Beispiel DIN VDE 0185-305 und DIN VDE 0165 zu berücksichtigen.



> Bild 2: Anwendungsbereich von DIN VDE 0100-443



- S1** Blitzeinschläge in die bauliche Anlage
- S2** Blitzeinschläge neben die bauliche Anlage
- S3** Blitzeinschläge in die Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind
- S4** Blitzeinschläge neben die Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind

4 | Ist Überspannungsschutz auch bei Gebäuden, die aus Niederspannungs-Erdkabelnetzen gespeist werden, erforderlich?

Ja, auch bei Gebäuden, die aus Niederspannungs-Erdkabelnetzen gespeist werden, ist Überspannungsschutz erforderlich. Das bis 2016 gültige Prinzip der systemeigenen Beherrschung von Überspannungen ist in der DIN VDE 0100-443 ersatzlos gestrichen worden.

Die Notwendigkeit von Überspannungsschutz in Kabelnetzen ergibt sich, weil:

- auch in einem Niederspannungsnetz, welches ausschließlich aus Erdkabeln besteht, Blitzteilströme über diese Erdkabel

übertragen werden und gefährliche Potentialdifferenzen am Gebäudeeintritt auftreten.

- übertragene Überspannungen durch das Erdkabel nicht nennenswert abgeschwächt oder gedämpft werden.
- viele Überspannungsschäden an elektrischen Geräten auftreten, die am Strom- und Telefonnetz betrieben werden, wie zum Beispiel Telefonanlagen.
- zunehmend empfindlichere Steuer- und Kommunikationseinrichtungen eingesetzt werden.

5 | Ist Überspannungsschutz auch bei Wohngebäuden erforderlich?

Grundsätzlich ist in jeder elektrischen Anlage eines Gebäudes Überspannungsschutz am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage vorzusehen. Durch die Errichtung von SPDs soll eine Spannungsbegrenzung entsprechend der

Isolationskoordination sichergestellt werden, um gefährliche Funkenbildung und daraus resultierende Brände zu vermeiden. Es werden technische Geräte geschützt und die Verfügbarkeit elektrischer Anlagen erhöht.

6 | Wann ist zusätzlicher Überspannungsschutz bei Schaltüberspannungen notwendig?

Zusätzliche SPDs sind erforderlich, wenn zu erwarten ist, dass Geräte innerhalb der elektrischen Anlage Schaltüberspannungen oder Störungen erzeugen, die die zugeordnete Überspannungskategorie der elektrischen Anlage übersteigen.

Dies kann zum Beispiel der Fall sein

- bei Generatoreinspeisungen in der Niederspannungsanlage
- wenn induktive oder kapazitive Lasten (z.B. Motoren, Transformatoren, Kondensatorbänke usw.) betrieben werden

- wenn Betriebsmittel mit hohen Lastströmen in der elektrischen Anlage installiert sind
- bei Kurz- und Erdschlüssen innerhalb der Anlage.

Zum Schutz bei Schaltüberspannungen sollten SPDs so nah wie möglich an den Störquellen errichtet werden.

7 | Was ist der Speisepunkt der elektrischen Anlage?

Der Speisepunkt der elektrischen Anlage befindet sich beispielsweise in aus dem öffentlichen Energieversorgungsnetz gespeisten Anlagen in der Nähe der Gebäudehauptverteilung, zum Beispiel der zentralen Zähleranlage.

In Anlagen mit Mittelspannungseinspeisung ist der Speisepunkt der elektrischen Anlage zum Beispiel die Niederspannungshauptverteilung.

8 | Welcher Überspannungsschutz ist am Speisepunkt der Anlage einzubauen?

Nach VDE 0100-534 müssen SPDs so nah wie möglich am Speisepunkt der elektrischen Anlage errichtet werden, so dass die nachgeordneten Installationseinrichtungen geschützt werden.

Es sind nach VDE 0100-534 mindestens SPDs Typ 2 am oder in der Nähe des Einspeisepunktes zu installieren. Diese sind

entsprechend der Vorgaben VDE-AR-N 4100 im gezählten Bereich zum Beispiel im anlagenseitigen Anschlussraum zu installieren.

Wird Überspannungsschutz im Hauptstromversorgungssystem vorgesehen, dann sind SPDs Typ 1 entsprechend der Vorgaben VDE-AR-N 4100 zu installieren.



9 | Wie ist Überspannungsschutz bei Freileitungseinspeisungen zu realisieren?

Bei Gebäuden mit Freileitungseinspeisung müssen immer SPDs Typ 1 eingesetzt werden, weil in Deutschland auch der direkte Blitzschlag in den letzten Mast der Freileitung nahe dem Gebäude berücksichtigt wird. Dies gilt auch, wenn die Versorgungsleitung zwischen dem letzten Mast der Freileitung und der baulichen Anlage als Erdkabel ausgeführt ist – Bild 3.

Nach DIN VDE 0100-534:2016-10 müssen in Deutschland bei baulichen Anlagen mit Freileitungseinspeisung SPDs Typ 1 nach DIN VDE 0100-534:2016-10 Anhang B eingesetzt werden. Diese SPDs Typ 1 müssen bei Dachständeranschluss mindestens am Zählerschrank errichtet werden.

Begründung:

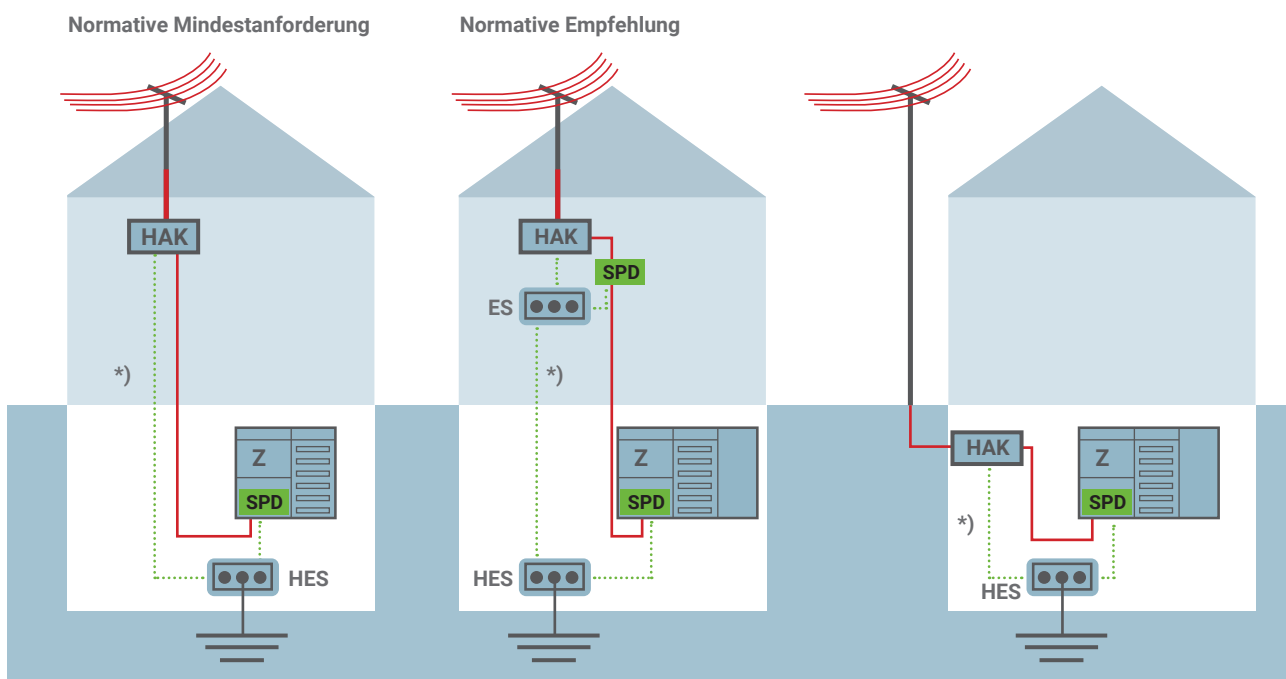
Durch das SPD Typ 1 am Zählerschrank wird der Potentialausgleich zwischen den aktiven Leitern und der Erdungsanlage sichergestellt.

Empfehlenswert ist jedoch der Einbau einer zusätzlichen Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD) Typ 1 am Dachständeranschluss.

Begründung:

Durch eine zusätzliche Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD) Typ 1 beim Dachständeranschluss erfolgt die Blitzstromaufteilung auf mehrere Leiter.

> Bild 3: Einbauort von SPDs bei Freileitungseinspeisung



*) Zusätzlicher PA-Leiter abhängig von der Netzform und in Absprache mit dem örtlichen Netzbetreiber

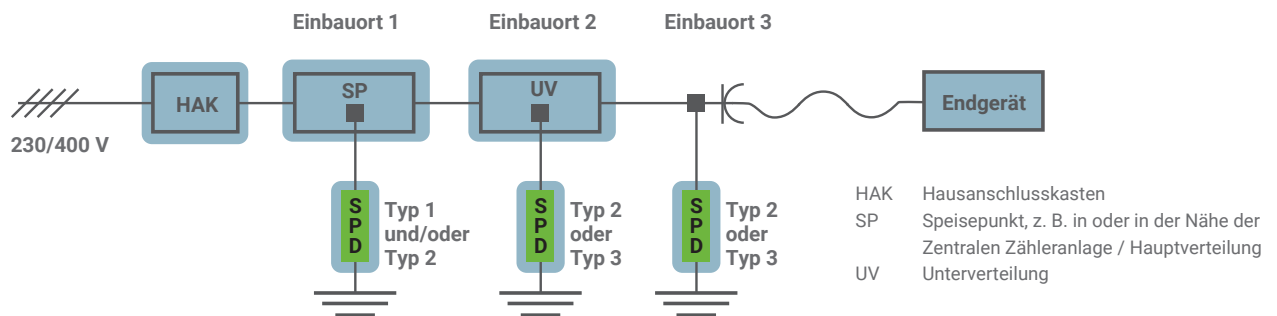
HAK: Hausanschlusskasten
 Z: Zähler
 ES: Erdungsschiene
 HES: Haupterdungsschiene
 SPD: Überspannungsschutz SPD Typ 1

10 | Wann ist zusätzlicher Überspannungsschutz notwendig?

Weitere SPDs Typ 2 oder Typ 3 können für einen ausreichenden Schutz der elektrischen Anlage notwendig sein. Diese zusätzlichen SPDs müssen dann in Energieflussrichtung gesehen nach dem Speisepunkt der elektrischen Anlage in der ortsfesten elektrischen Anlage, zum Beispiel in Unterverteilungen oder an den Steckdosen, errichtet werden – Bild 4. Diese zusätzlichen SPDs

dürfen nicht ohne SPDs, die am Speisepunkt der elektrischen Anlage errichtet sind, verwendet werden und müssen mit vorgeschalteten SPDs koordiniert sein, da solche zusätzlichen SPDs nur in Kombination mit den SPDs am Speisepunkt der Anlage die Schutzwirkung nach VDE 0100-534 erfüllen können.

> Bild 4: Einbauort von SPDs



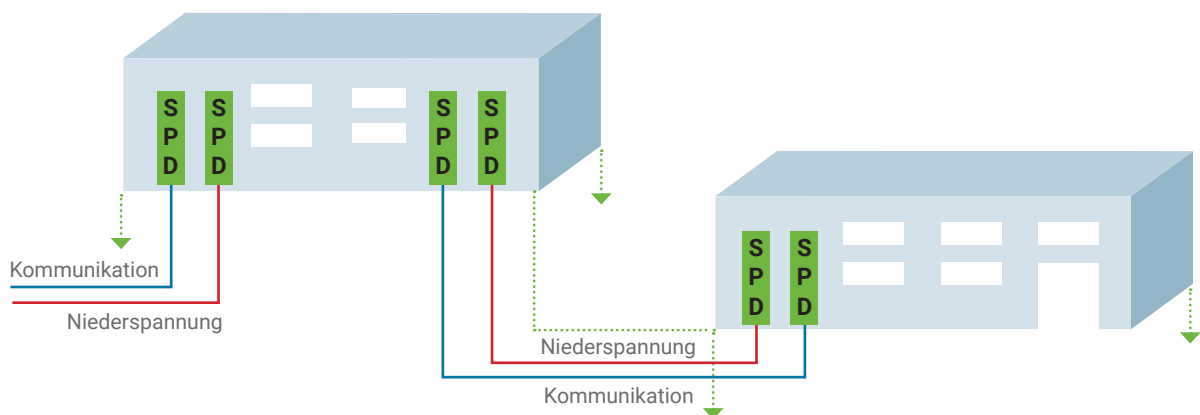
Zusätzliche SPDs können notwendig sein, wenn Gefährdungen von weiteren Störquellen ausgehen, zum Beispiel

- Schaltüberspannungen, die innerhalb der elektrischen Anlage erzeugt werden
- Überspannungen aus Systemen, die in die betreffende bauliche Anlage eingeführt werden, wie zum Beispiel Kommunikationsleitungen oder leitungsgebundene Datenverbindungen

- Überspannungen aus anderen Systemen, die weitere bauliche Anlagen versorgen, wie zum Beispiel Nebengebäude, Außenanlagen/Außenleuchten oder Stromversorgungen für Außensensoren.

In diesen Fällen sollten SPDs so nah als möglich an den Störquellen dieser Gefährdungen, bei gebäudeüberschreitenden Kabeln am Gebäudeeintritt, errichtet werden – Bild 5.

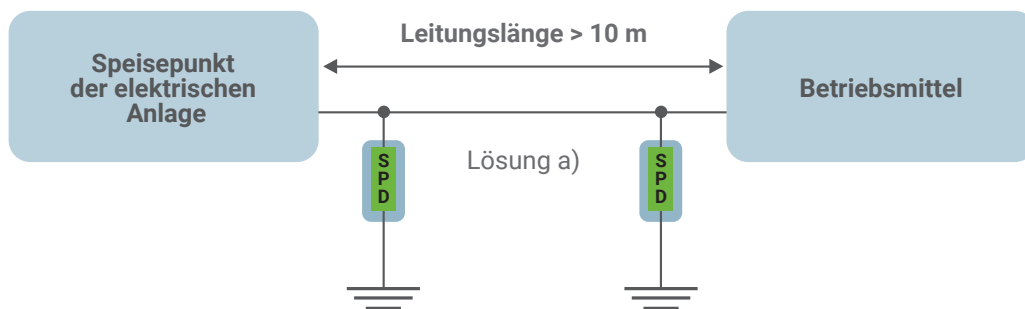
> Bild 5: Zusätzlicher Überspannungsschutz



11 | Was versteht man unter dem Schutzbereich von SPDs ?

Der Schutzbereich von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) beschreibt den zulässigen Abstand zwischen SPD und dem zu schützenden Betriebsmittel, in dem SPDs noch wirksam sind – Bild 6.

> Bild 6: Wirksamer Schutzbereich eines SPDs



12 | Wann sollten nach Abschnitt 534.4.9 bei einer Leitungslänge zwischen SPD und zu schützendem Betriebsmittel von mehr als 10 Meter zusätzliche SPDs so nah als möglich am zu schützenden Betriebsmittel eingesetzt werden?

- 1 Wenn ein Gebäude gegen die Auswirkungen von nahen oder direkten Blitzeinschlägen geschützt werden muss oder geschützt werden soll, dann sind die Vorgaben der DIN EN 62305 (VDE 0185-305) zu berücksichtigen.
- 2 Besteht bei Gebäuden, die nicht vor den Auswirkungen von nahen oder direkten Blitzeinschlägen geschützt werden müssen oder geschützt werden sollen, seitens des Auftraggebers/Betreibers die Anforderung, die elektrische Anlage insgesamt oder einzelne Anlagenteile zusätzlich gegen Fehler oder Ausfall zu schützen, sind maximale Leitungslängen zwischen den SPDs und den zu schützenden Betriebsmitteln zu beachten. Hierzu ist in der Planungsphase eine Information und Abstimmung mit dem Auftraggeber / Betreiber notwendig.
- 3 Die Entscheidung zur möglichen Realisierung von zusätzlichen Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 534.4.9 obliegt dem Auftraggeber / Betreiber und Planer. Diese Entscheidung ist zu dokumentieren. Eine mögliche Entscheidungshilfe zeigt Bild 7.
- 4 Bei der Information und Abstimmung sind auch mögliche privatrechtliche oder gesetzliche Vorgaben zu berücksichtigen. Folgende Fälle müssen in diesem Kontext unterschieden werden:

Fall 1:

Sind durch baurechtliche Vorgaben oder durch privatrechtliche Vereinbarungen (z.B. Versicherungsvertrag) Gefahrenmeldeanlagen wie zum Beispiel Brandmeldeanlagen (BMA), Sicherheitsbeleuchtungsanlagen (SiBe), Elektroakustische Anlagen (ELA), Einbruchmeldeanlagen (EMA) usw. in dem entsprechenden Gebäuden vorhanden, dann ist der Schutz dieser Einrichtungen nach den Abschnitten 534.4.1- 534.4.10 der DIN VDE 0100-534 unter besonderer Betrachtung des Abschnittes 534.4.9 der DIN VDE 0100-534 zu realisieren.

Fall 2:

Der Gebäudebetreiber möchte auf freiwilliger Basis einen höherwertigen Schutz seiner elektrischen Betriebsmittel bzw. informationstechnischen Betriebsmittel gegenüber dem Mindestschutz am Speisepunkt der elektrischen Anlage erzielen, dann ist der Schutz dieser Einrichtungen nach den Abschnitten 534.4.1- 534.4.10 der DIN VDE 0100-534 unter besonderer Betrachtung des Abschnittes 534.4.9 der DIN VDE 0100-534 zu realisieren.

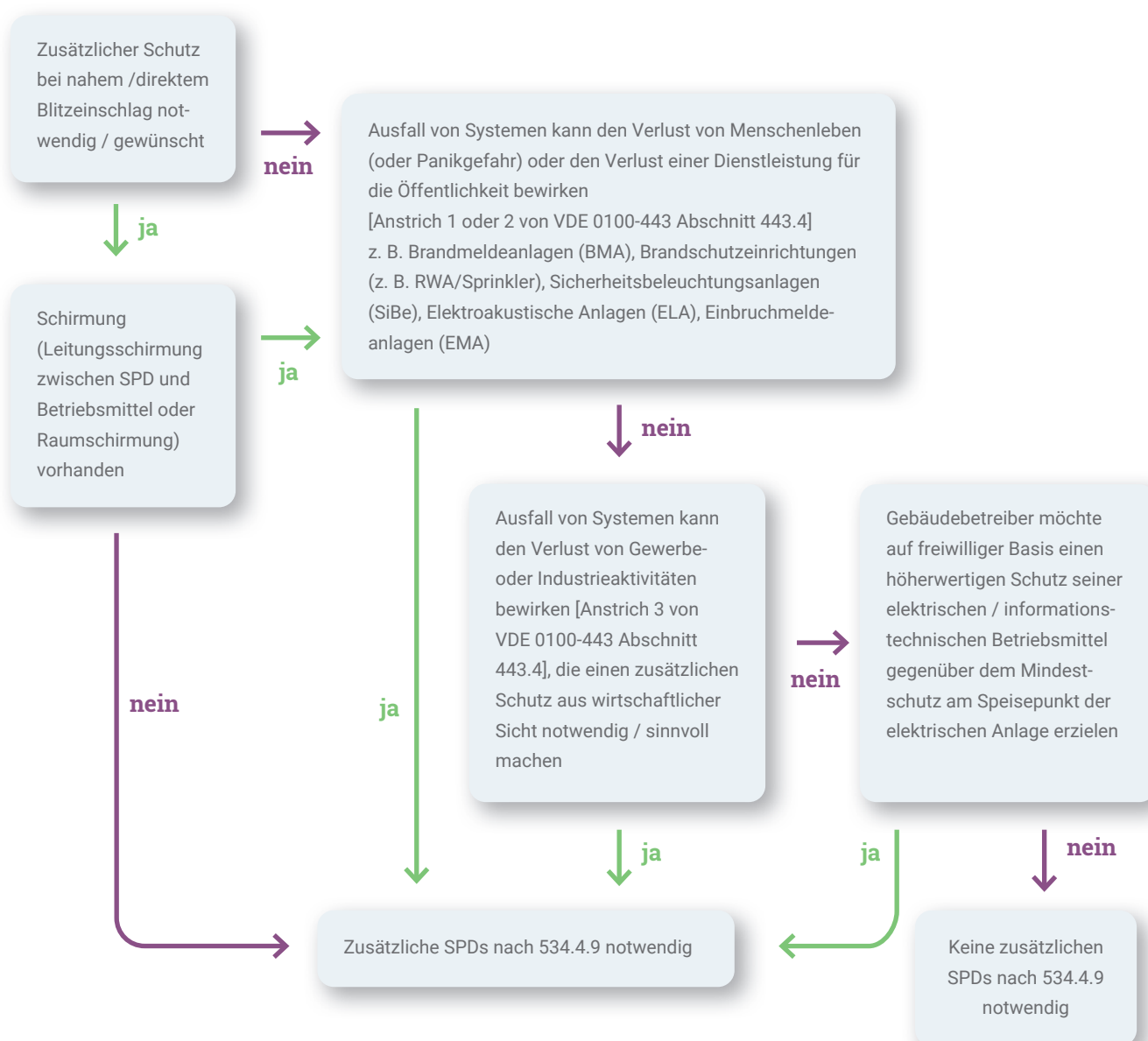
Wichtiger Hinweise:

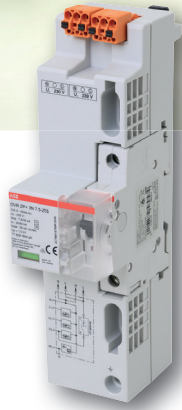
In allen vorab aufgeführten Fällen ist neben dem Schutz der Energieleitungen auch die informationstechnische Infrastruktur in das Schutzkonzept einzubeziehen.

Nicht betrachtet wird hier der möglicherweise notwendige zusätzliche Schutz bei Schaltüberspannungen.



> Bild 7: Entscheidungshilfe zur Notwendigkeit von zusätzlichen SPDs





Fall 2: Ladeeinrichtungen im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem – Bild 12

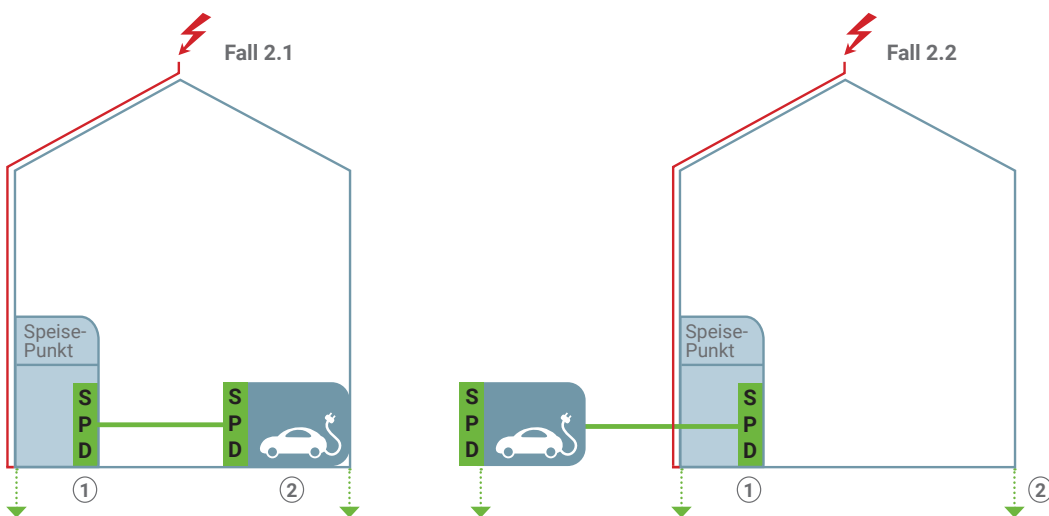
- > Bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem ist ein SPD Typ 1 am Speisepunkt erforderlich.
- > Zusätzlicher Überspannungsschutz an der Ladeeinrichtung ist **notwendig** bei einer Leitungslänge von mehr als 10 Metern zwischen dem installierten Überspannungsschutz und der Ladestation – falls keine durchgehende Schirmung*) vorhanden ist.
- > Bei der Auswahl des zusätzlichen Überspannungsschutzes ist auch die Einhaltung des Trennungsabstandes zwischen Blitzschutzanlage und Ladeeinrichtung und Ladestromkreis zu berücksichtigen.

> Bei Fragen zu möglicherweise notwendigen zusätzlichen Maßnahmen, z.B. einem äußeren Blitzschutzsystem der Ladeeinrichtung, ist eine Blitzschutzfachkraft zu konsultieren.

*) Vorgaben zur Leitungs- und Raumschirmung siehe DIN EN 62305 -3 und -4:

- Geschirmte Leitung mit einer empfohlenen Überdeckung des Kabelschirms von mindestens 85% - siehe Datenblatt;
- Kabelschirme beidseitig großflächig an Potentialausgleich anschließen;
- Kabelschirm mindestens 6mm² Cu, falls keine Blitzteilströme über Schirm zu erwarten sind
- Kabelschirm mindestens 16mm² Cu, falls Blitzteilströme über Schirm zu erwarten sind

> **Bild 12:** Beispielhafte Darstellung des Überspannungsschutzes bei Ladeeinrichtungen im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem



- ① Speisepunkt des Ladestromkreises (z. B. Zählerschrank im Gebäude oder Zähleranschlusssäule)
- ② Ladeeinrichtung



17 | Wie sind SPDs Typ 1 hinsichtlich des Blitzstroms I_{imp} auszuwählen?

(1) Gebäude mit Blitzschutzsystem

Bei Gebäuden mit einem Blitzschutzsystem muss der notwendige Blitzstoßstrom der SPDs Typ 1 wie folgt ausgewählt werden:

a) Ist keine Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 durchgeführt worden, dann muss der Blitzstoßstrom (I_{imp}) mindestens den Werten von Tabelle 5 entsprechen.

> Tabelle 5: Mindestwerte von I_{imp} für SPD Typ 1 bei Gebäude mit Blitzschutzsystem

I_{imp} [kA]				
Anschluss	Netzsystem			
	Einphasen-System		Dreiphasen-System	
	Anschlussschema 1	Anschlussschema 2	Anschlussschema 1	Anschlussschema 2
L – N		12,5		12,5
L – PE	12,5		12,5	
N – PE	12,5	25	12,5	50

b) Ist eine Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 durchgeführt worden, dann muss der Blitzstoßstrom I_{imp} entsprechend der Blitzschutznormen VDE 0185-305 bestimmt werden

(2) Gebäude ohne Blitzschutzsystem, aber mit Freileitungseinspeisung

Wie bereits ausgeführt, müssen bei Gebäuden mit Freileitungseinspeisung SPDs Typ 1 eingesetzt werden. Diese müssen mindestens für Blitzstoßströme I_{imp} nach Tabelle 6 ausgelegt sein.

Die Mindestwerte des Blitzstoßstromes nach Tabellen 5 und 6 werden der Blitzschutzklasse LPL III und IV in Anlehnung an die Vorgaben der Blitzschutznormenreihe VDE 0185-305 zugeordnet.

> Tabelle 6: Mindestwerte von I_{imp} für SPD Typ 1 bei Gebäude ohne Blitzschutzsystem mit Freileitungseinspeisung

I_{imp} [kA]				
Anschluss	Netzsystem			
	Einphasen-System		Dreiphasen-System	
	Anschlussschema 1	Anschlussschema 2	Anschlussschema 1	Anschlussschema 2
L – N		5		5
L – PE	5		5	
N – PE	5	10	5	20

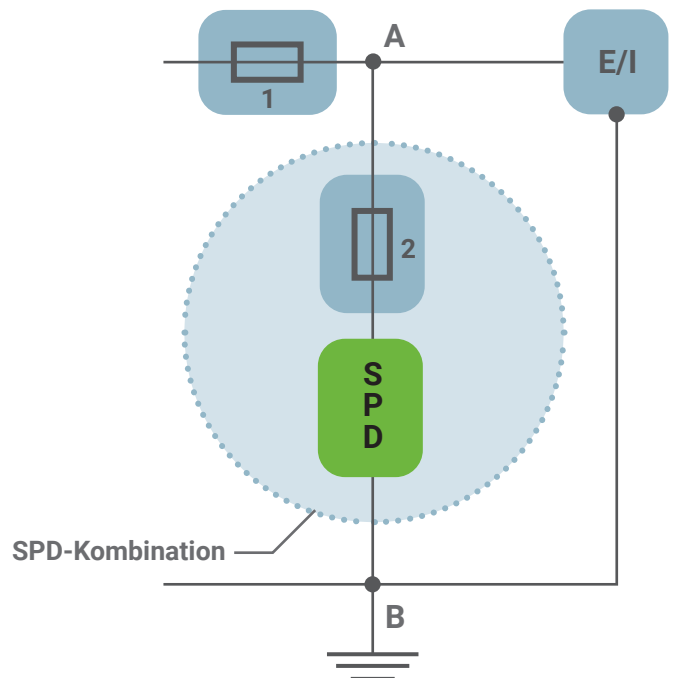
18 | Was ist beim Schutz von SPDs gegen Kurzschluss zu beachten?

Bei SPDs kann es wie bei allen anderen elektrischen Betriebsmitteln zu einem elektrischen Kurzschluss kommen. Deshalb müssen alle SPDs gegen die Auswirkungen von Kurzschlussströmen geschützt werden. Ein Schutz gegen Überlastströme ist bei „Stichverdrahtung“ nach Bild 9 nicht notwendig. Diese Überstrom-Schutzeinrichtung kann, entweder intern und / oder extern zum SPD angeordnet werden.

Die Überstrom-Schutzeinrichtungen zum Schutz von SPD-Kombinationen müssen wie folgt ausgewählt werden:

- nach DIN VDE 0100-430 – Abschnitt 434; und
- so hoch als möglich, um eine möglichst hohe Stoßstromfestigkeit der gesamten SPD-Kombination zu erreichen. Es dürfen jedoch die Bemessungswerte und die Eigenschaften, die der Hersteller für den maximalen Überstromschutz in den Einbauanleitungen vorgibt, nicht überschritten werden.

> Bild 9: Schutz von SPDs gegen Kurzschluss



Legende siehe Seite 4

19 | Welche Längen dürfen Anschlussleitungen von SPDs aufweisen?

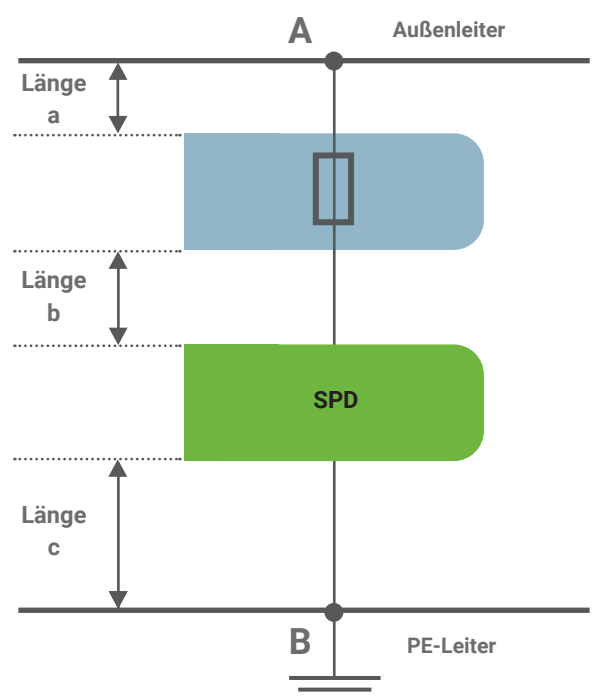
An einem 1 Meter langen Leiter wird bei einem Impulsstrom von 10kA (8/20) ein Spannungsfall von etwa 1000 V erzeugt. Dieser Spannungsfall addiert sich mit dem Schutzpegel U_p des SPDs zum tatsächlich wirksamen Schutzpegel. Damit der tatsächlich wirksame Schutzpegel die Bemessungs-Stoßspannungsfestigkeit der Anlage nicht überschreitet und es nicht zu einem Isolationsversagen kommt, muss die Länge der Anschlussleitungen begrenzt werden.

Deshalb darf die maximale Gesamtlänge der Anschlussleitungen ($a + b + c$) 0,5 Meter nicht überschreiten – Bild 10.

Falls diese Gesamtlänge von 0,5m überschritten wird, ist eine der folgenden Maßnahmen zu ergreifen:

- Einsatz eines SPDs mit niedrigerem U_p
- Zweites, koordiniertes SPD in der Nähe des zu schützenden Betriebsmittels, um so den Schutzpegel U_p an die Bemessungs-Stoßspannung des zu schützenden Betriebsmittels anzupassen;
- SPD-Anschluss in „V-Verdrahtung“.

> Bild 10: Länge der Anschlussleitungen





20 | Welchen Anschlussquerschnitt müssen Anschlussleitungen von SPDs aufweisen?

Folgende Festlegungen zum notwendigen Querschnitt der Anschlussleitungen von SPD Typ 1 und SPD Typ 2 am oder in der Nähe des Speisepunktes der Anlage wurden in die VDE 0100-534 aufgenommen:

Anschlussleitungen zwischen SPD und der Haupterdungs-schiene/Haupterdungsklemme oder dem Schutzleiter:

- **SPD Typ 2:** Mindestens 6mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt
- **SPD Typ 1:** Mindestens 16mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt

Anschlussleitungen zwischen SPD und den Außenleitern

Die Anschlussleitungen zwischen SPD und den Außenleitern müssen so ausgelegt werden, dass sie der zu erwartenden Kurzschlussstrombelastung entsprechend VDE 0100-430 Abschnitt 433.3.1 b) standhalten. Aus Gründen der Impulsstromtragfähigkeit dürfen diese Anschlussleitungen folgenden Querschnitt nicht unterschreiten:

- **SPD Typ 2:** Mindestens 2,5mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt
- **SPD Typ 1:** Mindestens 6mm² Kupfer oder einen dazu leitwertgleichen anderen Leiterquerschnitt

21 | Ist in einer bestehenden elektrischen Anlage Überspannungsschutz nachzurüsten, wenn die elektrische Anlage erweitert / erneuert wird?

DIN VDE 0100-443:2016-10 und DIN VDE 0100-534:2016-10 enthalten keine Nachrüstforderungen. Solange in einer weiterführenden Rechtsvorschrift nicht explizit eine Nachrüstpflicht verankert ist, besteht keine Nachrüstpflicht für bestehende Anlagen.

Grundsätzlich gilt, wird eine bestehende elektrische Anlage erneuert / erweitert oder ein Teil einer bestehenden Anlage erneuert / erweitert, dann ist der erneuerte / erweiterte elektrische Anlagenteil nach dem zum Erneuerungszeitpunkt gültigen Normenstand zu errichten. Es sind die nach DIN VDE 0100-443:2016-10 und DIN VDE 0100-534:2016-10 notwendigen Überspannungs-Schutzeinrichtungen zu errichten. Der Anlagenerrichter sollte jedoch grundsätzlich den Auftraggeber darauf hinweisen, dass auch in den nicht erneuerten / erweiterten Anlagenteilen Überspannungs-Schutzeinrichtungen notwendig werden könnten.

Es können beispielhaft folgende drei Fälle unterschieden werden:

Fall 1:

Neuer Zählerplatz (Hauptverteilung) jedoch keine Erneuerung / Erweiterung der Elektroanlagen in den Wohnungen:

Es ist Überspannungsschutz am Zählerplatz / Hauptverteilung zu installieren – Informationshinweis siehe oben.

Fall 2:

Der Zählerplatz (Hauptverteilung) bleibt unverändert, jedoch Erneuerung / Erweiterung der Elektroanlage in der Wohnung:

Es ist in diesem Wohnungsverteiler Überspannungsschutz zu installieren – Informationshinweis siehe oben.

Fall 3:

Es wird ein bestehender Endstromkreis ergänzt. Der Speisepunkt der Anlage (z.B. Zählerplatz / Hauptverteilung ODER Wohnungsverteilung) bleibt jedoch unverändert. In diesem Fall muss nicht zwingend Überspannungsschutz am Speisepunkt der Anlage installiert werden. Es besteht jedoch die Notwendigkeit eines Informationshinweises (siehe oben) und die Empfehlung von SPDs für den ergänzten Anlagenteil entsprechend der Schutzbedürftigkeit.



22 | Besteht eine normative „Einbauverpflichtung von SPDs Typ 3“?

Es besteht keine normative Einbauverpflichtung.

Die Installation von zusätzlichen Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs Typ 2 oder Typ 3) bedarf einer Einzelfallbetrachtung (siehe Aussagen zu zusätzlichem Überspannungsschutz in der Druckschrift).

Die Bemessungs-Stehstoßspannungsfestigkeit von fest angeschlossenen Verbrauchsmitteln entspricht mindestens der

Überspannungskategorie II (2,5kV). Die Vorgaben der Isolationskoordination sind somit durch den Einbau von SPDs am Speisepunkt der Anlage eingehalten.

Der wirksame Schutzbereich von SPDs ist begrenzt. Beträgt die Leitungslänge zwischen SPD und dem zu schützenden Betriebsmittel mehr als 10 Meter, dann sollten zusätzliche Schutzmaßnahmen, wie zum Beispiel zusätzliche SPDs, ergriffen werden – siehe auch Frage 12.

23 | In einem älteren Einfamilienhaus ist kein Fundamenterder nach DIN 18014 installiert. Ein äußerer Blitzschutz nach DIN VDE 0185-305, ausgeführt mit Tiefenerdern, oder eine andere Erdungsanlage ist nicht vorhanden. Wie kann die Elektrofachkraft nach der neuen DIN VDE 0100-443 / 534 den SPD Typ 1 und SPD Typ 2 installieren? Vorausgesetzt ist, dass wie bisher die Haupterdungsschiene (HES) montiert und der Schutzpotentialausgleich erstellt wurde.

- 1) Eine elektrische Anlage ohne Fundamenterder (Anlagenerder) ist nur bei Gebäuden mit einem Niederspannungssystem, das als TN-C oder TN-C-S-System ausgeführt ist, zulässig und bei Gebäuden, die mit keiner äußeren Blitzschutzanlage ausgerüstet sind.
- 2) Eine Verpflichtung zur Errichtung von Überspannungsschutz nach DIN VDE 0100-443:2016-10 und DIN VDE 0100-534:2016-10 besteht nur dann, wenn Änderungen oder Erweiterungen der vorhandenen elektrischen Anlagen vorgenommen werden, die den Bestandsschutz aufheben.

In einer Anlage ohne Anlagenerder wird der Überspannungsschutz nach DIN VDE 0100-443 errichtet (nicht Blitzschutz) und dient ausschließlich dem Schutz vor Überspannungen, die über das Stromversorgungsnetz in die betreffende Anlage übertragen werden. Der Überspannungsschutz kann in dem Fall ohne zusätzlichen Anlagenerder installiert werden und stellt den notwendigen Potentialausgleich zur Einhaltung der Isolationskoordination in der Kundenanlage sicher.

24 | Welche Maßnahmen sind zum Schutz bei transienten Überspannungen (Überspannungsschutz) bei Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art (DIN VDE 0100-7xx) notwendig?

Für die Anwendung der DIN VDE 0100-7xx gelten grundsätzlich die allgemeinen Anforderungen der VDE 0100 Teile 100 bis 600. Die VDE 0100 Teile 7xx beinhalten besondere Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art. Diese besonderen Anforderungen sind immer in Verbindung mit den allgemeinen Anforderungen anzuwenden. Sie ergänzen, ändern oder ersetzen bestimmte allgemeine Anforderungen der Teile 100 bis 600.

Bezüglich der Bestimmung der Notwendigkeit von Maßnahmen zum Überspannungsschutz bedeutet dies, dass grundsätzlich zu überprüfen ist, ob Kriterien nach DIN VDE 0100-443, Abschnitt

443.4 – z. B. Gewerbe- und Industrieaktivitäten – erfüllt werden. Falls mindestens eines der Kriterien nach Abschnitt 443.4 zutrifft, ist Überspannungsschutz am Speisepunkt der elektrischen Anlage zu errichten. Bei der Auswahl und Errichtung der Überspannungsschutzreinrichtung sind die Anforderungen von DIN VDE 0100-534 zu erfüllen.

Elektrische Anlagen für Baustellen nach VDE 0100-704

Bei elektrischen Anlagen für Baustellen ist im Allgemeinen davon auszugehen, dass die Kriterien nach DIN VDE 0100-443, Abschnitt 443.4– erfüllt sind und Überspannungsschutz am Speisepunkt der Anlage vorgesehen werden muss.



Nach DIN VDE 0100-704:2018-10, Abschnitt 704.443 können durch den Einsatz von Kränen, Aufzugsanlagen, Betonmischmaschinen oder vergleichbaren Geräten Schaltüberspannungen auftreten.

Beim Errichtungsort der Überspannungs-Schutzeinrichtung können beispielsweise folgende Einbauorte unterschieden werden:

Anschluss der Baustromversorgung

- in einem Gebäude, in dem bereits Überspannungsschutz errichtet ist: In diesem Fall ist die Forderung aus DIN VDE 0100-443 nach Überspannungsschutz am Speisepunkt der Anlage erfüllt.

- am öffentlichen Niederspannungsnetz: In diesem Fall ist der Baustromverteiler der Speisepunkt der Anlage und es ist ein Überspannungsschutz im Baustromverteiler zu errichten.

Da ein Überspannungsschutz am Speisepunkt der Anlage alleine nicht in allen Fällen den Schutz gegen Schaltüberspannungen sicher stellt, kann zusätzlich der Einbau eines Überspannungsschutzes z.B. im Baustellenverteiler notwendig sein.

25 | Wie ist der Überspannungsschutz von Photovoltaik (PV)- Anlagen nach DIN VDE 0100-712 umzusetzen?

Wird eine neue PV-Anlage nachträglich an eine bestehende elektrische Anlage angeschlossen, erfolgt dies über einen neuen Stromkreis, welcher nach den aktuell gültigen Normen zu errichten ist.

Damit ergibt sich die Notwendigkeit des Überspannungsschutzes (mindestens ein Typ 2 SPD) auf der AC-Seite nach DIN VDE 0100-443. Durch den Verweis der VDE 0100-712 auf DIN VDE 0185-305-3 Beiblatt 5 gilt: Ergibt sich die Notwendigkeit von Über-

spannungsschutz-Maßnahmen auf der AC-Seite und soll insbesondere ein Schutz des Wechselrichters sichergestellt werden, dann werden auch auf der DC-Seite Überspannungsschutz-Maßnahmen benötigt.

Zusätzlich wird auch bei PV-Anlagen Überspannungsschutz für die Informations- und Kommunikationstechnik empfohlen.

26 | Wie ist der Überspannungsschutz bei Photovoltaik (PV)- Anlagen umzusetzen, die von Volleinspeisung auf Eigenverbrauch umgestellt werden?

Werden Photovoltaik (PV)- Anlagen von Volleinspeisung auf Eigenverbrauch umgestellt, ist im Allgemeinen nur die Einspeisung der PV-Anlage umzurüsten.

Bei PV-Anlagen auf Gebäuden ohne Blitzschutz wird empfohlen, Überspannungsschutz, falls nicht vorhanden, nach DIN VDE 0100-443 / -712 und DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 nachzurüsten.

Ist der Zählerplatz im Zuge der Umstellung zu erneuern, dann ist Überspannungsschutz am Zählerplatz zu installieren.

Für die bestehende PV-Anlage ergibt sich keine Nachrüstpflicht auf der AC- oder DC-Seite – jedoch Informationshinweis siehe Frage (21).



27 | In welchen Fällen ist Überspannungsschutz in Stromkreisen zur Versorgung von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge nach DIN VDE 0100-722 vorzusehen?

Fall 1: Ladeeinrichtungen im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden ohne äußeres Blitzschutzsystem – Bild 11

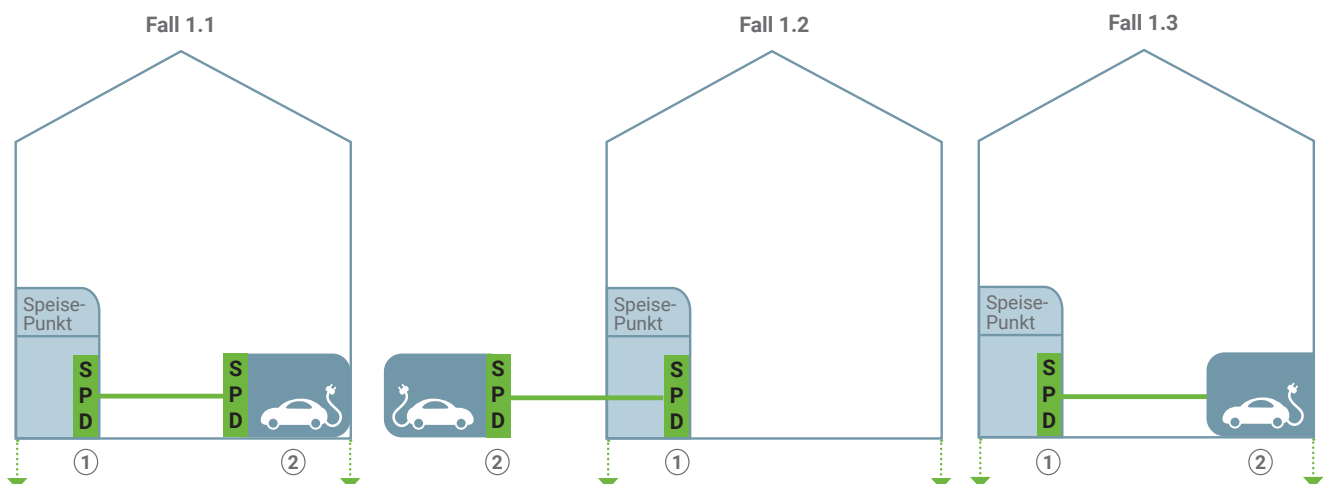
- > Ist im Gebäude kein Überspannungsschutz vorhanden, dann muss bei Errichtung eines neuen Stromkreises für eine Ladeeinrichtung mindestens ein SPD Typ 2 am Speisepunkt der Anlage errichtet werden.
- > Es wird ein zusätzlicher Überspannungsschutz an der Ladeeinrichtung zum Schutz der Ladeeinrichtung und des Elektrofahrzeuges bei Leitungslängen > 10 Meter **empfohlen**. (Fall 1.1 und 1.2).
Abweichend kann bei einer durchgehenden Schirmung*) der Leitung zur Ladeeinrichtung (z.B. geschirmte Leitungsverlegung

oder Schirmwirkung von Gebäuden in Stahlbetonbauweise z.B. in Tiefgaragen) auf den empfohlenen zusätzlichen Überspannungsschutz verzichtet werden. Dies erfolgt in einer dokumentierten Absprache zwischen Auftraggeber / Betreiber und Planer (Fall 1.3).

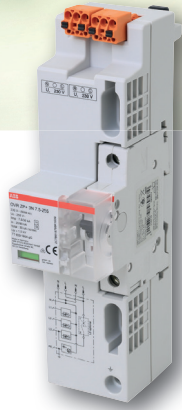
*) Vorgaben zur Leitungs- und Raumschirmung siehe DIN EN 62305-4:

- Geschirmte Leitung mit einer empfohlenen Überdeckung des Kabelschirms von mindestens 85% - siehe Datenblatt;
- Kabelschirme beidseitig großflächig an Potentialausgleich anschließen;
- Kabelschirm mindestens 6mm² Cu

> **Bild 11:** Beispielhafte Darstellung des Überspannungsschutzes bei Ladeeinrichtung im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden ohne äußeres Blitzschutzsystem



- ① Speisepunkt des Ladestromkreises (z. B. Zählerschrank im Gebäude oder Zähleranschlusssäule)
 ② Ladeeinrichtung



Fall 2: Ladeeinrichtungen im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem – Bild 12

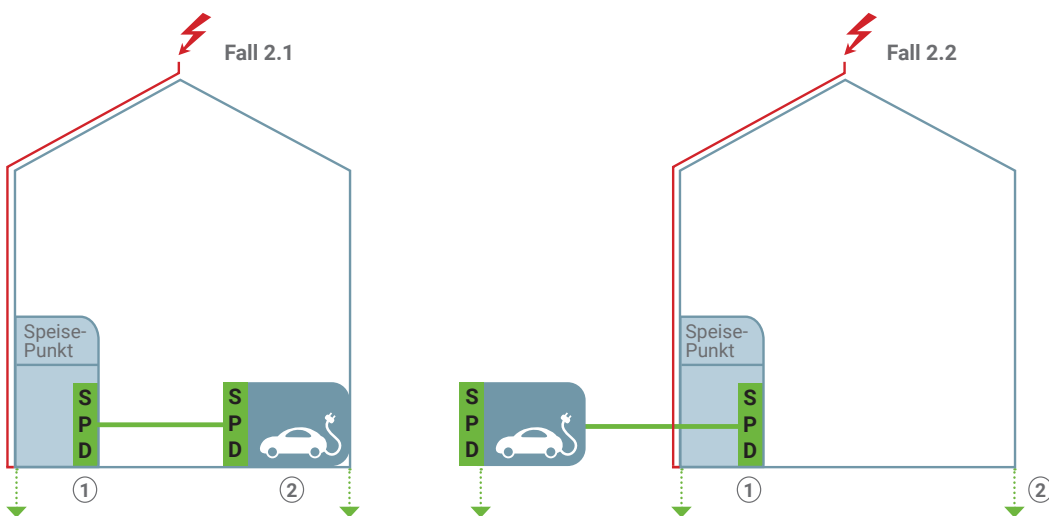
- > Bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem ist ein SPD Typ 1 am Speisepunkt erforderlich.
- > Zusätzlicher Überspannungsschutz an der Ladeeinrichtung ist **notwendig** bei einer Leitungslänge von mehr als 10 Metern zwischen dem installierten Überspannungsschutz und der Ladestation – falls keine durchgehende Schirmung*) vorhanden ist.
- > Bei der Auswahl des zusätzlichen Überspannungsschutzes ist auch die Einhaltung des Trennungsabstandes zwischen Blitzschutzanlage und Ladeeinrichtung und Ladestromkreis zu berücksichtigen.

> Bei Fragen zu möglicherweise notwendigen zusätzlichen Maßnahmen, z.B. einem äußeren Blitzschutzsystem der Ladeeinrichtung, ist eine Blitzschutzfachkraft zu konsultieren.

*) Vorgaben zur Leitungs- und Raumschirmung siehe DIN EN 62305 -3 und -4:

- Geschirmte Leitung mit einer empfohlenen Überdeckung des Kabelschirms von mindestens 85% - siehe Datenblatt;
- Kabelschirme beidseitig großflächig an Potentialausgleich anschließen;
- Kabelschirm mindestens 6mm² Cu, falls keine Blitzteilströme über Schirm zu erwarten sind
- Kabelschirm mindestens 16mm² Cu, falls Blitzteilströme über Schirm zu erwarten sind

> **Bild 12:** Beispielhafte Darstellung des Überspannungsschutzes bei Ladeeinrichtungen im privaten / nicht-öffentlichen Bereich – bei Gebäuden mit äußerem Blitzschutzsystem



- ① Speisepunkt des Ladestromkreises (z. B. Zählerschrank im Gebäude oder Zähleranschlusssäule)
- ② Ladeeinrichtung

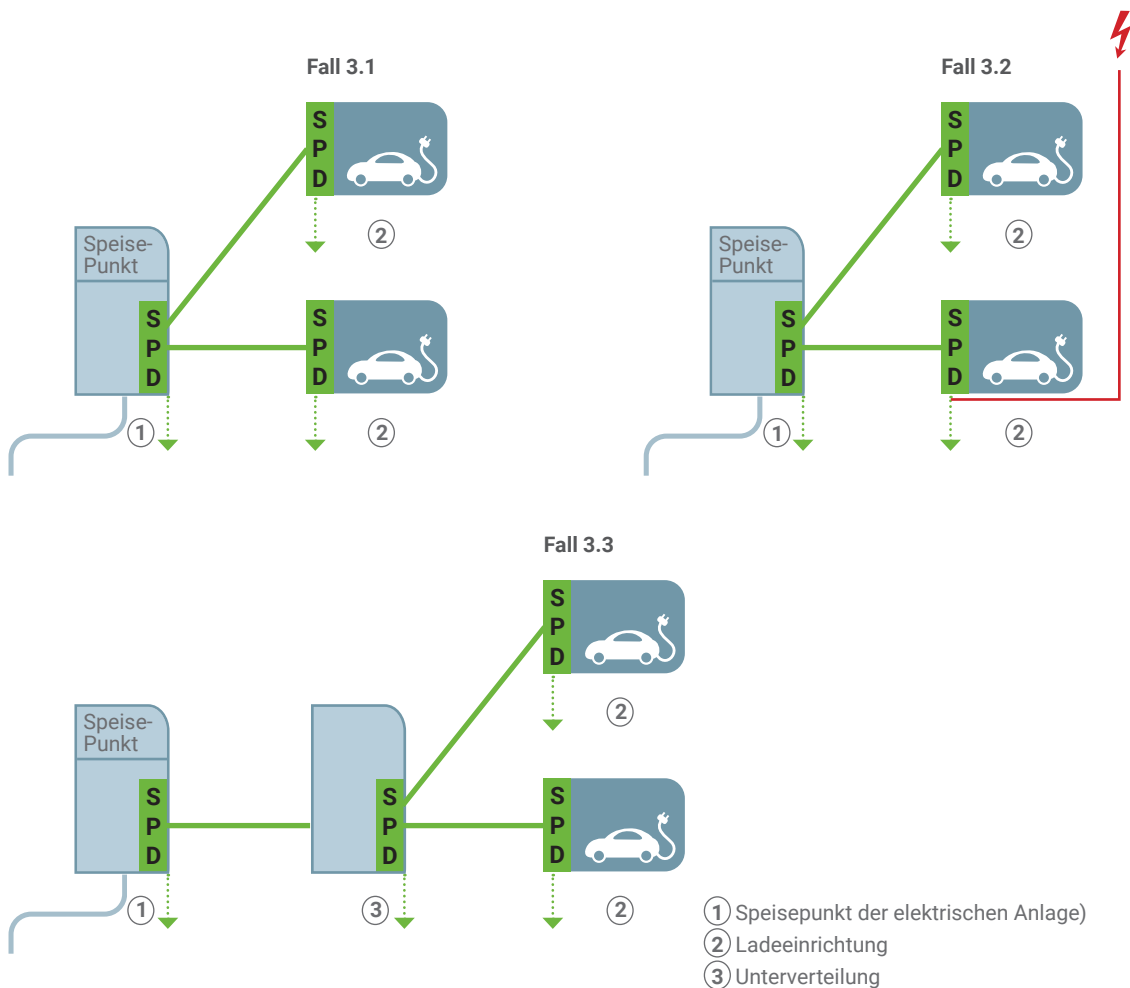
Fall 3: Öffentlich zugängliche Ladeeinrichtungen – Bild 13

Bei öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen sind Maßnahmen zum Überspannungsschutz vorzusehen, da diese entsprechend VDE 0100-443, Abschnitt 443.4 öffentliche Einrichtungen darstellen. Dies wird durch den Hinweis in VDE 0100-722, Abschnitt 722.443.4 nochmals verdeutlicht: „Ein öffentlich zugänglicher Anschlusspunkt wird als Teil einer öffentlichen Einrichtung erachtet und muss daher bei transienten Überspannungen geschützt sein.“

Bei öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen, die an ein Gebäude mit Überspannungsschutz nach DIN VDE 0100-443 angeschlossen sind, ist die Forderung von DIN VDE 0100-722 durch den Überspannungsschutz im Gebäude bereits erfüllt. Es sind die Hinweise zu den Fällen 1 und 2 zu beachten.

Bei öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen, die direkt an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen sind, ist Überspannungsschutz an oder in der Ladestation nach DIN IEC/TS 61439-7 (VDE V 0660-600-7)) vorzusehen - siehe Fälle 3.1 bis 3.3 und auch VDE-AR-N 4100, Abschnitt 12

> Bild 13: Beispielhafte Darstellung des Überspannungsschutzes bei öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen - direkt an das öffentliche Niederspannungsnetz angeschlossen



Hinweis:

Zur Definition von öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen siehe „Der Technische Leitfaden Elektromobilität Herausgeber ZVEH, ZVEI, BDEW, VDE FNN, VDE DKE“

Allgemein gilt für den Überspannungsschutz von Ladeeinrichtungen:

- > Bei Kommunikationsleitungen von Ladestationen sind zusätzliche Überspannungs-Schutzeinrichtungen vorzusehen.
- > Es sind die Vorgaben des jeweiligen Herstellers des Elektrofahrzeugs und der Ladestation zu Überspannungsschutz und Erdung zu beachten.



28 | Ist bei SPDs neben der Verbindung mit dem Schutzleiter eine zusätzliche Erdungs- verbindung mit der Haupterdungsschiene notwendig?

> SPDs Typ 2 im anlagenseitigen Anschlussraum:

Bei SPDs Typ 2 im anlagenseitigen Anschlussraum ist eine Erdungsverbindung mit dem Schutzleiter ausreichend. Es besteht keine Forderung, dass die Überspannungs-Schutzeinrichtungen mit der Haupterdungsschiene verbunden werden muss.

> SPDs Typ 1 im Hauptstromversorgungssystem (z.B. netzseitiger Anschlussraum):

Bei SPDs Typ 1 im Hauptstromversorgungssystem besteht nach DIN VDE 0100-534 und VDE-AR-N 4100 die Forderung, dass die Überspannungs-Schutzeinrichtungen mit der Haupterdungsschiene/Haupterdungsklemme und mit dem Schutzleiter der Kundenanlage verbunden werden muss.

> SPDs in industriellen Schaltanlagen

Bei SPDs in einer industriellen Schaltanlage kann eine zusätzliche 16mm² Erdungsverbindung entfallen, wenn eine PE-Schiene mit entsprechendem Querschnitt (z.B. $\geq 150\text{mm}^2$ Cu) vorhanden ist.

Allgemein kann die Verbindung von SPDs mit der Haupterdungsschiene und zusätzlich mit dem Schutzleiter die Wirksamkeit des Überspannungsschutzes weiter verbessern (VDE 0100-534 – Abschnitt 534.4.8).

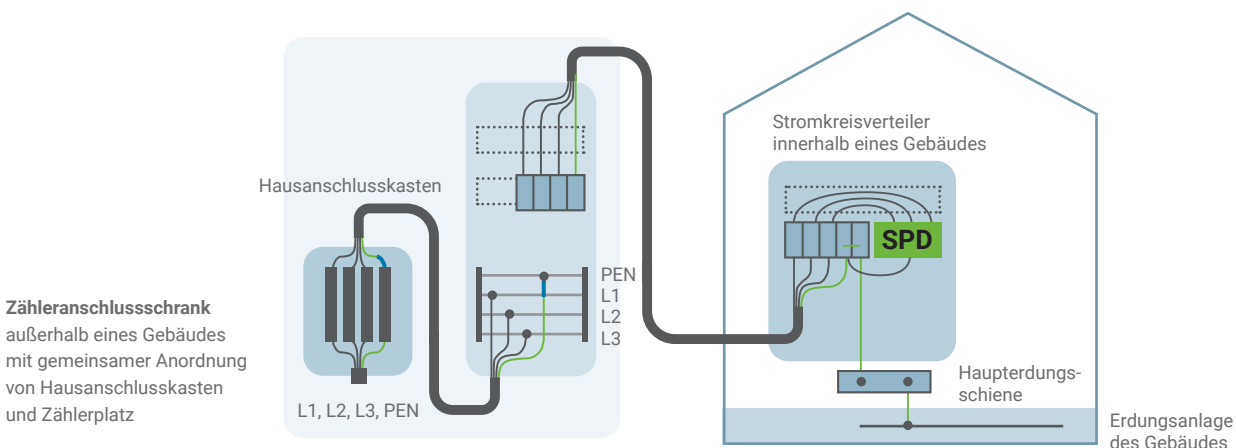
Die Erdungsverbindungen von SPDs werden als Schutzleiter betrachtet und sind grüngelb auszuführen.

29 | Wie ist Überspannungsschutz bei Zähleranschlusschränken außerhalb eines Gebäudes auszuführen?

Die nach DIN VDE 0100-443 geforderte Maßnahme zum Schutz bei transienten Überspannungen, die über das Stromversorgungsnetz übertragen werden, muss durch die Errichtung von Überspannungsschutz nach DIN VDE 0100-534 Abschnitt 534.4.1 umgesetzt werden. Nach 534.4.1 müssen Überspannungs-

Schutzeinrichtungen so nah wie möglich am Speisepunkt der Anlage errichtet werden. Diese Anforderung ist bei Zähleranschlusschränken im Freien durch ein SPD Typ 2 im Stromkreisverteiler innerhalb des Gebäudes (siehe Bild 14) erfüllt.

> Bild 14: Beispiel für Überspannungsschutz im Stromkreisverteiler innerhalb des Gebäudes bei Zähleranschlusschrank außerhalb eines Gebäudes

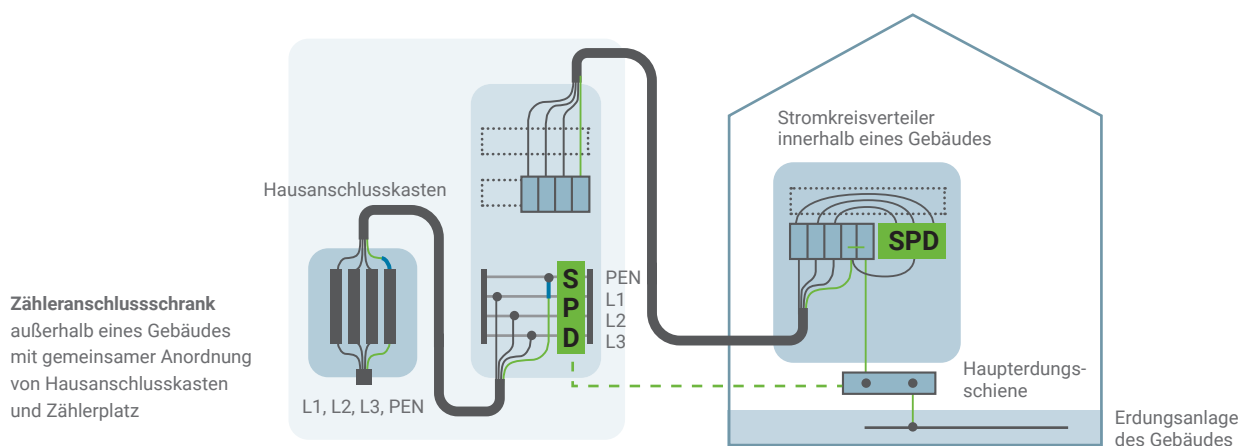




Wird ein Betriebsmittel eines intelligenten Messsystems im Zähleranschlusschrank im Freien installiert, empfiehlt sich der zusätzliche Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (siehe Bild 15). In diesem Fall müssen die SPDs zusätzlich die Anforderungen nach Absatz 11.2 der VDE-AR-N 4100 erfüllen. Bei der Umsetzung der Schutzmaßnahme sind darüber hinaus

die Entfernung des Zähleranschlusschrankes zum Gebäude und das Vorhandensein einer äußeren Blitzschutzanlage am Gebäude zu berücksichtigen. Zu beachten ist, dass eine zusätzliche Erdungsverbindung von der Überspannungs-Schutzeinrichtung im Zähleranschlusschrank zur Haupterdungsschiene im Gebäude herzustellen ist.

> **Bild 15:** Beispiel für Überspannungsschutz im Hauptstromversorgungssystem bei Zähleranschlusschrank außerhalb eines Gebäudes und Betriebsmittel eines intelligenten Messsystems im Zähleranschlusschrank



30 | Wann ist Überspannungsschutz für die Informationstechnik notwendig?

Für die Stromversorgungsleitungen sind nach DIN VDE 0100-443 Überspannungsschutzmaßnahmen am oder in der Nähe des Speisepunktes der elektrischen Anlage erforderlich. Für eingeführte Internet-, Telefon- und Breitbandkabel-Leitungen empfiehlt die DIN VDE 0100-443 Überspannungsschutzmaßnahmen. Jahrzehntelange Erfahrungen zeigen, dass ein sicheres und wirksames Überspannungsschutzkonzept nur erreicht werden kann, wenn Überspannungs-Schutzeinrichtungen für alle eingeführten elektrischen Leitungen und damit auch für Kommunikations-

leitungen eingesetzt werden. Der Installationsort für den Überspannungsschutz sollte so nah wie möglich am Gebäudeeintritt gewählt werden.

Auch nach DIN 18015-1 ist es für einen umfassenden Schutz vor transienten Überspannungen erforderlich, beim Einsatz von elektronischen Geräten mit mehreren Anschlüssen neben der Energieversorgung auch die Kommunikationsanschlüsse mit einem geeigneten Überspannungsschutz auszurüsten.



31 | „Was ist beim Einsatz von steckerfertigen Photovoltaik-Anlagen hinsichtlich Blitz- und Überspannungsschutzes zu beachten?“

(1) Gebäude ohne Blitzschutzanlage:

Durch den Einsatz einer steckerfertigen Photovoltaik-Anlage bei Gebäuden OHNE äußere Blitzschutzanlage ergibt sich keine Verpflichtung nach Überspannungsschutz am Speisepunkt der elektrischen Anlage oder am betreffenden Endstromkreis.

Der Anlagenrichter (Elektrofachkraft) sollte grundsätzlich den Auftraggeber darauf hinweisen (Informationshinweis), dass Überspannungsschutz empfohlen wird. Dies gilt besonders, wenn ein separater Stromkreis für die steckerfertige PV-Anlage errichtet wird.

(2) Gebäude mit Blitzschutzanlage:

Die grundsätzliche Forderung, dass die Schutzfunktion eines Blitzschutzsystems nicht durch die Montage eines PV-Stromversorgungssystems beeinträchtigt werden darf, gilt auch beim Einsatz von steckerfertigen Photovoltaik-Anlagen.

über die PV-Anlage in die elektrische Installation induziert werden. Zur Begrenzung dieser induzierten Überspannungen wäre ein zusätzlicher Überspannungsschutz so nah als möglich am Gebäudeeintritt der PV-Anlage – zum Beispiel an oder in der Nähe der Steckvorrichtung zu empfehlen.

Es wird davon ausgegangen, dass bei Gebäuden mit einem äußeren Blitzschutzsystem nach DIN EN 62305 SPD-Typ 1 am Speisepunkt der elektrischen Anlage installiert und der erforderliche Blitzschutzpotentialausgleich realisiert sind.

Fall 2: Gebäude mit äußerer Blitzschutzanlage nach DIN EN 62305-3 und eine metallene Außenkonstruktion (z.B. Balkone, Außentreppen usw.), die in den Blitzschutzpotentialausgleich eingebunden ist.

Fall 1: Gebäude mit äußerer Blitzschutzanlage nach DIN EN 62305-3

Hier ist auf die Einhaltung des notwendigen Trennungsabstandes zu achten. Die Notwendigkeit von Überspannungsschutz am Endstromkreis bedarf einer Einzelfallbetrachtung. Durch eine steckerfertige PV-Anlage können bei nahen Blitzeinschlägen oder direkten Einschlägen in die Blitzschutzanlage, Überspannungen

Die Montage einer steckerfertigen PV-Anlage an einer solchen Außenkonstruktion ist mit vertretbarem Aufwand NICHT NORMENKONFORM realisierbar, da in der Regel der notwendige Trennungsabstand zu den Ableitungen der Blitzschutzanlage NICHT eingehalten werden kann. Es besteht die Gefahr einer gefährlichen Funkenbildung und somit die Gefahr der Zerstörung im Falle eines Blitzschlages.

Mit freundlicher Unterstützung von:

ABB

DEHN

:hager

OBO
BETTERMANN

PHOENIX
CONTACT

Raycap

SIEMENS

Herausgeber/Impressum:

ArGe Medien
im ZVEH



ArGe Medien im ZVEH
Lilienthalallee 4
60487 Frankfurt am Main

Stand: Mai 2023

Bildnachweise:

Titel: Shutterstock | Urheber: John Panella
Seite 2: Shutterstock | Urheber: Mihai Simonia
Seite 3: Fotolia | Urheber: kaycco
Shutterstock | Urheber: Monkey Business Images
Seite 4: DEHN SE
Seite 5: Shutterstock | Urheber: sheff
Seite 7: Shutterstock | Urheber: Pressmaster
Seite 10: Shutterstock | Urheber: Artens
Seite 11: Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG
Seite 12: Shutterstock | Urheber: John Panella
Raycap GmbH
Seite 13: Shutterstock | Urheber: John Panella
Seite 15: Shutterstock | Urheber: Monkey Business Images
Seite 16: Siemens AG
Seite 17: Shutterstock | Urheber: foxbat
PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH
Seite 18: Shutterstock | Urheber: Mark Rossmann, Herr Loeffler
Seite 19: Shutterstock | Urheber: Naypong
ABB STOTZ-KONTAKT GmbH
Seite 21: Fotolia | Urheber: adriannni
OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG
Seite 22: Shutterstock | Urheber: Vasin Lee
Seite 23: Shutterstock | Urheber: Vasin Lee
Seite 24: Fotolia | Urheber: kaycco