

Überspannungsschutz in der Bahntechnik

Sichere und störungsfreie Schieneninfrastruktur

LOTHAR GMELCH

Der schienengebundene Verkehr stellt die Mobilität sicher und hat eine wichtige Funktion als nachhaltiges Transportmittel für den Güter- und Personenverkehr. Der Ausbau von sicheren und hoch verfügbaren Verkehrswegen hat der Bahn einen beständig wachsenden Stellenwert verliehen. Demzufolge wird die Bahninfrastruktur innerhalb der nächsten Jahre massiv erneuert und ausgebaut werden. Da sich das Bahnnetz weit verzweigt über große Entfernungen erstreckt, bietet es aufgrund seiner Ausdehnung und exponierten Lage bei Gewittern eine ideale Angriffsfläche für die Auswirkungen atmosphärischer Entladungen, z.B. in Form von direkten Blitzeinschlägen. Somit sind durch Blitzschlag – und durch daraus resultierende elektromagnetische Störungen – Gebäude, Anlagen und elektronische Einrichtungen der Bahn erheblich gefährdet.

Gefährdungspotential

Der Blitz als Naturereignis ist nach wissenschaftlichen Untersuchungen in der Normreihe DIN EN 62305 beschrieben. Kennzeichnet ist er durch vier Parameter – Stromscheitelwert, Steilheit, Energie und Ladung (Tab. 1).

Schäden entstehen durch direkte Blitzeinschläge in Fahrleitungen, Schienen, Masten und Gebäude. Daraus ergeben sich folgende Schutzziele:

- Personenschutz
- Brandschutz

- Schutz vor mechanischen Zerstörungen
- Schutz der Energieversorgung, Funkanlagen und LST-Anlagen
- Schutz der Elektronik und digitaler Verbindungssysteme
- Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit.

Auch die Gefahr sekundärer Einflüsse darf nicht vernachlässigt werden, da induzierte Überspannungen und Blitzteilströme, z.B. durch Blitzeinschlag in eine benachbarte Anlage, ein erhebliches Gefährdungspotenzial für elektronische Systeme darstellen.

Eine weitere Bedrohung sind bahnspezifische Überspannungen, hervorgerufen z.B. durch Schalthandlungen oder Dauerbeeinflussungsspannungen im benachbarten Streckenkabeln.

Da die moderne Leit- und Sicherungstechnik (LST) zunehmend digitalisiert und mit hochempfindlicher Elektronik ausgerüstet wird, ist sie heute störanfälliger als noch vor einem Jahrzehnt. Folgen von Systemausfällen durch Blitzeinschlag oder Überspannungen können Verspätungen im Bahnverkehr bedeuten – oftmals verbunden mit hohen Kosten. Die Verfügbarkeit, auch bei Gewitter, kann mit einem sorgfältig geplanten Blitz- und Überspannungsschutzkonzept erhöht werden. Bevor im Weiteren auf den Überspannungsschutz in Bahnnetzen eingegangen wird, sollen noch einige grundlegende Aspekte bei einer gewissenhaften Schutzzielauslegung betrachtet werden. Dies sind zum einen eine kurze Vorstellung der wichtigsten DIN EN-Normen und der sich daraus ergebenden wichtigsten Bahnrichtlinien, zum anderen das jeder Überspannungsschutzmaßnahme zugrunde liegende Blitzschutzkonzept.

Normenbetrachtung

Bei den Errichtungs- und Planungsnormen unterscheidet man thematisch zwischen den Bereichen „Blitzschutz“ und „Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen und in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken (LST)“.

DIN EN-Normen „Blitzschutz“

Für den „Blitzschutz“ handelt es sich um die DIN EN 62305-Reihe. Sie enthält vier Teile, die wie folgt beschrieben sind:

- Teil 1: Allgemeine Grundsätze
- Teil 2: Risiko-Management
- Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.

DIN-Normen „Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen und in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken (LST)“

Es gelten maßgeblich folgende Normen:

VDE 0100 – Errichter-Normen

- DIN VDE 0100-443 (VDE 0100 Teil 443):2016-10; Abschnitt 443: Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
- DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2016-10; Abschnitt 534: Überspannungsschutzeinrichtungen (engl.: Surge Protective Device – SPD).

SPD für Niederspannung –

Auswahl- und Anwendungsprinzipien

- E DIN EN 61643-12 VDE 0675-6-12:2017-06; Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den

Erster positiver Stoßstrom	Gefährdungspegel LPL			Parameterbeschreibung
	I	II	III-IV	
Stoßstrom I (kA)	200	150	100	Der Stromscheitelwert i bestimmt im Wesentlichen die Potenzialanhebung u des Einschlagorts gegenüber der fernen Erde.
spez. Energie W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5	Die Energie $W/R = \int i^2 dt$ ist im Wesentlichen maßgebend für die Aufheizung blitzstromführender Leiter.
Ladung Q_{short} (C)	100	75	50	Die Ladung $Q = \int i dt$ ist im Wesentlichen maßgebend für Ausschmelzungen an Blitzein- und austrittsstellen bei Metallteilen.
Zeitparameter T_1/T_2 (μs/μs)	10/350			Die Steilheit $S=di/dt$ bestimmt im Wesentlichen die in Leiterschleifen induzierte Spannung
Zugeordnete Blitzschutzklasse				
Zugeordnete Blitzschutzklasse	I	II	III-IV	

Tab 1: Maximalwerte von Blitzstromparametern entsprechend dem Gefährdungspegel LPL (engl.: Lightning Protection Level) nach DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2011-10, Tab. 3

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Dehn + Söhne GmbH + Co.KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2019

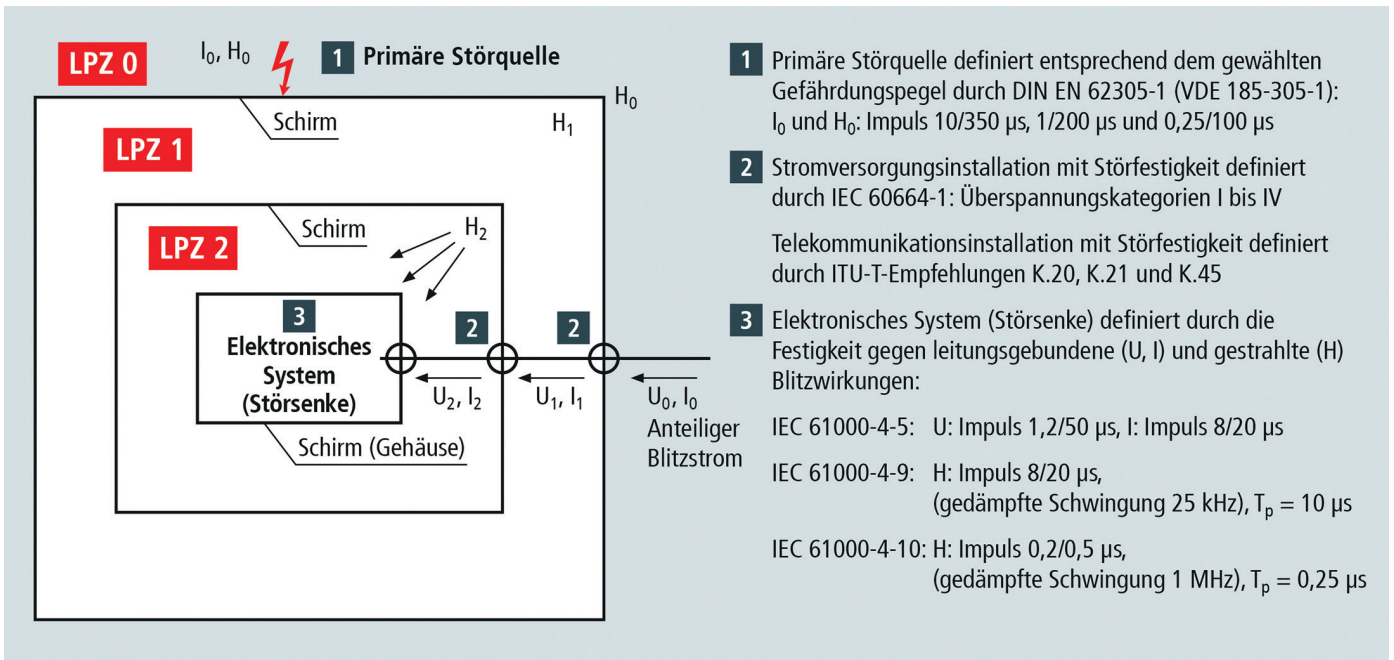


Abb. 1: Blitzschutzkonzept

Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze

- DIN CLC/TS 61643-22 VDE V 0845-3-2:2017-06; Teil 22: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Auswahl- und Anwendungsprinzipien.

Bahnrichtlinien

Bahnrichtlinien haben die Zielsetzung, die für den Bahnbereich wichtigsten Elemente aus den EN- bzw. VDE-Normen herauszuarbeiten und in

einer komprimierten Form für die Anwendung im Bahnbereich aufzubereiten. Meist werden für die wichtigsten und häufigsten Anwendungsfälle verbindliche Anwendungsszenarien beschrieben und für den Fall von Unklarheiten wird auf die relevanten EN- bzw. VDE-Normen verwiesen. Im Folgenden seien zwei wichtige Bahnrichtlinien genannt und beispielhaft aufgezeigt, welche Art von Blitzschutzklassen für spezifische Anwendungsfälle definiert wurden. Diese korrelieren mit den in Tab. 1 aufgezeigten Maximalwerten von Blitzstromparametern.

- 954.9105 „Gebäudeblitzschutz“
Generell gilt die Blitzschutzklasse III bei Gebäuden mit Publikumsverkehr und die Blitzschutzklasse II bei Gebäuden mit umfangreicher IT-Ausstattung (Rechenzentren oder Bürogebäude mit umfangreicher IT-Technik). Bei der Wahl einer niedrigeren Blitzschutzklasse oder dem Verzicht auf eine Blitzschutzanlage ist zwingend eine Risikobeurteilung durchzuführen und zu dokumentieren.
- 819.08.08: „LST-Anlagen“
Generell gilt die höchste Blitzschutzklasse I.

Blitzschutzkonzept

Der Schutz von elektrischen und elektronischen Systemen in baulichen Anlagen und Objekten gegen Überspannungen, die durch den elektromagnetischen Blitzimpuls verursacht werden, beruht auf dem Prinzip der Blitzschutzzone (engl.: Lightning Protection Zone – LPZ). Die Umsetzung eines sogenannten Blitzschutzkonzeptes ist eine wichtige Voraussetzung für den späteren sicheren und störungsfreien Betrieb. Nach diesem Prinzip ist die zu schützende bauliche Anlage in innere Blitzschutzzone unterschiedlicher LEMP-Bedrohungswerte zu unterteilen (Abb. 1). Bei einem LEMP (engl.: Lightning Electromagnetic Pulse) handelt es sich um den elektromagnetischen Blitzimpuls. Durch solch eine Unterteilung der inneren Zonen können Bereiche unterschiedlicher LEMP-Bedrohungswerte der Festigkeit des elektronischen Systems angepasst werden. Nach diesem flexiblen Konzept sind abhängig von Zahl, Art und Empfindlichkeit der elektronischen Geräte/Systeme geeignete LPZ definierbar, und zwar von kleinen lokalen Zonen bis zu großen integralen Zonen, die das gesamte Gebäudevolumen umfassen können. Zo-

Blitzschutzzone (LPZ Lightning Protection Zone)		SPD-Typ
Äußere Zonen		
LPZ 0	Zone, die durch das ungedämpfte elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist und in der die inneren Systeme dem vollen oder anteiligen Blitzstrom ausgesetzt sein können.	
LPZ 0 wird unterteilt in:		
LPZ 0 _A	Zone, die durch direkte Blitzeinschläge und das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können dem vollen Blitzstrom ausgesetzt sein.	Typ 1
LPZ 0 _B	Zone, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt, aber durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können anteiligen Blitzströmen ausgesetzt sein.	Typ 2 Typ 1
Innere Zonen (geschützt gegen direkte Blitzeinschläge)		
An der Grenze jeder inneren Zone muss der Potenzialausgleich für alle eintretenden metallenen Teile und Versorgungsleitungen durchgeführt werden. Dieser erfolgt direkt oder durch geeignete SPD. Die Anforderungen der SPD für die inneren Zonen ergeben sich aus der Spannungsfestigkeit der zu schützenden elektrischen und elektronischen Systeme.		
LPZ 1	Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und / oder durch SPD an den Zonengrenzen begrenzt werden. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann durch räumliche Schirmung gedämpft sein.	Typ 2 oder Typ 3
LPZ 2 ... n	Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und / oder durch zusätzliche SPD an den Zonengrenzen weiter begrenzt werden können. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann zudem durch eine zusätzliche räumliche Schirmung weiter gedämpft sein.	Typ 2 oder Typ 3

Tab. 2: Definition von Blitzschutzkonzepten und Zuordnung von Ableiter-Typen (engl.: SPD – Surge Protective Device)

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Dehn + Söhne GmbH + Co.KG /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DVV Media Group, 2019

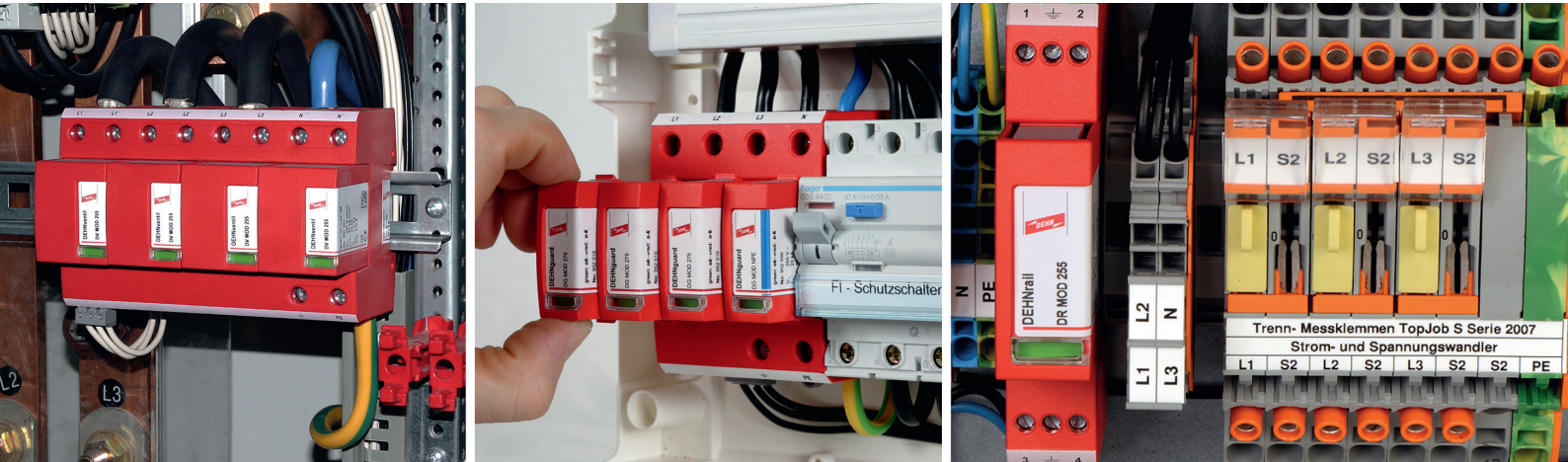


Abb. 2: Schutz energietechnischer Systeme mit SPD Typ 1, 2 und 3

nengrenzen werden durch Schirmungsmaßnahmen gebildet. In der Praxis sind dies oft am oder im Gebäude vorhandene Metallfassaden und Armierungen von Wänden, Böden und Decken, die idealerweise zu Abschirmkäfigen wie z.B. im Falle von LST-Betongebäuden zusammengeschlossen werden. Auch Wände im Inneren, bzw. Brandschutzabschnitte können eine Zonengrenze bilden. Abhängig von der Art der Blitzbedrohung sind innere und äußere Blitzschutz zonen entsprechend DIN EN 62305-4 wie in Tab. 2 definiert:

Überspannungsschutz

Im weitläufigen Sprachgebrauch werden mit dem Begriff „Überspannungsschutz“ häufig sowohl der normative Begriff „Blitzschutzpotenzialausgleich“ als auch der nachgelagerte „Überspannungsschutz“ gegen transiente Überspannungen verbunden. Überspannungen selbst können entstehen durch induktive oder kapazitive Einkopplungen, Schaltheandlungen, Erd-/Kurzschlüsse, Auslösen von Sicherungen oder auch durch die parallele Verlegung von energie- und informationstechnischen Leitungssystemen. Sie treten in Hochspannungssystemen, in Niederspannungssystemen, in Systemen der Telekommunikation und in Systemen der LST auf. Eine gesonderte Betrachtung ist bezüglich AC- und DC-Systemen durchzuführen.

Energietechnische SPD AC und DC

Bei der Dimensionierung von gängigen AC-Systemen gibt es ein großes Angebot an SPD. Diese können TN- oder TT-EVU-Netze, gespeiste Netze aus der Bahnoberleitung, NEA mit mobilen Dieselaggregaten oder spezielle IT-Netze, z. B. für Übertragungsstrecken mit unterschiedlichen Spannungsebenen sein. Sie sind in der Regel einfach anhand der Herstellerunterlagen zu planen. Dabei sind grundlegende Punkte (Tab. 3) bei der Dimensionierung von SPD in AC-Systemen zu beachten.

Im Bereich der Bahn gilt es weitere Punkte zu beachten. Vor allem die rückstrombehaftete Bahnerdung und die sich daraus ergebenden

Beeinflussungen sollten bei der Auswahl von SPD in die Planung mit einbezogen werden. So ist nach Ril 819.0802 eine Langzeitbeeinflussung mit 250 V AC und eine Kurzzeitbeeinflussung mit 1500 V AC anzusetzen. Somit sollte in Bahnnetzen eine strikte Trennung des Systems gegen die Bahnerde, entweder durch Funkenstrecken oder durch SPD mit gegen Erde geschaltetem Gasableiter, hergestellt werden. Durch den Einsatz solcher SPD kann ebenso sichergestellt werden, dass keine Leckstrombildung zwischen den aktiven Leitern zustande kommt.

Im Bereich der Bahn gab es schon immer DC-Systeme mit typischen Spannungsebenen von 48/60 V DC für die Telekommunikation und die LST sowie 36/48 V DC für Bahnübergangssicherungsanlagen. Neue Bahnprojekte wie NeuPro

etc. benötigen jedoch neue Systemarchitekturen. Die dabei verwendeten Spannungen werden zukünftig auch als DC-Systeme ausgeführt. Hier sind vor allem IT 400 V DC Energiebusse, die aus dem GFK (Gleisfeldkonzentrator) ins Feld hin zum FeAK (Feldelementanschlusskasten) geführt werden, oder auch die IT 48 V DC-Ebene (Eigenbedarf) zu nennen.

Bei der Planung von DC-Systemen wird häufig auf bestehende AC-SPD zurückgegriffen. In vielen Bereichen ist dies auch möglich. In bestimmten Fällen sollten jedoch die Rahmenbedingungen näher untersucht werden. Vor allem durch den Photovoltaik-Boom der letzten Jahre und damit einhergehend der Erkenntnis vieler Hersteller, dass für DC-Systeme besondere Technologien bzw. Schaltungsauslegungen notwendig sind, ist es ratsam, die Appli-

1	Energietechnische SPD AC	
2	Art des SPD gemäß BSZK	Typ 1, Typ 2, Typ 3?
3	Art der Erdverbindung und zugeordnete Schaltungsvariante	TNC 3-0 TNC-S/TNS 4-0 oder 3+1 TT 3+1 IT 3~ 3-0 IT 3~N 3+1
4	Höchste Dauerspannung U_c	T-Netze: $1,1 * U_0$ I-Netze: U_{LL}
5	Netzfrequenz	16,7 Hz, 50 Hz?
6	Art der mechanischen Befestigung	Hutschiene-, Sammelschiene-SPD oder flexible Bauform?
7	Blitzstoßstrom I_{imp} bzw. Nennableitstoßstrom I_n gemäß BSKL	Ableitvermögen je aktiven Leiter (z. B. L1, L2, L3, N) ausreichend?
8	Schutzpegel U_p	Schutzpegel gleich oder kleiner der Systembemessungsstoßspannung?
9	Folgestromlöschfähigkeit AC I_f	Gilt nur für Funkenstrecken: Unterdrücken bzw. Unterbrechen des Netzfolgestromes nach Ableitvorgang
10	Folgestrombegrenzung / Ausschaltselektivität	Die Ausschaltselektivität zu vorgelagerten Sicherungen verhindert ein Fehlauflösen von Anlagensicherungen
11	Erforderliche Vorsicherung	SPD-Vorsicherung kann entfallen, wenn die vorgelagerte Sicherung einen kleineren oder gleichen Nennwert als die SPD-Vorsicherung aufweist
12	Temperaturbereich	i. R. -40 ... +80°C; bei Projekten in extremen Klimazonen – Abweichungen möglich
13	Funktionsüberwachung	Visuelle, optische Prüfung am Gerät oder wartungsfreundlich durch Einbindung in ein übergeordnetes Leitsystem, z. B. Bahndiagnose-System DIANA
14	Energetische Koordination sichergestellt	Selektives und aufeinander abgestimmtes Wirken kaskadierter SPD vorhanden?

Tab 3: Auswahlkriterien AC-SPD

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Dehn + Söhne GmbH + Co.KG
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DVV Media Group, 2019

kationen im Detail mit fachkundigen Personen oder Firmen zu erörtern.

SPD für die Bereiche Telekommunikation und Leit- und Sicherungstechnik

Neben der Absicherung der energietechnischen Versorgungsseite müssen zwingend auch die Bereiche Telekommunikation und LST beachtet werden. Wird es der Überspannung ermöglicht, nur an einer Stelle den Schutzkreis zu durchbrechen, ist der gesamte Schutz lückenhaft und der Ausfall der Anlage kann die direkte Folge sein.

Generell hängt die Auswahl informationstechnischer SPD von ähnlichen Überlegungen wie bei AC-SPD ab:

- Blitzschutzzonen des Installationsortes und deren Anordnung
- Übereinstimmung mit produkt- oder anwendungsspezifischen Normen
- Anpassung an die Umgebungsbedingungen/Installationsbedingungen
- Montageart und -umfeld.

Im Gegensatz zur Auswahl von SPD in energietechnischen Systemen, mit in der Regel einheitlichen Bedingungen hinsichtlich Spannung und Frequenz, gibt es in LST-Systemen jedoch verschiedene Arten zu übertragender Signale hinsichtlich:

- Spannung (z. B. 36, 48, 60 V)
- Strom (z. B. 0 – 20 mA, 4 – 20 mA)
- Signalbezug (symmetrisch, unsymmetrisch)
- Frequenz (DC, NF, HF)
- Signalart (analog, digital).

Jede dieser elektrischen Größen des zu übertragenden Nutzsignales kann die eigentliche zu übermittelnde Information enthalten.

Deshalb darf das Nutzsignal durch den Einsatz von SPD z. B. in LST-Anlagen nicht unzulässig beeinflusst werden. Somit sind für die Auswahl einige Punkte zu beachten, die nachfolgend grob beschrieben sind.

Ableitvermögen/Blitzstoßstrom, Nennableitstoßstrom

Die Bemessung des Ableitvermögens eines SPDs hängt davon ab, welche Schutzaufgabe durch dieses SPD erfüllt werden soll und ob z. B. blitzstromgeführte Systeme betroffen sind.

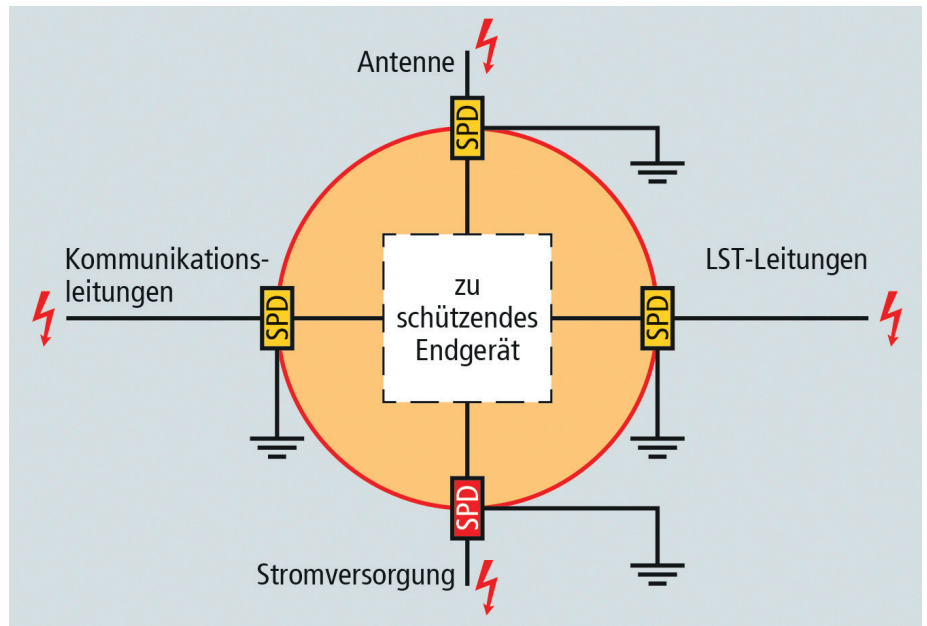


Abb. 3: Schutzkreis

Störphänomene

Bei der Einteilung von Störphänomenen wird grundsätzlich zwischen Längsüberspannungen (Spannung zwischen Signalader und der Erde) und Querüberspannungen (Spannung zwischen zwei Signaladern) unterschieden, die bei der Schaltungsauslegung zu berücksichtigen sind.

Signalfrequenz, Datenübertragungsgeschwindigkeit/Grenzfrequenz

Die Grenzfrequenz gibt an, ab welchem Frequenzwert das zu übertragende Signal in der Amplitude (mehr als 3 dB) gedämpft wird. Um die Rückwirkung des SPDs auf das Übertragungssystem in zulässigen Grenzen zu halten, muss die Signalfrequenz des Signalstromkreises unterhalb der Grenzfrequenz für das SPD liegen. Für nicht-sinusförmige Signalformen gilt, dass die maximale Datenübertragungsgeschwindigkeit des SPDs größer als die Übertragungsgeschwindigkeit des Signalkreises ist.

Betriebsstrom/Nennstrom

Der Betriebsstrom, der über das SPD übertragen werden kann, ist durch die im SPD verwendeten

Bauteile begrenzt. Für die Anwendung bedeutet dies, dass der Betriebsstrom eines Signalsystems kleiner oder gleich dem Nennstrom I_N des SPDs sein darf. Ebenso sind mögliche Kurzschlussströme zu berücksichtigen.

Betriebsspannung/Höchste Dauerspannung Die max. auftretende Betriebsspannung im Signalkreis muss kleiner oder gleich der höchsten Dauerspannung U_C des SPDs sein. Im Bereich der Anwendung von Stromschleifen (z. B. 0 – 20 mA) ist für die maximal mögliche Betriebsspannung immer die Leerlaufspannung des Systems anzusetzen.

Unterschiedliche Signalstromkreise besitzen unterschiedliche Signalbezüge (symmetrisch/unsymmetrisch). Zum einen kann die Betriebsspannung des Systems als Ader-Ader-Spannung angegeben werden und zum anderen als Ader-Erde-Spannung. Dies ist bei der Auswahl des SPDs zu berücksichtigen.

Schutzwirkung/Schutzpegel

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, den Schutzpegel U_p für ein SPD so zu bemessen,



Abb. 4: Schutz von Kommunikations-, Antennen- und LST-Leitungen

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Dehn + Söhne GmbH + Co.KG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DVV Media Group, 2019

dass dieses unterhalb der Zerstörungsgrenze für ein Endgerät liegt. Das Problem bei einer derartigen Bemessung besteht darin, dass die Zerstörungsgrenze für ein Endgerät meist nicht bekannt ist. Deshalb ist es notwendig, hier ein anderes Vergleichskriterium heranzuziehen. Im Rahmen der Prüfung auf elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) müssen elektrische und elektronische Betriebsmittel eine Störfestigkeit gegenüber leitungsgeführten impulsförmigen Störgrößen aufweisen. Somit werden Prüfschärfegrade (1-niedrig bis 4-hoch) hinsichtlich der Störfestigkeit festgelegt, die eine Relation mit einer dem Schutzpegel verbundenen Durchlassenergie herstellt. Die Durchlassenergie muss immer unterhalb der spezifizierten Störfestigkeit des betreffenden, zu schützenden Gerätes liegen. Um die Schutzgeräteauswahl für den Anwender zu erleichtern, weisen viele Schutzgeräte ein sogenanntes Koordinationskennzeichen auf.

Antennenanlagen

SPD für Antennenleitungen unterscheiden sich im Speziellen je nach Eignung für koaxiale, symmetrische oder Hohlleitersysteme, und zwar jeweils nach der physikalischen Ausführung der Antennenleitung. Bei koaxialen und Hohlleitersystemen kann der Außenleiter in der Regel direkt mit dem Potenzialausgleich verbunden werden.

Fazit und Ausblick

Die Erneuerung und der weitere Ausbau der Bahninfrastruktur mit häufig genannten Schlagworten wie Digitalisierung, Verfügbarkeit und Pünktlichkeit kann nur gelingen, wenn die Systeme sicher gegen jegliche Störbeeinflussung ausgelegt sind. Für die Bedrohung „Blitz“ gilt dies ganz im Besonderen. Ein umfassender Beitrag im EIK – EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM 2020 soll weitere Aspekte wie den äußeren Blitzschutz, die sach- und funktionsgerechte Montage von SPD sowie bahnspezifische SPD wie beispielsweise Spannungsbegrenzungseinrichtungen (engl.: Voltage Limiting Device) näher erläutern. ■



Lothar Gmelch

Business Development Manager
 Bahntechnik / Railway Technology
 Business Unit Infrastructure
 DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG, Neumarkt
 lothar.gmelch@dehn.de

Digitalisierung in Mobilität und Verkehr

Neu und brandaktuell: „Digitalisierung in Mobilität und Verkehr“ ist das erste Fachbuch, das über die Auswirkungen, Chancen und Risiken der **Digitalisierung im Verkehrssektor** berichtet.

Schwerpunkte: Schiene und öffentlicher Verkehr.



Neuerscheinung

Digitalisierung in Mobilität und Verkehr

1. Auflage November 2018,
 Autorin: Dagmar Rees,
 272 Seiten, gebunden,
 ISBN 978-3-96245-162-2,
 Print mit E-Book Inside € 49,-*
www.pmcmedia.com/digitalisierung

Mehr Infos und Bestellung:
www.pmcmedia.com

Weitere aktuelle Titel:



Handbuch Eisenbahnbrücken
 mit E-Book Inside € 96,-*
www.pmcmedia.com/eisenbahnbruecken

Auch erhältlich als:

E-Book only **Einzelkapitel**



Kompendium Eisenbahngesetze
 Print € 89,-* (UVP)
www.pmcmedia.com/keg

Auch erhältlich als:

E-Book only

Jetzt mit 50% RABATT!

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
 Tel.: +49 7953 718-9092
 Fax: +49 40 228679-503
 E-Mail: office@pmcmedia.com
 Online: www.pmcmedia.com

PER POST:
 PMC Media House GmbH
 Kundenservice
 D-74590 Blaufenken

PMC Media House GmbH | Espenschiedstr. 1 | D-55411 Bingen
 Office Hamburg (c/o DVV Media Group GmbH) | Heidenkampsweg 75 | D-20097 Hamburg
 Unsere Bücher erhalten Sie auch im gut sortierten Buchhandel.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Dehn + Söhne GmbH + Co.KG /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DVV Media Group, 2019