

Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Niederspannungsschaltanlagen normenkonform installiert

1 Errichtungsbestimmung für Blitz- und Überspannungsschutz in Niederspannungsanlagen

Mit der Errichtungsbestimmung DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 [1] steht der deutschen Fachwelt ein Papier zur Verfügung, das sowohl die Belange des Blitzschutzpotentialausgleichs nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 [2] als auch die des Schutzes gegen Überspannungen aus indirekten fernen Blitzeinschlägen sowie aus Schalthandlungen nach DIN VDE 0100-443:2007-06 [3] berücksichtigt. Planern, Errichtern, Betreibern sowie Prüfern von Überspannungsschutzeinrichtungen (ÜSE) sind darin Auswahl- und Errichtungshinweise zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Niederspannungsanlagen gegeben. In englischsprachiger Literatur werden Überspannungsschutzeinrichtungen und -geräte auch mit SPD (Surge protective device) bezeichnet.

1.1 Sinn der Errichtungsbestimmung in allen Installationsbereichen anwenden

Wie in nahezu allen Normenwerken dienen auch in DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 die dort vorhandenen Abbildungen zur Verdeutlichung des Normtextes. In der täglichen Praxis ist jedoch häufig festzustellen, dass sich Anwender bei der Umsetzung der Norm mehr von den Inhalten der Bilder leiten lassen, als auch den Sinn des Normtextes auf den jeweiligen Anwendungsfall konsequent anzuwenden. So ist beispielsweise in vielen Installationen von Niederspannungsanlagen festzustellen, dass in Gebäuden, die mit einem Blitzschutzsystem gemäß DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 ausgestattet sind, zwar die von außen zugeführten Stromversorgungsleitungen an den Schnittstellen von Blitzschutzzone 0 auf Blitzschutzzone 1 fachgerecht mit ÜSE Typ 1 in den Blitzschutzpotentialausgleich einbezogen werden. Kabel, die diese Gebäude als Versorgungsleitungen für Nachbargebäude verlassen oder die zu außerhalb der Gebäude liegenden Betriebsmitteln führen, werden nicht beschaltet [4, 5]. Bildhaft dargestellte Beispiele mit Verbraucherstromkreisen, die außerhalb der zu schützenden Gebäude liegen, sind in DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 nicht zu finden.

1.2 Auswirkungen von Schutz- und Schalteinrichtungen auf Erreichen des Schutzziels beachten

Überspannungsschutzeinrichtungen werden in Niederspannungsanlagen so eingebaut, dass diese im Falle eines Fehlers von den zugehörigen Schutzeinrichtungen vom Netz getrennt werden. Manchmal übernehmen Betriebsstrom führende Überstrom-Schutzeinrichtungen diese Aufgabe.

1.2.1 Vorrang für Versorgungssicherheit oder Schutz bei Überspannung

Je nach Einbauort der Abtrennvorrichtung der Überspannungsschutzeinrichtung wird der Versorgungssicherheit der nachgeschalteten Anlage oder dem Aufrechterhalten des Schutzes bei Überspannung Priorität gegeben. In Anlagen mit erhöhten Anforderungen an Betriebssicherheit und Verfügbarkeit werden redundante Schaltungsvarianten errichtet [1, 4].

1.2.2 Alle Schutz- und Schalteinrichtungen betrachten

Bei der Bewertung der Einflüsse von anlagenseitig vorhandenen Schutzeinrichtungen auf den Schutz gegen Überspannungen sind in der Praxis nicht nur die den Überspannungsschutzeinrichtungen zuzuordnenden Schutzeinrichtungen gegen Überstrom zu betrachten, sondern auch alle anderen in den Betriebsstrompfaden liegenden Schutzeinrichtungen. Zu diesen sind beispielsweise auch alle Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) zu rechnen, sofern diese relevanten Einfluss auf die zu schützenden Betriebsmittel aufweisen. Weiterhin sind alle in den für den Blitz- und Überspannungsschutz signifikanten Stromwegen liegenden Schalteinrichtungen in die Gesamtbetrachtung einzubeziehen [4, 5].

1.2.3 In jedem zugelassenen Betriebszustand alle Leiter eines Systems schützen

Die in DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 und DIN VDE 0100-443:2007-06 formulierten Schutzziele können nur dann sicher und dauerhaft erreicht werden, wenn alle Leiter der zu schützenden Systeme mittels Überspannungsschutzeinrichtung in den jeweiligen Potentialausgleich einbezogen sind. Diese Anforderung gilt für alle im Verlauf der Lebensdauer der Anlage betriebsmäßig zugelassenen Schaltzustände der anlagenseitig vorhandenen Schutz- und Schalteinrichtungen.

Selbst ein im täglichen Betrieb selten anzunehmendes Ansprechen einer Schutzeinrichtung, wie zum Beispiel das Trennen eines Leistungsschalters im Einspeisefeld einer Schaltanlage oder das Auslösen eines Fehlerstromschutzschalters einer Zutrittskontrollanlage im Eingangsbereich eines Gebäudes, rechtfertigt nicht die vereinfachende Annahme, dass diese Schutzeinrichtungen immer geschlossen sind. So ist auch das Trennen eines Kuppelschalters ein zugelassener Betriebszustand.

Fachgerechtes Handeln vorausgesetzt, käme wohl niemand auf die Idee, in diesen Fällen auf Leistungsschalter, Fehlerstromschutzschalter oder Kuppelschalter zu verzichten und anstelle dieser Schutz- oder Schalteinrichtungen Drahtbrücken einzubauen [5].

Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Niederspannungsschaltanlagen normenkonform installiert

1.2.4 Schalteinrichtungen

Schalteinrichtungen, wie Leistungstrenner, NH-Trenner, Kuppelschalter oder Leistungsschütze, öffnen im bestimmungsgemäßen Betrieb Betriebsstrompfade ebenso, wie die zuvor beschriebenen Schutzeinrichtungen. Überspannungsschutzeinrichtungen sind so anzuordnen, dass sie an ihrem Einbauort unter allen Betriebsbedingungen einen vollständigen Potentialausgleich aller zum zu schützenden System gehörenden Leiter – spannungsführend oder spannungsfrei – bewirken.

1.2.5 Vorbeugender Brandschutz durch konsequentes Handeln

Mit gleicher Konsequenz sind an den jeweiligen Einbauorten von Überspannungsschutzeinrichtungen die Betrachtungen bezüglich eines allpoligen Schutzes durch diese Schutzeinrichtungen durchzuführen. Andernfalls führt im Fall einer Beaufschlagung mit Transienten ein nicht vollständig mit einer Überspannungsschutzeinrichtung beschaltetes Niederspannungssystem zu Isolationsdurchschlägen oder zu Störlichtbögen. Bei unter Spannung stehenden Systemen ist die Zündung eines Brandes häufige Konsequenz. Betriebsstörungen oder Totalausfall der Niederspannungsanlagen sind die Folge.

2 Ausgewählte Praxisbeispiele

Anhand von ausgewählten Beispielen aus der industriellen Praxis werden mögliche Ausführungen fachgerechten Umsetzens von DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 vorgestellt. Die Anwendungsbeispiele sind für geerdete Niederspannungsanlagen (TN-S System) mit einer Nennspannung von 230/400 V ausgeführt.

Es werden Anordnung und Auswahl der Überspannungsschutzeinrichtungen in den Schaltanlagen dargestellt. Die jeweiligen Einbauorte sind mit Großbuchstaben vom A bis E bezeichnet. Es besteht kein Zusammenhang zu den früher üblichen Typ-Bezeichnungen von Überspannungsschutzeinrichtungen A, B, C oder D.

Die beispielhaft dargestellten Anlagensituationen aus dem industriellen Umfeld sind sinngemäß auf alle Arten von Niederspannungsanlagen übertragbar, so auch für einfache Wohngebäude.

Vorzugsweise sollte das Anschluss-Schema C nach DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 verwendet werden. Das ist die in der Praxis häufig mit 3+1 – Schaltung benannte Anordnung der Überspannungsschutzeinrichtungen. Die Ausführungen gelten ohne Einschränkung gleichermaßen für das Anschluss-Schema B, auch 4+0 – Schaltung genannt.

Im Sinne praxisgerechter Inbetriebnahme-Prüfungen der Niederspannungsanlagen sowie bei den obligatorischen Wiederholungsprüfungen sind steckbare

Überspannungsschutzeinrichtungen zu planen und zu installieren. Nur so können die erforderlichen Isolationsprüfungen ohne Eingriff in die Installation vorgenommen werden.

In Energieflussrichtung folgende Unterverteilungen oder Betriebsmittel sind sinngemäß zu betrachten. In den Beispielen mit Gebäuden ohne Blitzschutzsystem werden in diesem Beitrag Auswirkungen von Blitzeinschlägen in unmittelbarer Nähe sowie von galvanisch in Leitungssysteme eingekoppelten Blitzteilströmen nicht betrachtet. Im Einzelfall können zusätzliche Überspannungsschutzeinrichtungen an den Einbauorten D oder E erforderlich werden (Bild 2). Die Ausführungen zu den Beispielen umfassen den Energieverteilungsbereich. Selbstverständlich sind auch alle anderen elektrisch leitfähigen Systeme fachgerecht in das übergreifende Schutzkonzept einzubeziehen.

2.1 Reine Niederspannungsanlagen

In Industrieanlagen mit geringem Bedarf an elektrischer Energie können deren Niederspannungsschaltanlagen aus dem öffentlichen Energieversorgungsnetz gespeist werden. Gleichermäßen kann die Einspeisung einzelner Gebäude auch aus vorgeordneten Niederspannungshauptverteilungen erfolgen.

2.1.1 Industriegebäude ohne Blitzschutzsystem

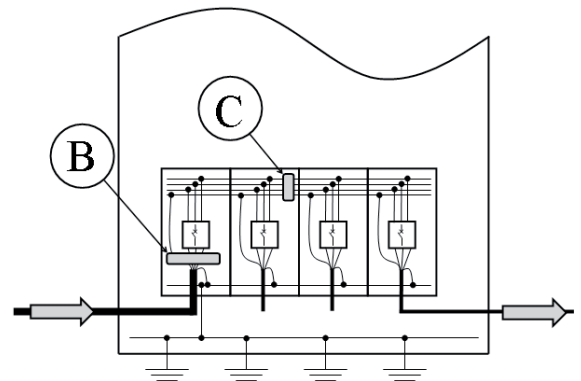


Bild 1
 Niederspannungsschaltanlage in einem Industriegebäude ohne Blitzschutzsystem. Die Versorgung erfolgt aus einem Niederspannungsnetz. B und C: Mögliche Einbauorte von Überspannungsschutzeinrichtungen

Das Industriegebäude wird aus einem nichtöffentlichen Niederspannungsnetz versorgt. Die vorgeordnete Niederspannungshauptverteilung ist als TN-S System ausgeführt. Dort ist am zentralen Erdungspunkt (ZEP) die Betriebserdung vorgenommen. Die Außenleiter der 5adrigen Zuleitung werden im Einspeisefeld der Niederspannungsschaltanlage am dreipoligen Leistungsschalter angeschlossen. Der ankommende Neutraleiter wird auf der isolierten Neutraleiter-Sammelschiene angeschlossen. Der Schutzleiter wird direkt auf der Schutzleiter-Sammelschiene aufgelegt.

Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Niederspannungsschaltanlagen normenkonform installiert

Ein Gebäudeblitzschutzsystem ist nicht vorhanden. Die Bewehrungsstähle im Fundament sind fachgerecht untereinander verbunden und bilden ein engmaschiges Potentialausgleichssystem. In unmittelbarer Nähe der Schaltanlage ist ein Erdanschlusspunkt heraus geführt.

Das Potentialausgleichssystem erfüllt die Anforderungen als Fundamenterder nach DIN 18014:2007-09 [6]. Die Schaltanlage ist direkt am Erdanschlusspunkt gefertigt.

Die ersten beiden Abgangsfelder versorgen über dreipolige Leistungsschalter nachgeschaltete Niederspannungsverteilungen innerhalb des Gebäudes. Vom Leistungsschalter des dritten Abgangsfeldes wird ein etwa 150 Meter entferntes Nebengebäude versorgt. Alle Abgangskabel sind 5adrig ausgelegt.

Da für dieses Gebäude keine Anforderungen nach DIN EN 62305 bestehen, sind in der Niederspannungsanlage keine ÜSE Typ 1 erforderlich. Die Anforderungen aus DIN VDE 0100-443:2007-06 werden unter Einhaltung der Errichtungsbestimmung DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 mit ÜSE Typ 2 erfüllt.

Die Anordnung der ÜSE Typ 2 am Einbauort B (Bild 1) bewirkt unter allen Betriebszuständen einen vollständigen Potentialausgleich. Auch im Fall eines im Einspeisefeld geöffneten Leistungsschalters umfasst die Überspannungsschutzeinrichtung am Einbauort B alle Leiter des zu schützenden Systems.

Im Gegensatz dazu wären bei Anordnung der ÜSE Typ 2 im Einspeisefeld in Energieflussrichtung nach dem Leistungsschalter – beispielsweise ausschließlich am Einbauort C – die drei Außenleiter des ankommenden Kabels bei geöffnetem Leistungsschalter nicht beschaltet. Eine einlaufende Transiente könnte zu einem Isolationszusammenbruch zwischen Außenleitern und geerdeter Schaltanlage oder zum Neutralleiter führen. Da das speisende System mit hoher Wahrscheinlichkeit unter Spannung steht, wären Störlichtbogenwirkungen die Folge.

Die in zahlreichen Bestandsanlagen anzutreffende Praxis der Installation der in Energieflussrichtung ersten Überspannungsschutzeinrichtung hinter dem Leistungsschalter sollte u.a. im Sinne vorbeugenden Brandschutzes überdacht und modifiziert werden.

Sofern im Bereich des Sammelschienensystems durch dort angeschlossene Betriebsmittel Anforderungen nach DIN VDE 0100-443:2007-06 bestehen, werden ÜSE Typ 2 am Einbauort C installiert. Bei ausgedehnten Schaltanlagen kann auch eine mehrfache Installation von ÜSE Typ 2 erforderlich werden. Bei gekuppelten Sammelschienen ist in jedem Teilbereich mindestens eine ÜSE Typ 2 einzubauen.

2.1.2 Industriegebäude mit Blitzschutzsystem

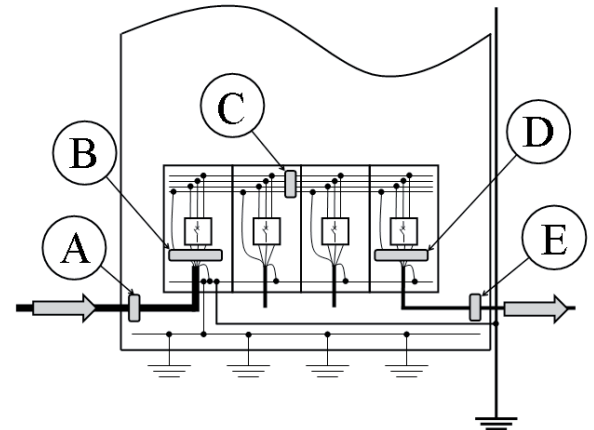


Bild 2 Niederspannungsschaltanlage in einem Industriegebäude mit Blitzschutzsystem. Die Versorgung erfolgt aus einem Niederspannungsnetz. A bis E: Mögliche Einbauorte von Überspannungsschutzeinrichtungen

Wie im vorigen Beispiel wird die Schaltanlage aus einem nichtöffentlichen Niederspannungsnetz versorgt (Bild 2). Die zuvor beschriebenen Randbedingungen werden auch hier angenommen. In diesem Beispiel verfügt das Gebäude über ein nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 geplantes und errichtetes Blitzschutzsystem. Die Ableitungen sind fachgerecht mit dem Potentialausgleichssystem verbunden.

Mit der Niederspannungsversorgung sowie mit der Zuleitung zum Nachbargebäude durchschneiden zwei Starkstrom-Systeme die Schutzzonengrenze von Blitzschutzzone 0 zur Blitzschutzzone 1. Beide Systeme sind mit ÜSE Typ 1 in den Blitzschutzpotentialausgleich einzubeziehen. Dies sollte möglichst am Gebäudeeintritt geschehen.

In Bestandsanlagen ist es im Nachhinein nur mit hohem Aufwand möglich, Niederspannungskabelanlagen an den Einbauorten A oder E mit ÜSE Typ 1 zu beschalten. Aus pragmatischen Gründen werden die erforderlichen ÜSE Typ 1 üblicherweise an den Einbauorten B und D installiert. Dabei ist zu bedenken, dass die Kabelwege bis zur Beschaltung mit Überspannungsschutzeinrichtungen als in die Blitzschutzzone 1 hinein ausgestülpte Schutzzone 0 zu behandeln sind. In praktisch ausgeführten Anlagen wird diesem Aspekt nicht immer ausreichend Rechnung getragen. Beeinflussungen benachbarter Systeme und Gewerke sind die Folge.

Die ÜSE Typ 1 am Einbauort B ist aus den gleichen Gründen wie zuvor beschrieben genau dort zu installieren und nicht etwa hinter dem Leistungsschalter. Blicke in Bestandsanlagen zeigen, dass dort weder Planer noch Errichter noch Prüfer mögliche Risiken von Störlichtbogenbildungen konsequent als Gefahr ansehen oder sie für diese Sichtweise bislang noch nicht ausreichend sensibilisiert sind. Nur ein dauerhaft

Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Niederspannungsschaltanlagen normenkonform installiert

allpoliger Potentialausgleich bietet in diesem Sinne wirklich einen vorbeugenden Brandschutz.

Die über das dritte Abgangsfeld das Gebäude verlassende Zuleitung zum Nebengebäude ist am Einbauort D mit ÜSE Typ 1 zu beschalten. In Bestandsanlagen fehlen ÜSE Typ 1 am Einbauort D recht häufig.

Es wird manchmal argumentiert, dass über die geschlossenen Leistungsschalter in den Abgangsfeldern gegebenenfalls am Einbauort C installierte ÜSE Typ 1 auch für die Abgangsleitungen wirken. Diese Argumentation wird oft auch dann aufrecht gehalten, wenn die einzige ÜSE Typ 1 am Einbauort B installiert ist. Neben nicht zu unterschätzenden Beeinflussungen aufgrund von elektromagnetischen Einkopplungen auf in diesen Bereichen installierte Betriebsmittel lassen sich unter anderem aufgrund der großen Leitungslängen zwischen zu schützenden Betriebsmitteln und ÜSE Typ 1 die Anforderungen aus DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 nur sehr bedingt fachgerecht umsetzen. ÜSE Typ 1 am Einbauort D setzen die Anforderungen aus der Errichtungsbestimmung sinngemäß um.

In vielen Anwendungsfällen sind zusätzlich ÜSE Typ 2 am Einbauort C erforderlich. In ausgedehnten Schaltanlagen können Erfordernisse für mehrere ÜSE Typ 2 verteilt an der Sammelschiene bestehen.

2.2 Niederspannungsanlagen mit eigener Mittelspannungsanlage

Industrieanlagen mit höherem Bedarf an elektrischer Energie verfügen meist über eine eigene Mittelspannungsanlage. Die Beispiele zeigen Industriegebäude mit einem Transformator in unmittelbarer Nähe zur Niederspannungsschaltanlage innerhalb des Gebäudes. Bei Mehrfacheinspeisung sind Planung und Realisierung sinngerecht anzupassen.

2.2.1 Industriegebäude ohne Blitzschutzsystem

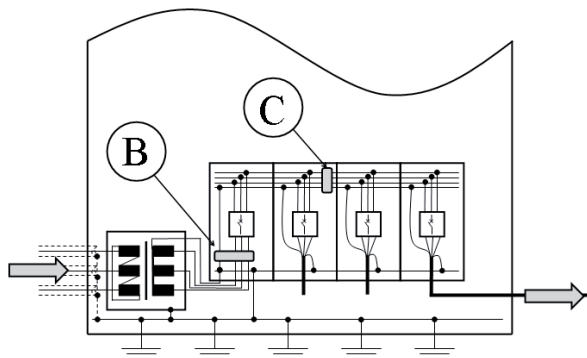


Bild 3
Industriegebäude ohne Blitzschutzsystem. Die Versorgung des Gebäudes erfolgt aus einem Hochspannungsnetz. B und C: Mögliche Einbauorte von Überspannungsschutzeinrichtungen

Das Industriegebäude wird in folgendem Beispiel nicht aus einem Niederspannungsnetz, sondern über geschirmte Einleiter-Erdkabel aus dem 20 kV Netz versorgt. Die Schirme der Einleiterkabel sowie alle passiven elektrisch leitfähigen Teile der 20 kV Anlage sind in das vorhandene Potentialausgleichssystem eingebunden. Die 20 kV Anlage grenzt unmittelbar an die Niederspannungsschaltanlage.

Das Gebäude verfügt nicht über ein Blitzschutzsystem. Die weiteren Randbedingungen der vorherigen Beispiele gelten auch in diesem Anwendungsfall (Bild 3).

Die Bemessungsblitzstoßspannung der 20 kV Anlage beträgt 145 kV [7]. Die Betriebserdung der Niederspannungsanlage wird nicht am Transformator, sondern in der Niederspannungsschaltanlage vorgenommen. Bei Mehrfacheinspeisung bildet diese Verbindung der Neutralleiter-Sammelschiene mit der Erdungsanlage den zentralen Erdungspunkt (ZEP). Weitere Hinweise hierzu sind unter anderem in DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-0100): 2009-06 [8] beschrieben.

Die Anforderungen aus DIN VDE 0100-443:2007-06 werden durch ÜSE Typ 2 am Einbauort B erfüllt. Für die weitere Betrachtung gelten die Ausführungen unter 2.1.1.

2.2.2 Industriegebäude mit Blitzschutzsystem

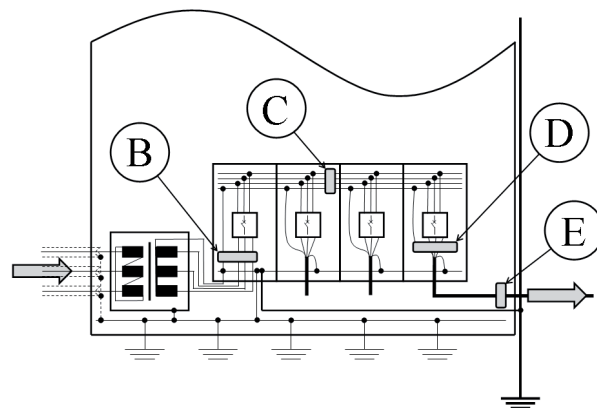


Bild 4
Industriegebäude mit Blitzschutzsystem. Die Versorgung des Gebäudes erfolgt aus einem Hochspannungsnetz. B bis E: Mögliche Einbauorte von Überspannungsschutzeinrichtungen

Das Industriegebäude wird wie zuvor beschrieben aus dem 20 kV Netz versorgt. Das Gebäude verfügt über ein Blitzschutzsystem nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 (Bild 4).

Blitzteilströme über die Mäntel der 20 kV Kabel werden direkt in das Potentialausgleichssystem des Gebäudes eingeleitet. Gleichmaßen werden in das Potentialausgleichssystem eingeleitete Teilblitzströme aus den Ableitungen des Blitzschutzsystems über die Kabelmäntel fortgeführt. Leitungsführte Teilblitzströme vom Potentialausgleichssystem des Gebäudes

Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Niederspannungsschaltanlagen normenkonform installiert

über aktive Leiter der Niederspannungsanlage hin zur Oberspannungswicklung sind kaum zu erwarten [4, 5, 7]. Verbleibende induktive oder kapazitive Einkopplungen werden durch Überspannungsschutzeinrichtungen am Einbauort B begrenzt. Ob an dieser Stelle ÜSE Typ 1 erforderlich sind oder ob leistungsstarke ÜSE Typ 2 ausreichenden Schutz bieten, kann Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein. Langjährige Praxisbeobachtungen des Autors haben gezeigt Zur Reduzierung vorzeitiger Alterung der 20 kV Kabel aufgrund von Einflüssen aus Teilblitzströmen durch die Kabelschirme hat es sich bewährt, auf der Überspannungsseite des Transformators Varistor-Ableiter zwischen den aktiven Leitern und Erde einzusetzen. Die weitere Betrachtung entspricht der der vorherigen Beispiele. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass in Anlagen ähnlich der in diesem Beispiel beschriebenen ein besonderes Augenmerk auf alle Gebäude verlassende Systeme der Niederspannungsanlage zu richten ist. Alle Systeme sind am Übergang von Schutzzone 1 auf Schutzzone 0 mit ÜSE Typ 1 in den Blitzschutzpotentialausgleich einzubeziehen. Dabei müssen nicht nur leistungsstarke ÜSE Typ 1 zum Einsatz kommen, die üblicherweise im Einspeisebereich niederspannungsgespeister Anlagen verwendet werden. Es reichen oft solche mit niedrigerem Leistungsvermögen aus. Die Objekt-individuelle Berechnung gibt weitere Hinweise dazu.

3 Zusammenfassung

DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 vermittelt Planern, Errichtern, Betreibern und Prüfern Handlungsanweisungen, Überspannungsschutzeinrichtungen fachgerecht auszuwählen und zu installieren. Dabei werden sowohl die Belange des Schutzes gegen elektrischen Schlag als auch die des Blitzschutzes berücksichtigt.

Die Praxisbeispiele beschreiben Anwendungsfälle aus dem Umfeld industrieller Niederspannungsschaltanlagen. In den ausgewählten Beispielen werden die Einflüsse von anlagenseitig vorhandenen Schutz- und Schalteinrichtungen bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Schutzwirkungen der eingesetzten Überspannungsschutzeinrichtungen betrachtet. Daraus ergeben sich Installationsempfehlungen für Überspannungsschutzeinrichtungen, die den Sinn der Errichtungsbestimmung in die Praxis umsetzen. So wird unter allen Betriebszuständen der Niederspannungsanlage Schutz gegen Überspannung gegeben.

4 Literatur

- [1] DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534:Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE). Berlin Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN EN 62305 (VDE 0185-305):2011-10 Blitzschutz. Berlin Offenbach: VDE VERLAG
- [3] DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen. Berlin Offenbach: VDE VERLAG
- [4] Wolff; G. K.: DIN VDE 0100-534:2009-02 – Neue Errichtungsbestimmung für Überspannungsschutzeinrichtungen in Niederspannungsanlagen Ausgewählte Praxishinweise. VDE/ABB 8. Blitzschutztagung, Neu-Ulm, 2009
- [5] Wolff; G. K.: Normenkonforme Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen in industriellen Schaltanlagen – Ausgewählte Praxisbeispiele. VDE/ABB 9. Blitzschutztagung, Neu-Ulm, 2011
- [6] DIN 18014:2007-09 – Fundamentender – Allgemeine Planungsgrundlagen. Berlin: Beuth Verlag
- [7] DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2006-11 Isolationskoordination- Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen. Berlin Offenbach: VDE VERLAG
- [8] DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06 Errichten von Niederspannungsanlagen-Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe. Berlin Offenbach: VDE VERLAG