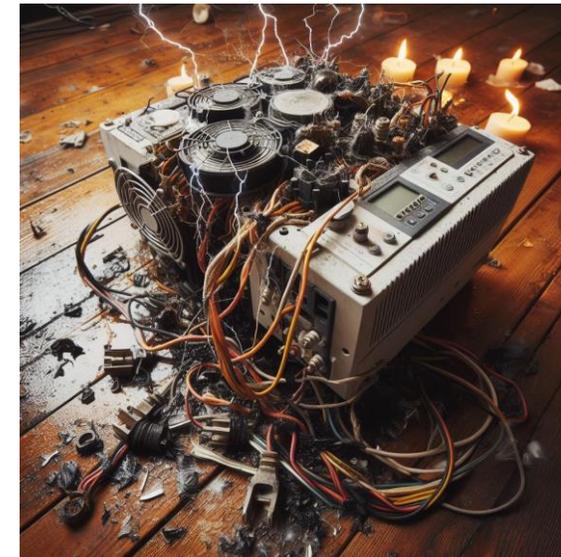
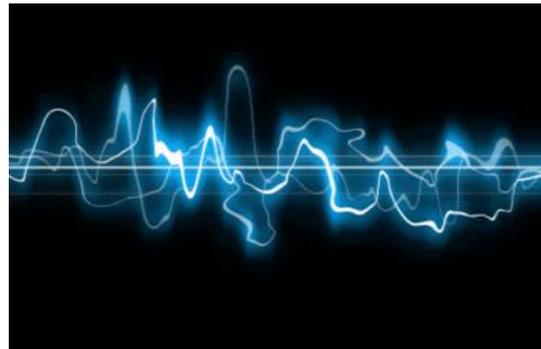


Schützen, Sicherstellen, Strom ernten: Die Bedeutung eines effektiven Überspannungsschutzes in PV-Anlagen



Fuchsberg Electric GmbH
Am Fuchsberg 6
39112 Magdeburg

Tel.: 0391 727699-0
Fax: 0391 727699-29
info@fuchsberg-electric.de
www.fuchsberg-electric.de

Fuchsberg Electric GmbH

- Die Fuchsberg Electric GmbH wurde im Februar **2014 in Magdeburg gegründet**, mit dem Ziel Blitz- und Überspannungsschutzkomponenten zu entwickeln, herzustellen und weltweit zu vertreiben.
- Ein Schwerpunkt des Unternehmens liegt in der **Produktentwicklung**.
- Das **Produktportfolio** umfasst alle Bereiche, wie den Schutz von Wohngebäuden, Zweckbauten, Industrieanlagen und Produkte für spezielle Anwendungen.
- Die Fuchsberg Electric GmbH ist Mitglied im **VDE und ABB**.

Fuchsberg Electric GmbH

- Darüber hinaus verfügt die Fuchsberg Electric GmbH über ein **Überspannungsprüflabor**.
- anerkannter **Ausbildungsbetrieb** der IHK und bildet regelmäßig im kaufmännischen- sowie technischen Berufen aus.
- Kooperation in Magdeburg mit der **Fachhochschule Magdeburg/Stendal** sowie mit der ansässigen **technischen Universität** in den Bereichen Hochspannungstechnik, EMV und in der Blitzforschung.
- Präsenz auf zahlreichen **Messen und Ausstellungen**.

Blitz- und Überspannungsschutzgeräte

Typ 1+2



Typ 2



Photovoltaik



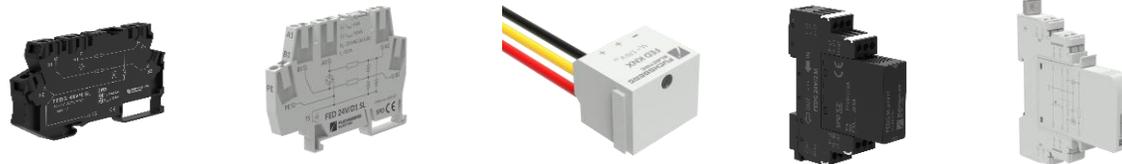
Typ 3



LED



Mess-, Steuerungs- & Regeltechnik



Daten- & Informationstechnik



Telekommunikation



Wechselrichter und Speichersysteme

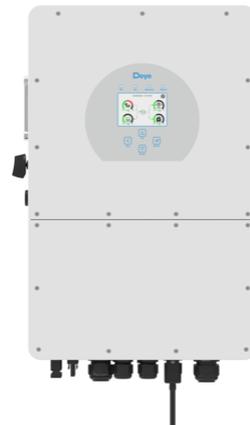
String-WR
(5kW bis 110 kW)



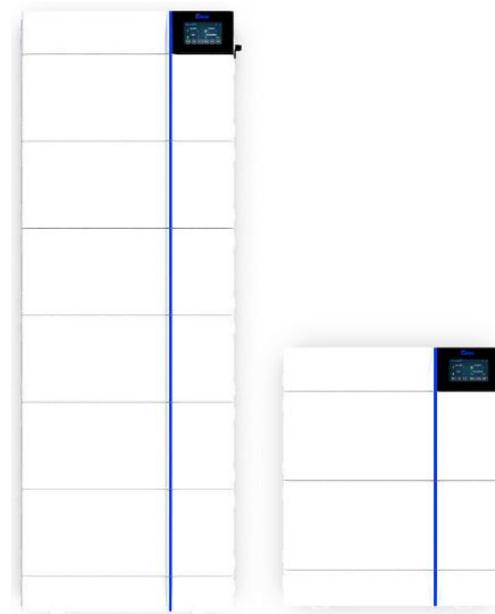
LV-Hybrid-WR
(5kW bis 12 kW)



HV-Hybrid-WR
(5kW bis 20 kW)



HV-Batterie
(12kWh bis 24 kWh)



LV-Batterie
(5kWh bis 40 kWh)



Agenda

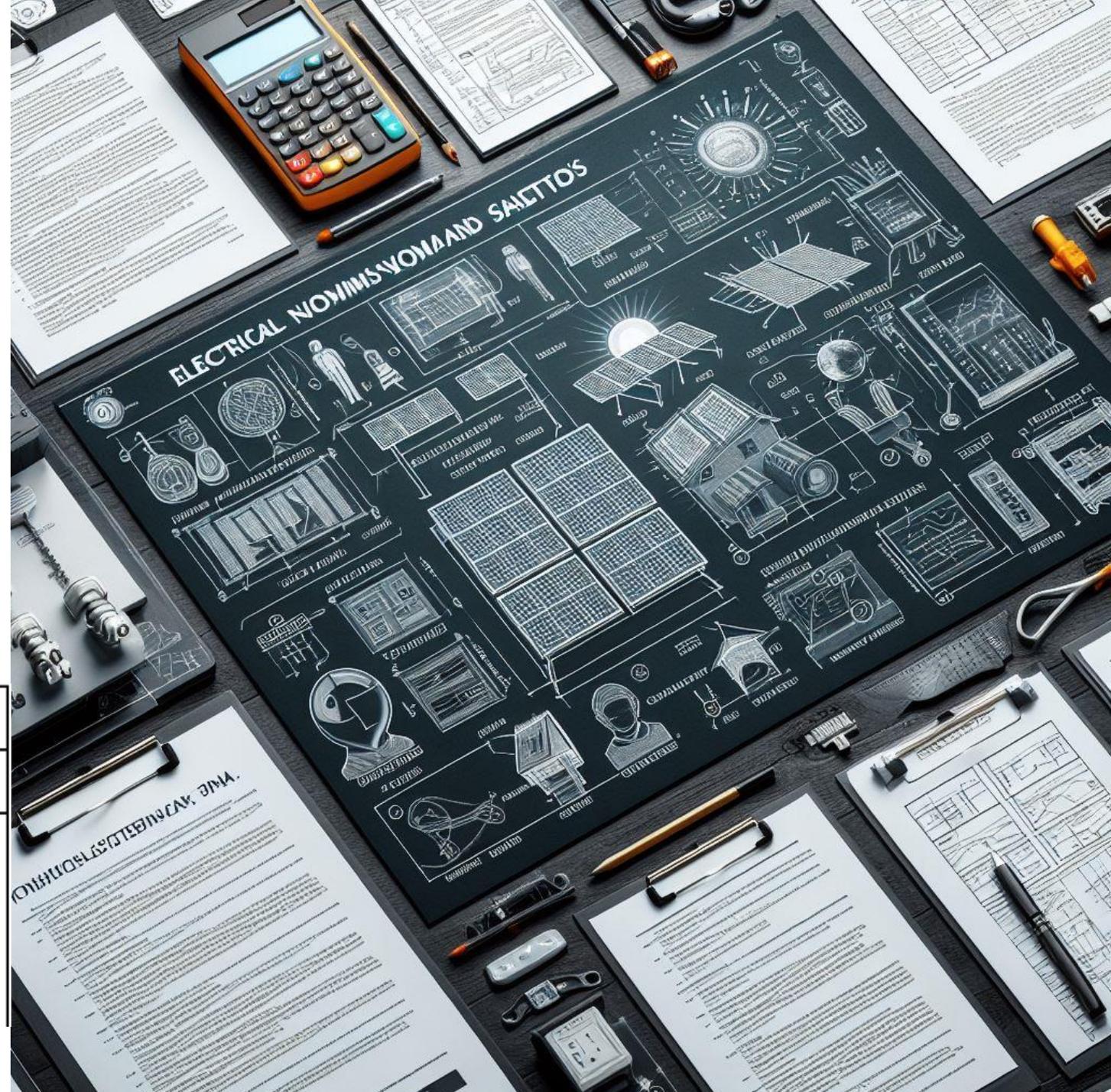
- **Warum ist der Schutz für PV-Anlagen notwendig?**



Agenda

- Normen und Vorschriften

| | | |
|---|---|--------------|
| DEUTSCHE NORM | | Oktober 2016 |
| | DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443) | DIN |
| | <small>Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.</small> | VDE |
| Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet. | | |
| ICS 29.120.50; 91.140.50 | | |
| | DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534) | DIN |
| | <small>Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.</small> | VDE |
| Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet. | | |
| ICS 29.120.50; 91.140.50 | | |
| | Ersatz für DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 Siehe Anwendungsbeginn | |
| Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) | | |



Agenda

- Auswahl der richtigen Schutzgeräte



Warum ist der Schutz für PV-Anlagen notwendig?

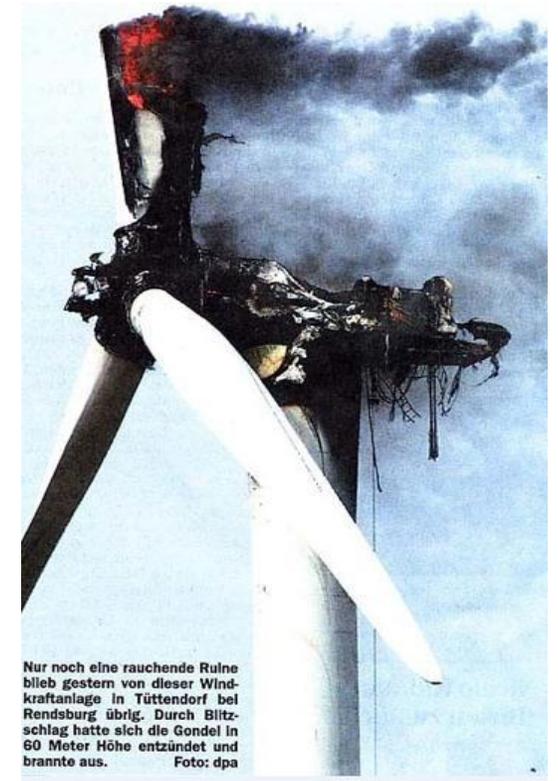
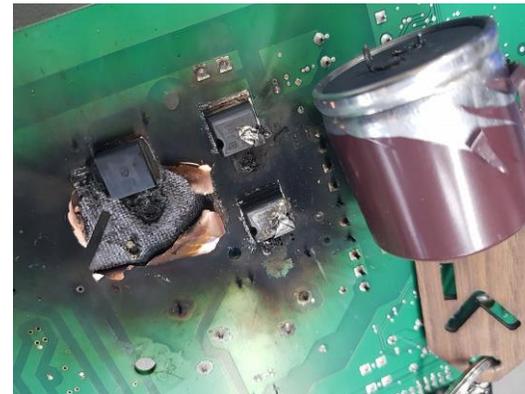
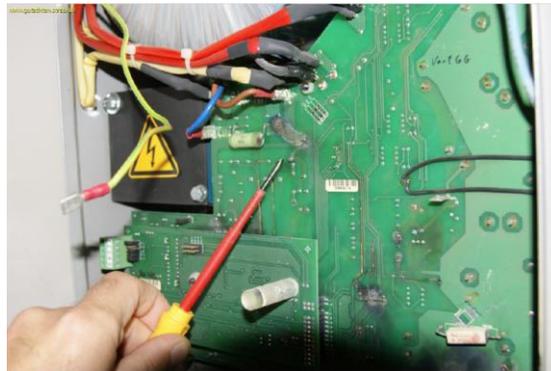
Störungsursachen

Überspannungen entstehen durch:

1. Blitzeinschläge: **LEMP** (lightning **e**lectromagnetic **p**ulse)
2. Schalthandlungen: **SEMP** (switching **e**lectromagnetic **p**ulse)
3. Elektrostatische Entladungen: **ESD** (**e**lectrostatic **d**ischarge)

Diese Spannungen treten nur für den Bruchteil einer Sekunde auf. Man nennt sie deshalb auch **transiente Spannungen** oder Transienten. Sie haben sehr **steile Anstiegszeiten** von wenigen Mikrosekunden, bevor sie dann relativ langsam über einen zeitlichen Bereich von bis zu mehreren 100 Mikrosekunden wieder abfallen.

Typische Schadensbilder



Schaltüberspannungen

Schaltüberspannungen entstehen durch **Ein- und Ausschaltvorgänge**, z.B. durch das Schalten von induktiven und kapazitiven Lasten, sowie durch das Unterbrechen von Kurzschlussströmen.

Auch das Abschalten von Produktionsanlagen, USV-Anlagen, Beleuchtungssystemen oder Transformatoren kann Schäden zur Folge haben.

Die bei Schalthandlungen frei werdende **Energie** ist zwar **nicht so groß** wie bei einer Blitzentladung, **die Amplitude** der Überspannungen ist aber meistens **wesentlich steiler**.

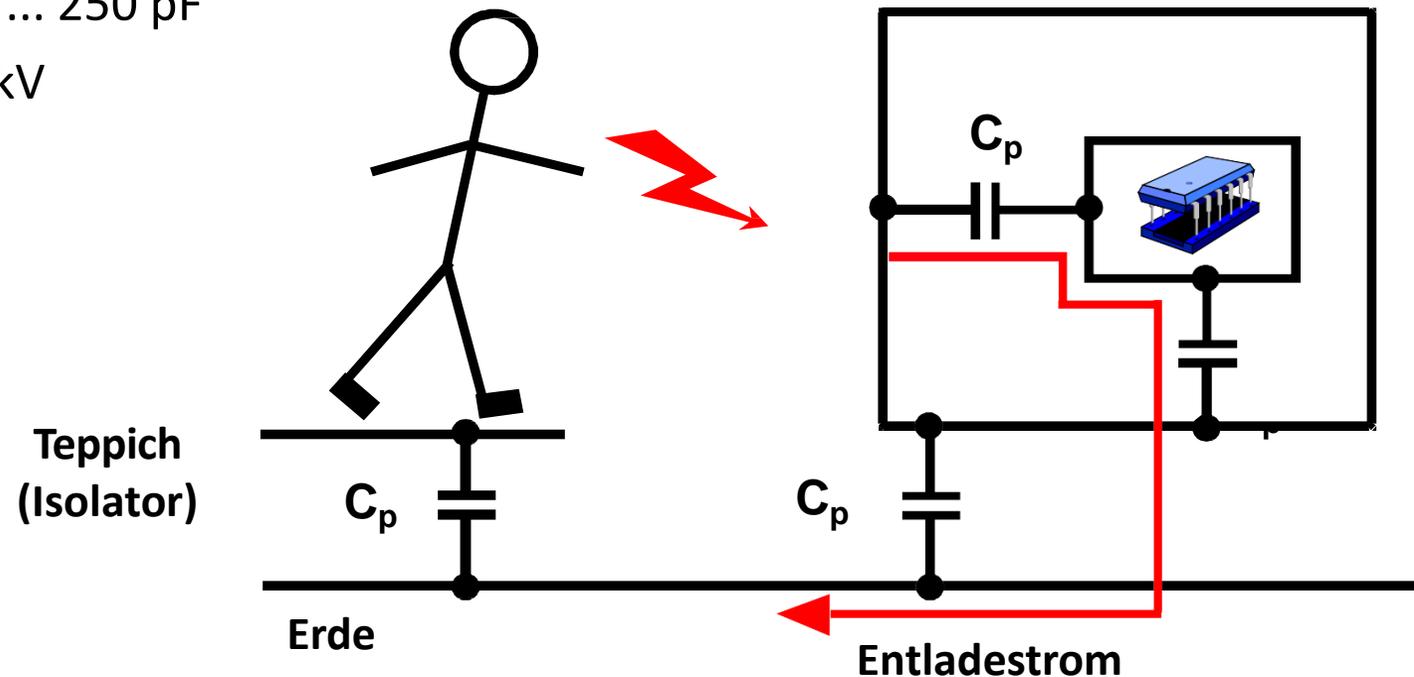
Damit werden die betroffenen Bauelemente stärksten Belastungen ausgesetzt, wenn nicht sogar zerstört.

Elektrostatische Entladungen

Unter elektrostatischer Entladung versteht man die **Übertragung elektrischer Ladung zwischen Körpern** mit unterschiedlichem elektrostatischen Potenzial bei Annäherung oder Berührung.

Kapazität eines Menschen: 150 pF ... 250 pF

Aufladungsvermögen: 20 kV ... 40 kV



Elektrostatiche Entladungen



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|---|-----|----|-----|----|----|----|----|--|
| Motoren/Generatoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Filterspulen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elektronenröhren | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Relais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kondensatoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dioden | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transistoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Computerteile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IC's | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie | | nWs | | | μWs | | | mWs | | Ws | | | kWs | | MWs | | | | | |
| Energie 10 ^{...} Ws | | -10 | -9 | -8 | -7 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 | +6 | +7 | |

$$\begin{aligned}
 E &= 1/2 \cdot C \cdot U^2 \\
 &= 1/2 \cdot 200 \text{ pF} \cdot (20 \text{ kV})^2 \\
 &= 40 \text{ mWs}
 \end{aligned}$$

■ keine Zerstörung
 ■ mögliche Zerstörung
 ■ sichere Zerstörung

Wie werden Photovoltaik-Anlagen durch Blitz und Überspannung gefährdet?

Direkteinschlag: wird eine PV-Anlage direkt vom Blitz getroffen, fließen sehr hohe Blitzströme über die PV-Anlage, die dabei häufig zerstört wird. Auch mechanische Zerstörungen und Brände sind nicht auszuschließen.

Indirekter Einschlag: bei nahen Blitzeinschlägen fließen Teilblitzströme über die elektrischen Installationen und Versorgungsleitungen, die in PV-Anlagen große Schäden hervorrufen können.

Einkopplungsarten

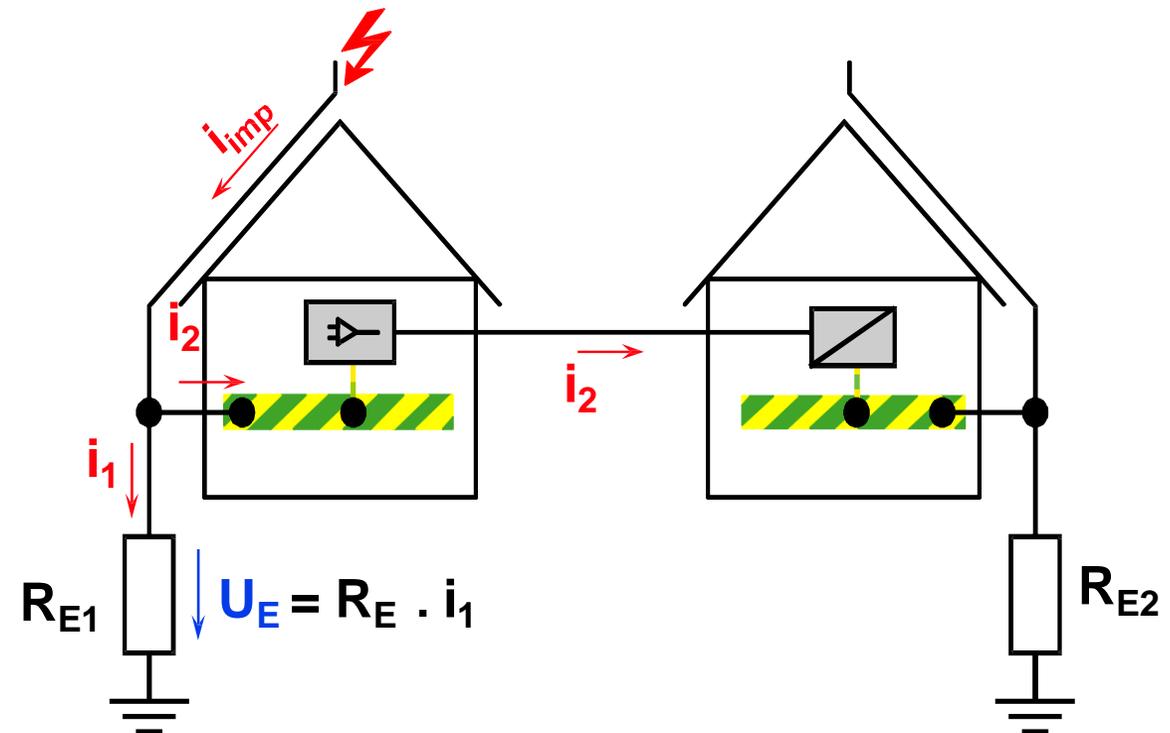
Überspannungen können auf verschiedene Arten in elektrische Leitungen, Geräte oder Anlagen einkoppeln:

1. galvanisch
2. induktiv
3. kapazitiv
4. Wellenbeeinflussung
5. Strahlungsbeeinflussung

Galvanische Einkopplung

Wenn zwei unterschiedliche Potenziale, über denen eine Überspannung steht, sich so annähern, dass ein **Ladungsaustausch** stattfindet, fließen kurzzeitig sehr hohe Stoßströme über diese Ausgleichsstrecke.

Die **Ausgleichsstrecke** kann zum Teil aus **elektrisch leitfähigem Material** oder auch aus einem **Lichtbogen** bestehen. Diesen Vorgang bezeichnet man galvanische Einkopplung.



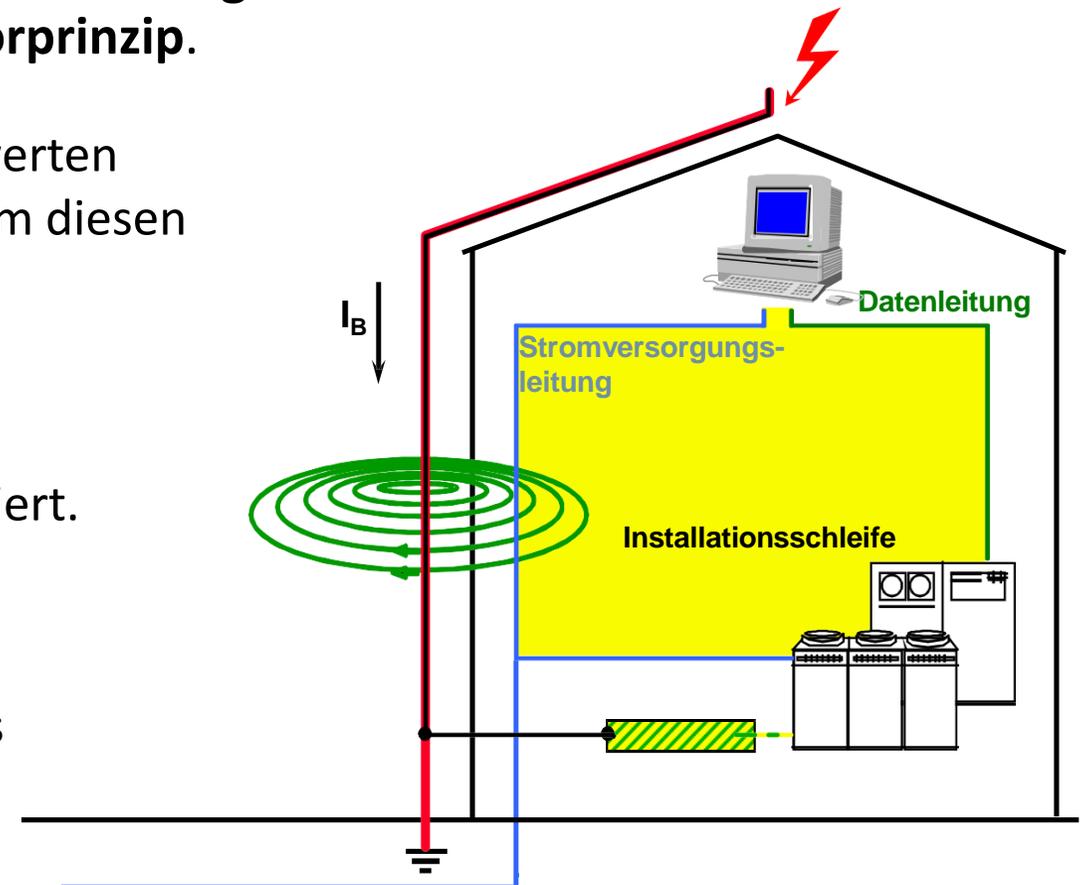
Induktive Einkopplung

Die induktive Einkopplung in eine Leitung erfolgt durch **das magnetische Feld** eines anderen stromdurchflossenen Leiters nach dem **Transformatorprinzip**.

Durch Ableiten eines Stoßstromes mit hohen Anstiegswerten (di/dt) entsteht ein entsprechend starkes Magnetfeld um diesen Leiter (Primärwicklung eines Trafos)

In andere Leitungen, die sich im Wirkungsbereich des Magnetfeldes befinden, wird eine Überspannung induziert. (Sekundärwicklung eines Trafos)

Über den Leitungsweg gelangt die Überspannung in das angeschlossene Gerät.



Kapazitive Einkopplung

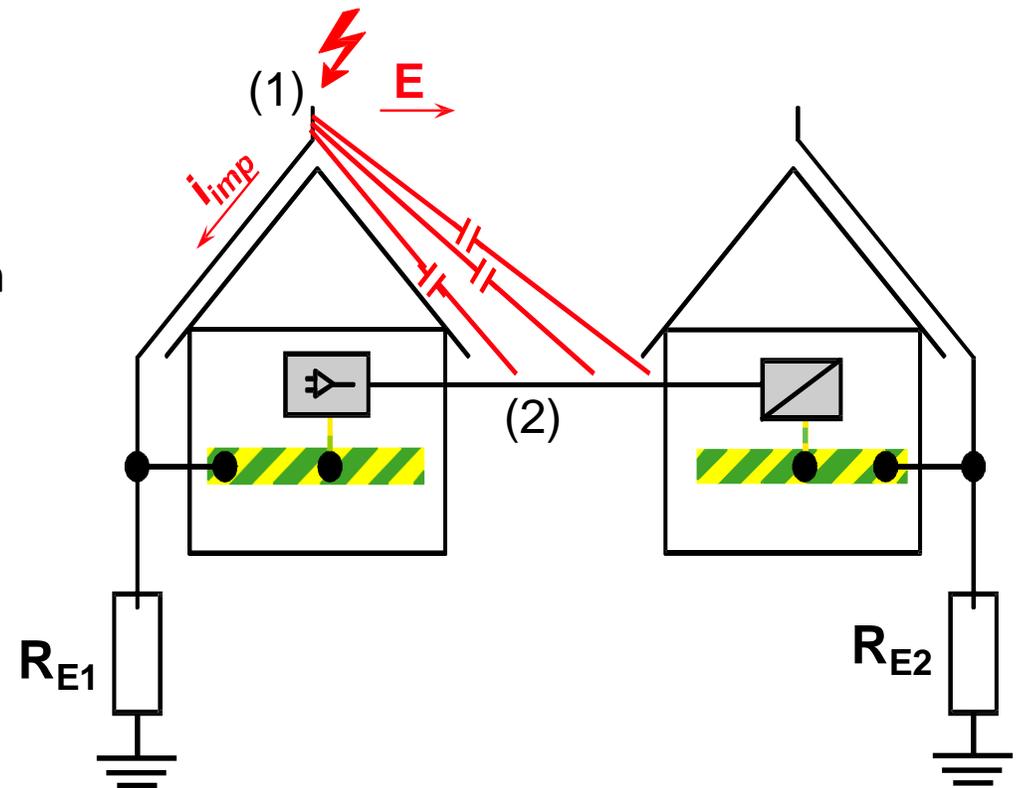
Die kapazitive Einkopplung erfolgt prinzipiell über **das elektrische Feld** zwischen zwei Punkten mit hohem Potenzialunterschied

Ein elektrisch leitfähiges Teil (1) wird auf ein hohes Potenzial gelegt.

Es entsteht ein elektrisches Feld zwischen (1) und anderen Teilen mit niedrigerem Potenzial (2).

Die Spannung zwischen (1) und (2) hat das Bestreben sich auszugleichen und es kommt zu einem Ladungstransport.

Das führt zu einer Überspannung in der betroffenen Leitung (2) und dem daran angeschlossenen Gerät.



Normen und Vorschriften

Norm & Überspannungsschutz auf der AC-Seite

DIN VDE 0100-443: Errichten von Niederspannungsanlagen (Schutz bei transienten Überspannungen)



Wann ist Überspannungsschutz einzubauen?

DIN VDE 0100-534: Auswahl und Errichtung von Überspannungsschutzeinrichtungen



Wie und **Welche** Überspannungsschutzeinrichtungen sind zu installieren?

Die beiden Normen wurden überarbeitet. Sie sind seit **1. Oktober 2016** in Kraft getreten und die Übergangsfrist ist am **14.12.2018** abgelaufen.

Was gibt es neues in der Norm DIN VDE 0100-443?

Der Schutz bei transienten Überspannungen **muss** vorgenommen werden, wenn die Folgen der Überspannungen Auswirkungen haben auf:

- Ansammlungen von Personen, z.B. in Gebäuden, Büros, Schulen
- Einzelpersonen, z.B. in Wohngebäuden und kleinen Büros, wenn in diesen Gebäuden Betriebsmittel der **Überspannungskategorie I oder II** installiert werden.

Anmerkung: Es ist davon auszugehen, dass in Wohngebäuden grundsätzlich Betriebsmittel der **Überspannungskategorie I oder II** an die feste Installation angeschlossen werden. [1]

Überspannungskategorie I oder II?

| Nennspannung in V | Geforderte Bemessungs-Stoßspannung der Betriebsmittel in kV | | | |
|-------------------|---|--|---------------------------------|---|
| | Überspannungskategorie IV | Überspannungskategorie III | Überspannungskategorie II | Überspannungskategorie I |
| 230 / 400 | z.B. Elektrizitätszähler, Rundsteuerempfänger | z.B. Verteilertafeln, Schalter, Steckdosen | z.B. Haushaltsgeräte, Werkzeuge | z.B. empfindliche elektronische Geräte, Computer, Unterhaltungselektronik |
| | 6 | 4 | 2,5 | 1,5 |
| | | | | |

Tabelle 443.2: Geforderte Bemessungs-Stoßspannung von Betriebsmittel (U_w)

U_p



Die richtige Auswahl von Überspannungs-Schutzeinrichtungen nach DIN VDE 0100-534 [2]



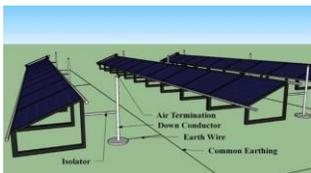
- Bei Gebäuden mit einer äußeren Blitzschutzanlage sind **Typ1-Ableiter** und Typ2-Ableiter oder Typ1/2-Kombiableiter zu verwenden.



- Bei Gebäuden mit einer Einspeisung über eine Niederspannungsfreileitung müssen **Typ1-Ableiter** und Typ2-Ableiter oder Typ1/2-Kombiableiter verwendet werden.



- Bei Gebäuden mit Einspeisung über Erdkabel muss ein **Typ2-Ableiter** installiert werden.



- Bei einer PV-Freiflächenanlage müssen **Typ1-Ableiter** und Typ2-Ableiter oder Typ1/2-Kombiableiter verwendet werden.

Norm & Photovoltaik auf der DC-Seite

DIN VDE 0100-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme



Überspannungsschutz **muss** auf der DC-Seite des Wechselrichters berücksichtigt werden

DIN VDE 0185-305-3 Beiblatt 5: Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Anlagen

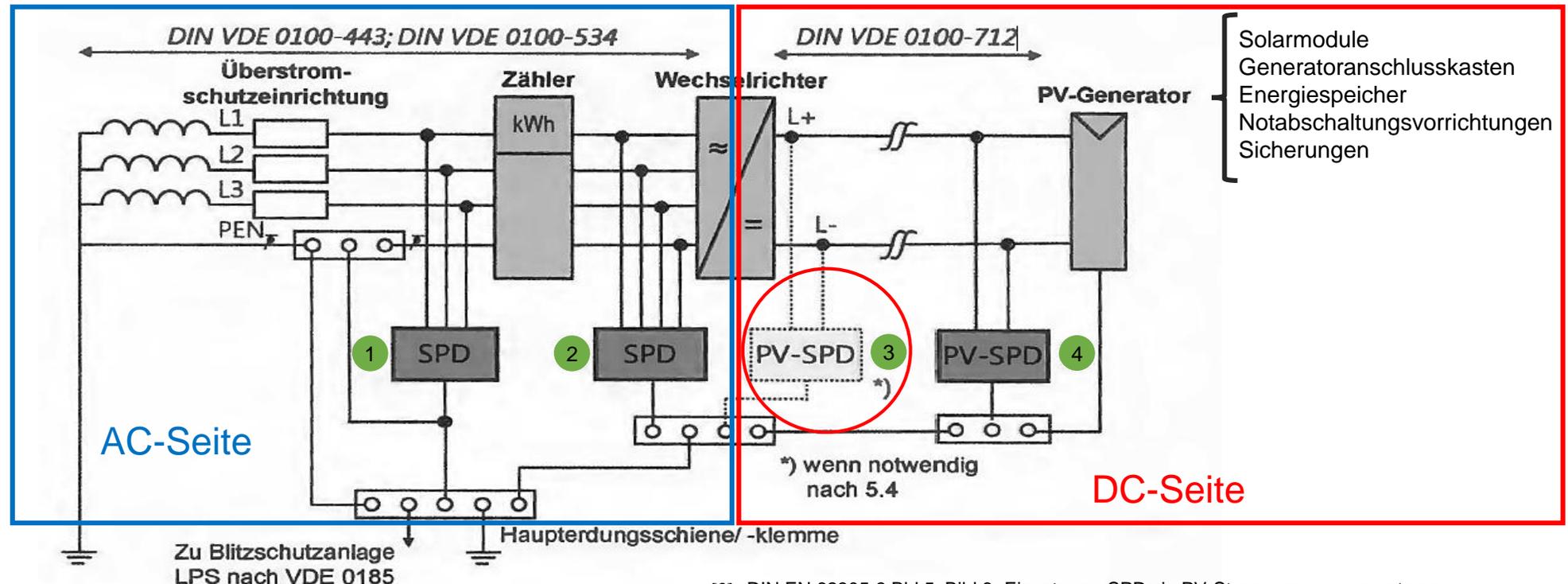


Wie und **Welche** Überspannungsschutzeinrichtungen sind bei PV-Anlagen zu installieren?

**Auswahl der richtigen SPD's
laut DIN EN 62305-3 Bbl5:
Blitz- und Überspannungsschutz für
PV-Anlagen**

Auswahl von Überspannungsschutzgeräten

Abhängig vom Vorhandensein einer äußeren Blitzschutzanlage und der Einhaltung des notwendigen Trennungsabstandes zwischen der äußeren Blitzschutzanlage und den Elementen der PV-Anlage erfolgt die Auswahl der notwendigen SPD's nach Bild 6 und Tabelle 1 in der Norm DIN EN 62305-3 Beiblatt 5.



[3] DIN EN 62305-3 Bbl 5: Bild 6- Einsatz von SPDs in PV-Stromversorgungssystemen

Auswahl von Überspannungsschutzgeräten

| 3 Situationen | | AC-SPD's | | PV-SPD's | |
|---------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Situation | | SPD am Einbauort 1 | SPD am Einbauort 2 | SPD am Einbauort 3 | SPD am Einbauort 4 |
| A | Anlage ohne äußere Blitzschutzanlage | Typ2 | Typ2* | Typ2* | Typ2 |
| B | Anlage mit äußerer Blitzschutzanlage, Trennungsabstand (s) wird eingehalten | Typ1 | Typ2* | Typ2* | Typ2 |
| C | Anlage mit äußerer Blitzschutzanlage, Trennungsabstand (s) wird nicht eingehalten | Typ1 | Typ1 | Typ1 | Typ1 |

* wenn notwendig

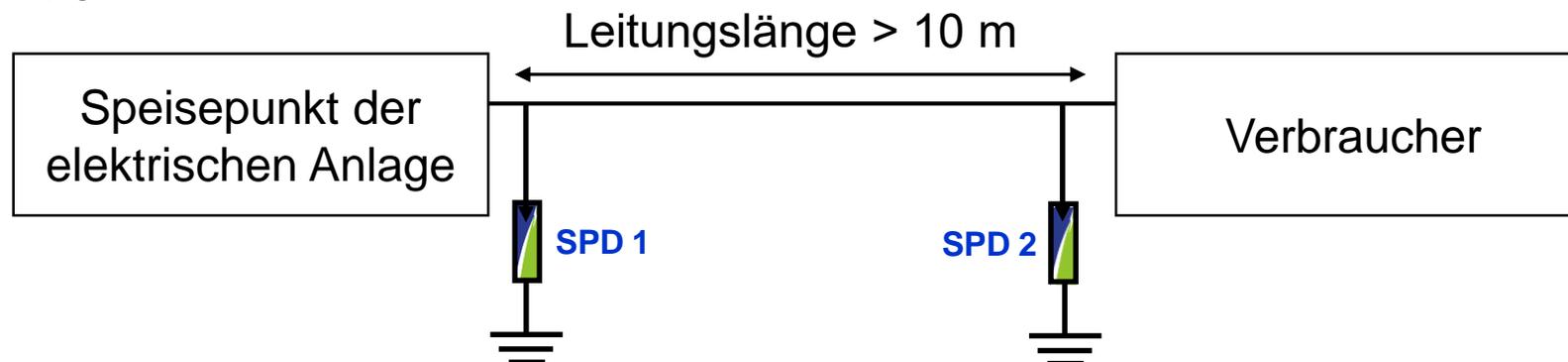
[3] DIN EN 62305-3 Bbl 5: Tabelle 1- Auswahl von SPD's

Wie groß ist der wirksame Schutzbereich von SPD's?

Laut DIN VDE 0100-534.4.9:

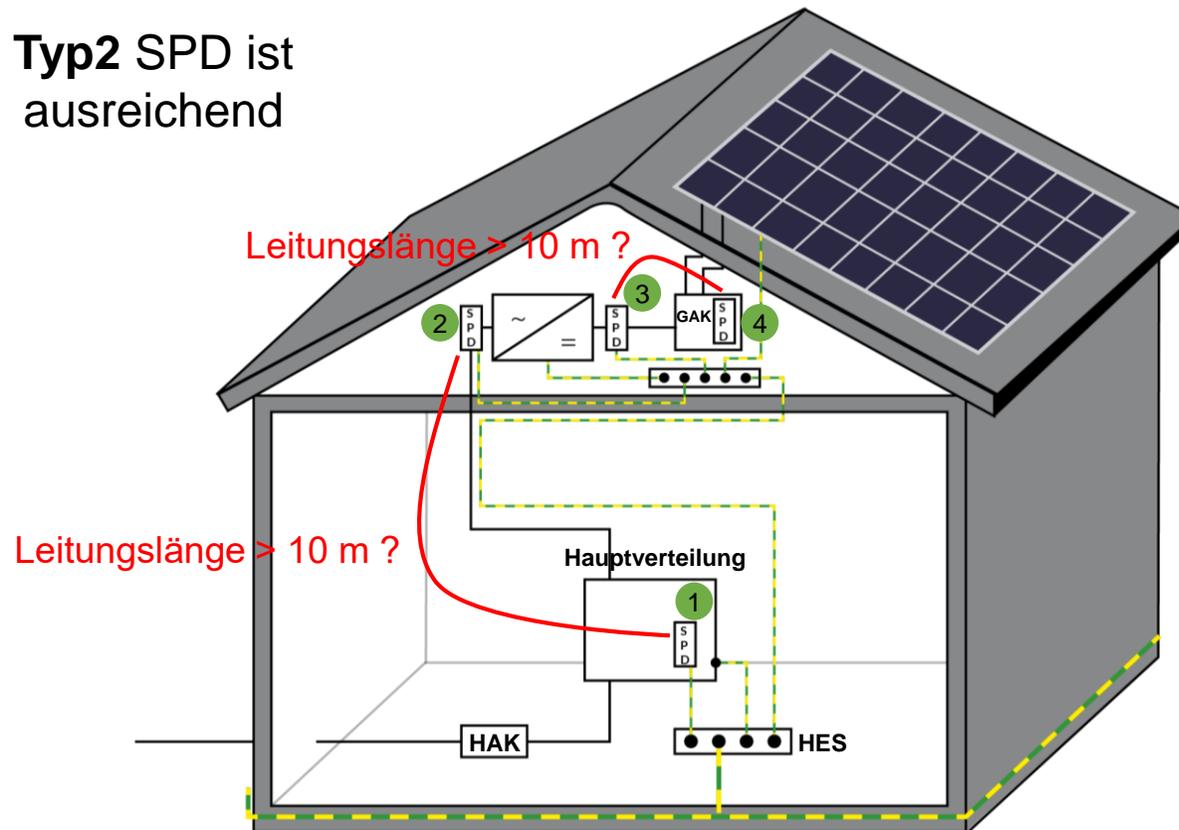
Wenn die Leitungslänge zwischen SPD und dem zu schützenden Betriebsmittel mehr als **10 Meter** beträgt, dann sollten zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden, wie zum Beispiel:

- Die Errichtung einer zusätzlichen SPD so nah wie möglich am zu schützenden Betriebsmittel.



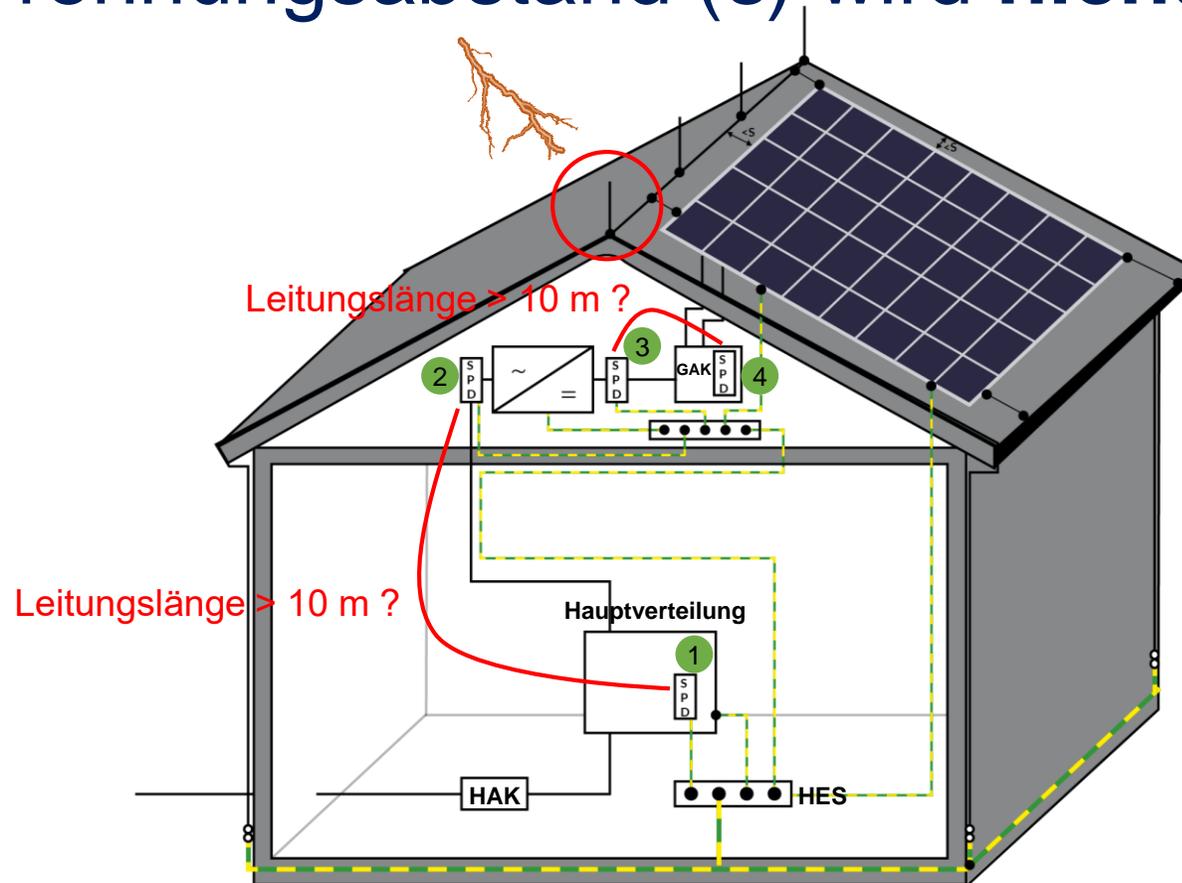
Situation A) Gebäude ohne äußeren Blitzschutz

Typ2 SPD ist ausreichend



- Generell sollte so nah wie möglich jeweils ein Satz von SPD's auf der DC-Seite und ein Satz von SPD's auf der AC-Seite des Wechselrichters installiert werden
- Das SPD am Einbauort ② ist nicht notwendig, wenn der Abstand zwischen dem SPD am Einbauort ① (Hauptverteilung) und dem Wechselrichter kleiner als 10 m ist.
- Ist der Abstand zwischen den PV-Modulen und dem Wechselrichter größer als 10 m, so sind auf der DC-Seite zwei SPD's zu verbauen, einer möglichst nah am Wechselrichter und einer möglichst nahe an den PV-Module (z.B. im Generatoranschlusskasten).

Situation C) Gebäude mit äußerem Blitzschutz, Trennungsabstand (s) wird **nicht** eingehalten

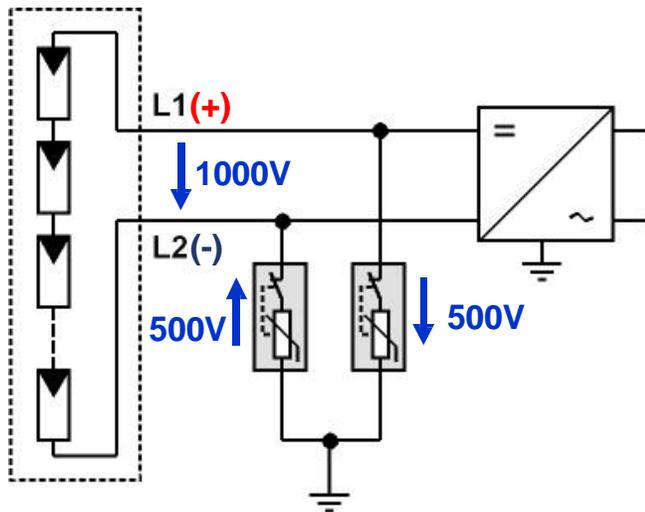


- 1 ➔ **Typ1** oder Typ1+2 (AC) im HAK
- 2 ➔ **Typ1** oder Typ1+2 (AC) am Wechselrichter
- 3 ➔ **Typ1** oder Typ1+2 (DC) am Wechselrichter
- 4 ➔ **Typ1** oder Typ1+2 (DC) als GAK

Integrierter Überspannungsschutz im Wechselrichter

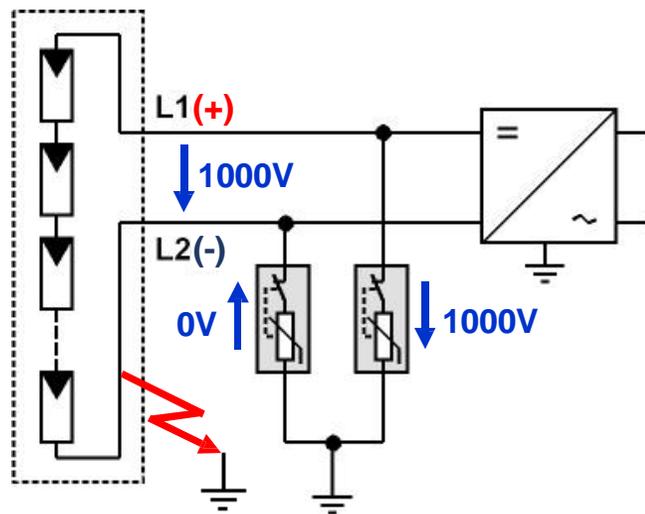
| | |
|--------------------------------|---|
| Wirkungsgrad | |
| Max. Wirkungsgrad | 97,60% |
| Euro-Wirkungsgrad | 97,00% |
| MPPT-Wirkungsgrad | 99,90% |
| Schutz | |
| Absicherung | PV-Eingang Blitzschutz, Anti-Inseln-Schutz, Verpolungsschutz am PV-String-Eingang, Erkennung von Isolationswiderständen, Differenzstrom-Überwachungseinheit, Ausgang Überstromschutz, Ausgang Kurzschlusschutz, Ausgang Überspannungsschutz |
| Überspannungsschutz | DC Typ II/AC Typ III |
| Zertifizierungen und Standards | |
| Netzzulassungen | VDE4105 IEC61727/62116 VDE0126 AS4777.2 CEI 0 21, EN50549-1, G98 G99 C10-11, UNE217002, NBR16149/NBR16150 |
| Sicherheit / EMV / Standards | IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2 |
| Allgemeine Daten | |
| Betriebstemperatur (°C) | -45~60°C, >45°C Leistungsminderung |
| Kühlung | Intelligente Kühlung |
| Lärm (dB) | <45 dB |
| Kommunikation mit BMS | RS485; CAN |
| Gewicht (kg) | 30,5 |
| Abmessung (mm) | 408B×638H×237T |
| Schutzart | IP65 |
| Installationsart | Wandhalterung |
| Garantie | 5 Jahre |

Warum Y-Schaltung für PV?



Warum Y-Schaltung für PV?

Problem: **Isolationsfehler**

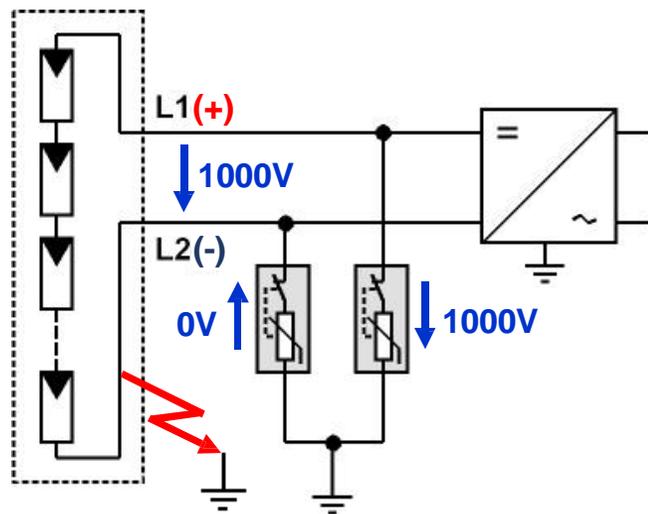


Isolationsfehler

Ein Ableiter liegt an der vollen
Systemspannung: 1000 V

Warum Y-Schaltung für PV?

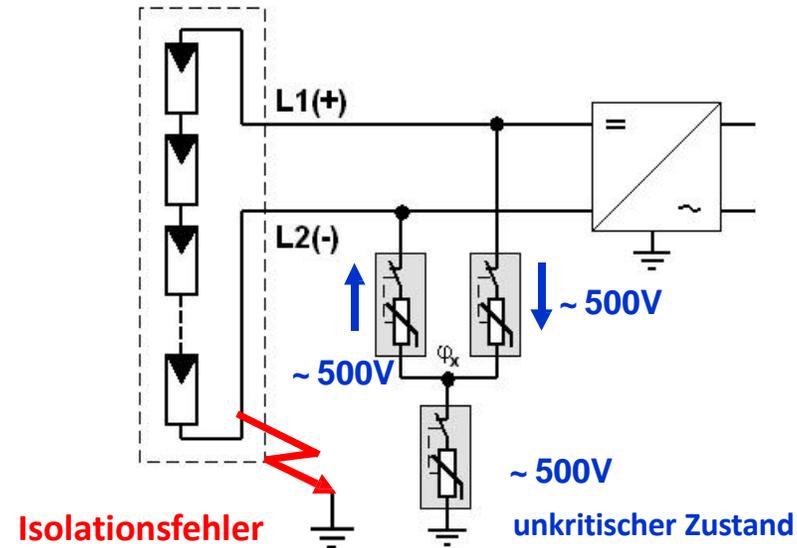
Problem: **Isolationsfehler**



Isolationsfehler

Ein Ableiter liegt an der vollen Systemspannung: 1000 V

Lösung: **Y-Schaltung**



Isolationsfehler

~ 500V

unkritischer Zustand

Alle SPDs liegen an ca. der halben Systemspannung ~ 500 V

Besonderheit von PV-T1-Ableitern bei Y-Schaltung

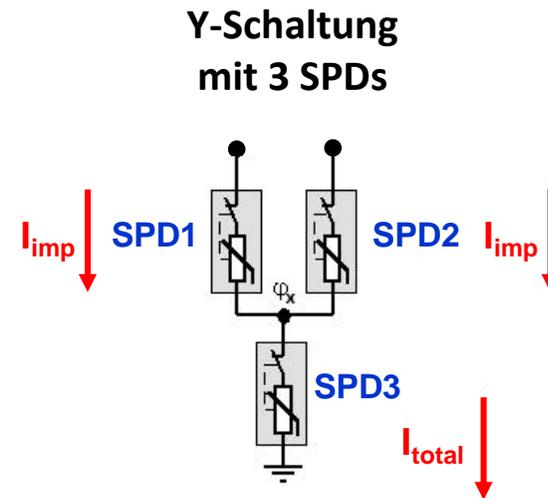
Das mittlere Modul muss den **Gesamt-Blitzstoßstrom (10/350 μ s)** ableiten können.

z.B. :

Für SPD1 => $I_{imp} = 5 \text{ kA}$

Für SPD2 => $I_{imp} = 5 \text{ kA}$

=> Für SPD3 => $I_{total} = 10 \text{ kA}$

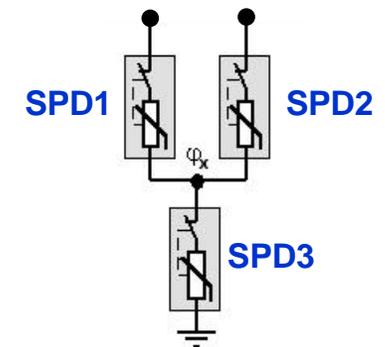


Mindestableitvermögen von SPDs

[2] Tabelle 2 – Auswahl des Mindestableitvermögens von spannungsbegrenzenden SPDs Typ 1 (Varistoren) oder kombinierten SPDs Typ 1 (Reihenschaltung von Varistoren und Funkenstrecken)

| Lightning Protection Level III (Blitzschutzklasse III) | | Anzahl der Ableitungen der äußeren Blitzschutzanlage | | | |
|---|--------|---|--|--|--|
| | | < 4 (siehe Bild 12) | | ≥ 4 | |
| | | Werte für spannungsbegrenzende SPDs Typ 1 oder kombinierte SPDs Typ 1 (Reihenschaltung) basierend auf einer Auswahl $I_{8/20}$ (8/20 µs) und $I_{10/350}$ (10/350 µs) | | | |
| Blitzschutzklasse LPL und maximaler Blitzstrom (10/350) | | $I_{SPD 1} = I_{SPD 2}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$ | $I_{SPD 3} = I_{SPD 1} + I_{SPD 2} = I_{total}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$ | $I_{SPD 1} = I_{SPD 2}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$ | $I_{SPD 3} = I_{SPD 1} + I_{SPD 2} = I_{total}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$ |
| I oder unbekannt | 200 kA | 17 / 10 | 34 / 20 | 10 / 5 | 20 / 10 |
| II | 150 kA | 12,5 / 7,5 | 25 / 15 | 7,5 / 3,75 | 15 / 7,5 |
| III oder IV | 100 kA | 8,5 / 5 | 17 / 10 | 5 / 2,5 | 10 / 5 |

Y-Schaltung mit 3 SPDs



keine Risikoanalyse durchgeführt

- Ein Blitzschutzsystem, das für Schutzklasse III ausgelegt ist, entspricht den normalen Anforderungen für PV-Stromversorgungssysteme. [2]

Zusammenfassung

Die Produktauswahl ist abhängig von:

- Vorhandensein einer **äußeren Blitzschutzanlage?**
- Einhaltung des notwendigen **Trennungsabstandes?**
- **Netzform** auf AC-Seite (z.B TT oder TNS)?
- **Spannungsebene?**
- **Anzahl der Strings** auf DC-Seite?

Beispiel Produktauswahl auf AC-Seite

Vorhandenes Netz: TNS



T1+T2 (FE HSA 255 EDITION TT 7,5)



T1+T2 (FE T1+T2 275 TNS 12,5 FM)

T1+T2 (FE T1+T2 260 TNS 25 FM)



T2 (FE T2 275 TNS 40 FM)



Beispiel Produktauswahl auf DC-Seite

Für 1 String:

T1+T2 (FE PV-BOX T1+T2 1100 3Y 12,5 P)

Vorteile:

- ✓ Kombiableter (T1+T2)
- ✓ Platzsparend (Abmaße (B*H*T) = 160*120*90 mm)
- ✓ IP 65



Für 2 Strings:

T1+T2 (FE PV-BOX T1+T2 1100 5Y 12,5 P)



**FUCHSBERG
ELECTRIC**

Fuchsberg Electric GmbH
Blitz- und Überspannungsschutz

Am Fuchsberg 6
39112 Magdeburg
Tel.: 0391 7276 990
www.fuchsberg-electric.de

Beispiel Produktauswahl auf DC-Seite

Die **PV-Box** gibt es auch mit **MC4 Solar-Stecker** erhältlich.



5 Y



3 Y

Beispiel Produktauswahl auf DC-Seite

T1+T2 für Hutschiene:

Spannungsebene: 1100 V DC und 1500 V DC

FE PV T1+T2 1500Y 10 FM

FE PV T1+T2 1100Y 12,5 FM



T2 für Hutschiene:

Spannungsebene: 1100 V DC und 1500 V DC

FE PV T2 1500Y 40 FM

FE PV T2 1100Y 50 FM

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

