



Handbuch TAN 1002

Blitz- und Überspannungsschutz – die Grundsätze

Zusammenfassung

Diese Veröffentlichung hat die Grundprinzipien der Blitzentstehung und den Entwurf von Überspannungsbegrenzern zum Thema. Weiter werden die Kriterien zur Auswahl des am besten geeigneten Modells für verschiedenste Anwendungen in der Prozeßindustriebranche erläutert.

Handbücher

Die anwachsende Zahl von Telematic-Handbüchern legt Informationen über verschiedenste Gesichtspunkte des Überspannungs- und Blitzschutzes in einem leicht verständlichem Format dar. Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind die folgenden Publikationen erhältlich:

- TAN1001** *Blitzschutz für elektronische Betriebsmittel – ein Ratgeber*
Eine relativ kurze und leicht verständliche Einführung in das Thema – ein ausgezeichneter Ausgangspunkt
- TAN1002** *Blitz- und Überspannungsschutz – die Grundsätze*
Diese Publikation geht näher ein in den Mechanismus von Blitzschlägen und die Maßnahmen die für einen angemessenen Blitzschutz zu treffen sind
- TAN1003** *Erdung für Überspannungsschutz – ein Ratgeber*
Diese detaillierte Analyse des Titelthemas stellt sowohl eine eingängige Erläuterung wie auch ein wertvolles Nachschlagwerk dar
- TAN1004** *Überspannungsschutz für eigensichere Systeme*
Eine Erläuterung der besten Methoden, den Überspannungsschutz mit der Eigensicherheit zu vereinigen
- TAN1005** *Überspannungsschutz für Montageorte in Zone 0*
Eine detaillierte Untersuchung dieses besonderen Bereichs des Überspannungsschutzes in explosionsgefährdeten Bereichen; ergänzt TAN1004
- TAN1006** *Überspannungsschutz für Wägesysteme*
Eine eingehende Darstellung des Überspannungsschutzes von Wägezellen und Wägesystemen
- TAN1007** *Überspannungsschutz für örtliche Datennetze*
Dieses Handbuch beschreibt auf welche Weisen örtliche Datennetze (Local Area Networks – LAN) durch blitzstoß-induzierte transiente Überspannungen beschädigt werden können und führt geeignete Schutzmaßnahmen an

1	EINFÜHRUNG.....	1
1.1	Die Notwendigkeit des Überspannungsschutzes	1
1.2	Überspannungsbegrenzer	1
2	ATMOSPHERISCHE ENTLADUNGEN.....	2
2.1	Einführung	2
2.2	Wie entstehen Blitzschläge?	2
2.3	Blitzableiter und Gebäude	2
2.4	Blitzschlaginduzierte Strom- und Spannungstöße	3
2.5	Spezifikationen für Strom- und Spannungstöße	3
3	ÜBERSPANNUNGSSCHUTZKOMPONENTEN.....	4
3.1	Einführung	4
3.2	Luft- und Kohle-Funkenstrecken	4
3.3	Gasentladungsröhren	4
3.4	Zenerdioden	5
3.5	Metalloxid-Varistoren	5
3.6	Sicherungen	6
3.7	Überspannungsrelais	6
3.8	Leistungsschalter	6
3.9	Mehrfach-Hybridschaltungen	6
4	ÜBERSPANNUNGSBEGRENZER.....	6
4.1	Einführung	6
4.2	Grundsätzliche mehrstufige Hybridschaltungen	6
5	ANWENDUNGEN.....	8
5.1	Der Bedarf auf Schutz	8
5.2	Schleifenschutz – Allgemeines	8
5.3	Die Wahl eines Überspannungsbegrenzers – Allgemeines	8
5.4	Überspannungsschutz für industrielle Prozeßanlagen	8
5.5	Überspannungsschutz für Gebäude und Kommunikationsnetze	8
5.6	Spezifische Anwendungen	8
6	ERDUNG.....	16
6.1	Einführung	16
6.2	Erdung	16
7	INSTANDHALTUNG.....	16
7.1	Einführung	16
7.2	Fehlersuche	16
7.3	Reparatur	18
8	FELDPRÜFUNG VON NETZ-ÜBERSPANNUNGSBEGRENZERN.....	18
8.1	Einführung	18
8.2	Funktionsprüfung spannungsbegrenzende Komponenten	18
8.3	Prüfung der seriellen Durchgängigkeit	19

BLITZ- UND ÜBERSPANNUNGS-SCHUTZ - DIE GRUNDSÄTZE

1 EINFÜHRUNG

Nur selten offenbart sich die Macht der Natur so eindrucksvoll wie inmitten eines tropischen Gewitters. Daß hier unermeßliche Energie und Kraft im Spiel sind, und daß man sich vor den Gefahren dieser atmosphärischen Entladungen schützen muß begreift sogar der furchtloseste Betrachter. Die geeigneten Methoden zum Schutz von elektronischen Schaltungen und Einrichtungen gegen blitzschlaginduzierte Überspannungen und Stromstöße zu ergründen ist das Ziel dieses Handbuchs.

1.1 Die Notwendigkeit des Überspannungsschutzes

Die meisten Prozeßleit- und Fernmeßinstallationen sind untereinander durch Energie- und Signalkabel verbunden. Die Leiter sind entweder in Kabelwannen oder -kanälen oder als Freileitungen verlegt. Transiente Spannungen werden typisch durch Blitzschläge, statische Entladungen und durch Energiekabel verursacht und können in die Signalkabel und somit an die damit verbundenen elektronischen Betriebsmittel gelangen. Feld-Meßumformer, Computerterminals, usw. mit Niederspannungs-Halbleiterelementen können bereits bei zweistelligen Überspannungswerten beschädigt werden. Je länger die Leiterkabel, desto häufiger ist das durch Änderungen im Erdpotential verursachte Auftreten hoher transienter Spannungen, demnach sind an abgelegenen Standorten installierte Steuer- und Meßgeräte eventuellen Überspannungsschäden besonders ausgesetzt. Aber auch Geräte die nur durch relative kurze Kabel verbunden sind können erhebliche Schäden erleiden wenn sie – wie etwa die Datenübertragungsschnittstellen von Computern – besonders empfindliche Schaltungen oder Komponenten enthalten.

Nehmen wir als Beispiel einen Blitzeinschlag in ein Gebäude, welches Steuer- und Telemetrie-einrichtungen haust: Zum Schutz gegen einen direkten Blitzschlag dienen Erdungsstäbe und ein Blitzableiter (Abb. 1). Der Blitzableiter führt den starken Stromstoß zu den Erdungsab-

schlüssen und leitet die Ladung ab in die Erdmasse. Durch den Stromstoß wird das Bezugspotential des Gebäudes erhöht. Beträgt der Stromstoß z.B. 100kA und die Impedanz R_e des Ableiters und der Erde 10 Ω , dann ist das oberirdische Potential eine Million Volt. Da frei liegende Metallteile im Gebäude an das selbe Bezugspotential gebunden sind und deshalb nur eine geringfügiger Spannungsdifferenz zustande kommt, besteht für das Personal im Gebäude keine große Gefahr.

Der Feld-Meßumformer ist fern vom Steuergebäude auf einem Mast montiert und durch Signalleiter mit der Fernmeßelektronik verbunden. Die meisten Meßumformer weisen eine Isolierung (typisch zu 500V) von der Anlagenerde auf. Diese Isolierung muß jetzt der transienten Spannung zwischen dem neuen Gebäude-Bezugspotential und dem lokalen Erdpotential widerstehen. Obwohl nur das geschützte Gebäude vom Blitzschlag getroffen wurde, werden viele Meßumformer auf diese Weise zerstört.

1.2 Überspannungsbegrenzer

Glücklicherweise lassen sich elektronische Geräte vor den potentiell destruktiven Wirkungen transienter Hochspannungen schützen, und zwar durch Schutzvorrichtungen, die unter verschiedenen Namen bekannt sind (Blitzbarrieren, Überspannungsableiter, Blitzschutzgeräte usw.), meist aber mit *Überspannungsschutzvorrichtung* oder *Überspannungsbegrenzer* (auf Englisch *Surge Protection Device – SPD*) bezeichnet werden. Die letztere Bezeichnung wird in diesem Handbuch verwendet.

Überspannungsbegrenzer haben im Idealfall eine sofortige Wirkung und leiten Stromstöße zu Erde ab, ohne Gleichtakt-Restspannungen an den Geräteklemmen anliegen zu lassen. Nach Abfallen des Stromstoßes stellt sich der Überspannungsbegrenzer auf den Normalbetrieb zurück und ist bereit für den nächsten Stromstoß.

Die Firma Telematic Limited, dessen Produktumfang Modelle für praktisch alle Anwendungen beinhaltet, spezialisiert sich auf das Design und die Herstellung von Überspannungsbegrenzern. Die angewandte Konstruktionstechnik beruht auf Gasentladungsröhren, Spannungsklemmdioden und Metalloxid-Varistoren (MOV), die sich durch kurze Ansprechzeiten, eine akkurate Spannungsbegrenzung und automatische Rückstellung nach Abfall der Überspannung auszeichnen.

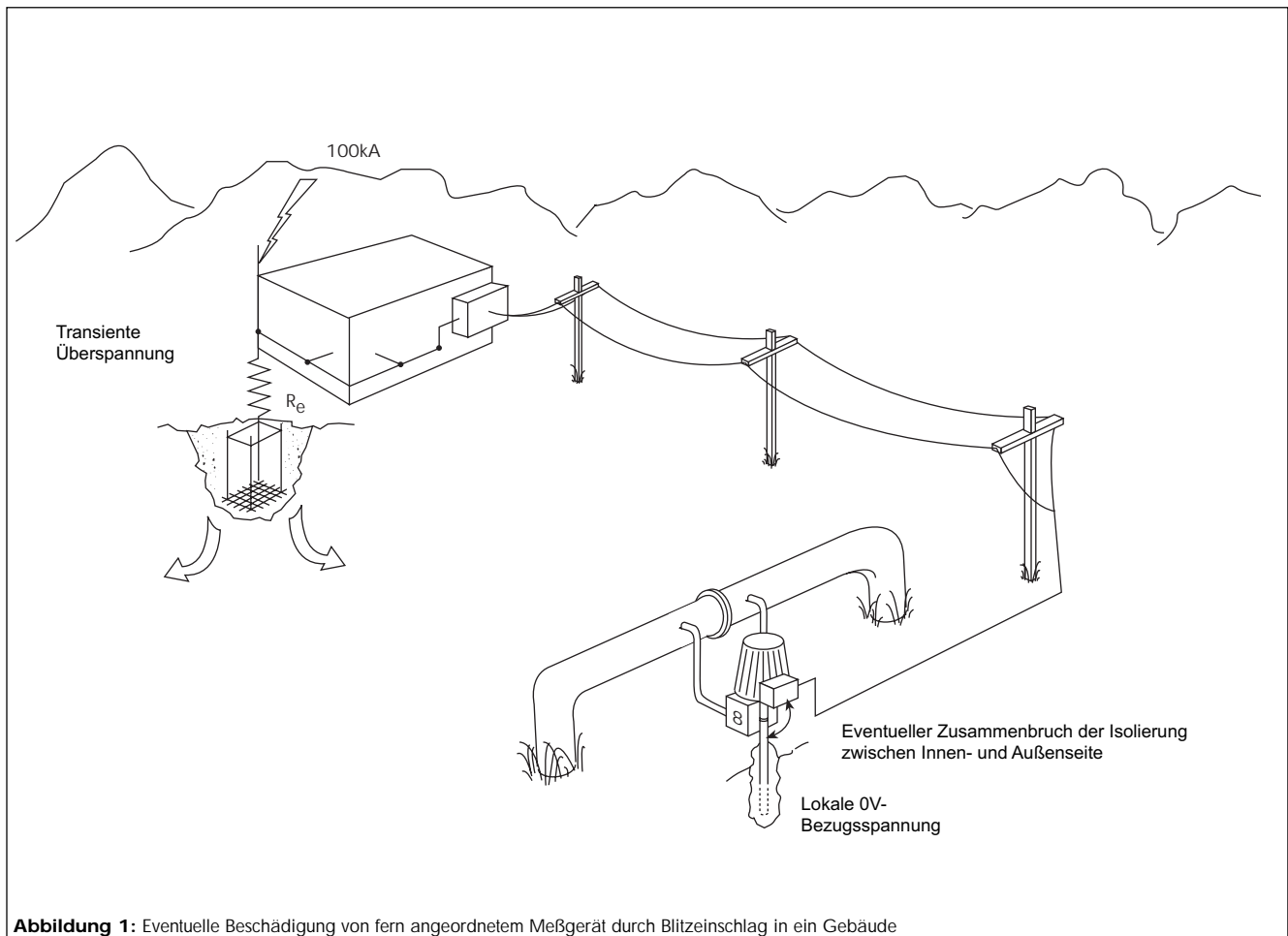


Abbildung 1: Eventuelle Beschädigung von fern angeordnetem Meßgerät durch Blitzeinschlag in ein Gebäude

2 ATMOSPHERISCHE ENTLADUNGEN

2.1 Einführung

In diesem Abschnitt wird beschrieben wie Blitze entstehen und wie die durch atmosphärische Entladungen entstehenden Hochspannungen in Meß- und Kommunikationssysteme gelangen. Auch eine Beschreibung anderer Überspannungsursachen, wie z.B. statische Elektrizität und Induktion durch oder direkter Kontakt mit Energiekabeln ist gegeben.

2.2 Wie entstehen Blitzschläge?

Auf- und Fallwinde kennt jeder von uns, Segelflieger und Ballonfahrer nutzen diese vertikalen Luftströmungen sogar um ihren Flug zu verlängern oder zu einem frühzeitigen Ende zu bringen. Zustände kommen diese Luftbewegungen beispielsweise wenn eine Luftmasse durch eine von der Sonne erwärmte Bodenfläche aufgewärmt wird oder eine Kaltluftmasse sich in einer Wetterfront unter die wärmere Luft drängt. Als die steigende Warmluft allmählich abkühlt bilden sich durch das Kondensieren des in der Luft enthaltenen Wassers Wolken und – in größeren Höhen – Eiskristalle. In Gewitterwolken, die auf diese Weise entstehen ist die Luftgeschwindigkeit wesentlich größer. Die heftige Auf- und Fallluft in der Wolkenmitte führt zu statischen Entladungen, genau wie dies zustande kommt ist bisher noch unbekannt. Abbildung 2 veranschaulicht die Verteilung von Wind, Temperaturen und Eiskristallen bzw. Wassertröpfchen in einer Gewitterwolke. Das Ergebnis dieser Aktivität ist eine Anhäufung positiv geladener Eiskristalle im oberen und negativ geladenen Wassertröpfchen im unteren Wolkenbereich.

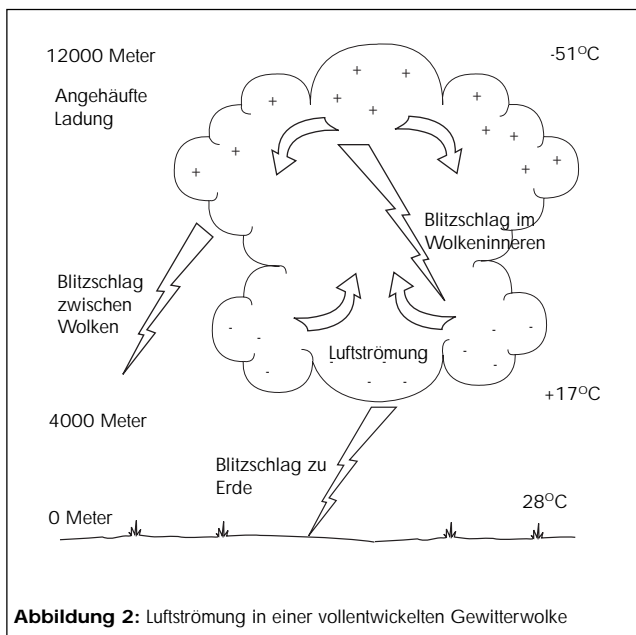


Abbildung 2: Luftströmung in einer vollentwickelten Gewitterwolke

Bei stabilem Schönwetter trägt die Erde eine negative Ladung und die oberen Schichten der Atmosphäre eine entsprechende positive Ladung. Dies ergibt ein positives Feld V von typisch 100V/m . Unmittelbar unter der Ladungsmittel der Gewitterwolke kann das Feld über 20kV/m betragen und diese enorme Feldstärke kann spontane Entladungen von scharfen Objekten, wie z.B. der Spitze einer Radioantenne oder einer Fahnenstange ergeben. Im Prinzip sind solche Objekte Stromleiter, die einen Teil des vertikalen Felds kurzschließen und an deren Spitze sich ein starkes Feld bildet. Auch natürliche Landmarken können lokalisierte Entladungen anregen, besonders in Berglandschaften, wo die Bodenhöhe das Feld weiter intensiviert. Bergsteigern stehen bei Gewittern oft die Haare empor, und sogar Entladungen von den Fingern einer ausgestreckten Hand wurden berichtet. Da diese Entladungen nicht sehr stark sind stellen sie auch keine große Gefahr dar, sie dienen aber als Warnung auf das eventuelle Bevorstehen eines gefährlichen Gewitters.

Eine direkte Messung des Potentials in der Wolkenmitte im Verhältnis zur Erde ist bisher noch nicht möglich – derartige Vorhaben hat bereits mehrere Menschenleben gekostet (von dem Versuch, es Benjamin

Franklin nachzumachen und einen Drachen mit einem Voltmeter in eine Gewitterwolke zu fliegen ist abzuraten) – es wird jedoch auf etwa 10^7 bis 10^8 (10 Mio. bis 100 Mio.) Volt eingeschätzt. Das intensive zwischen den Ladungsmitteln bestehende Feld führt zu einer Ionisierung von Luftmolekülen, somit entsteht ein stromführender Kanal der ein Neutralisieren der Ladung, d.h. also einen Blitzschlag ermöglicht. Die Mehrzahl der Blitzschläge finden innerhalb der Wolke oder zwischen den Wolken eines Gewittersystems statt, nur ca. 15% gehen zu Boden ab. Letztere sind verantwortlich für den Großteil der blitzschlagverursachten Beschädigungen. Aber auch Entladungen zwischen Wolken können Funkstörungen bewirken, die bei örtlichen Gewittern meist als Klick- und Knallgeräusche, bei fernen Unwettern als Pfeif- und Rauschtöne hörbar sind.

Diese Publikation befaßt sich nur mit Entladungen zwischen Wolke und Boden und deren Auswirkung auf kabelverbundene Geräte. Da Gewitter und die damit verbundenen atmosphärischen Entladungen z.Zt. weltweit an der Zunahme sind, empfiehlt es sich, diesem Thema besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Weltweit wurden bei Blitzschlägen Stromstärken von 2000A bis zu über 200kA ermittelt mit einer Anstiegszeit auf Spitzenstrom von weniger als $10\mu\text{s}$. Die Stärkenänderung und Anstiegszeit folgen wie bei vielen Naturereignissen einer typischen Log-Normal-Verteilung. In der Norm BS6651 werden die folgenden Werte genannt:

- 1% aller Blitzschläge übertrifft 200kA
- 10% aller Blitzschläge übertrifft 80kA
- 50% aller Blitzschläge übertrifft 28kA
- 90% aller Blitzschläge übertrifft 8kA
- 99% aller Blitzschläge übertrifft 3kA

Bei Blitzen handelt es sich selten um bloß eine einzige Entladung: so erscheint es nur dem Menschenauge, das mehrere Schläge als einen einzigen Lichtstrahl deutet. Der Prozeß beginnt mit einer abgestuften Vorentladung, die durch lokalisierte atmosphärische Ladungen zu Boden stößt. Dies gibt dem Blitz seine charakteristische verzweigte Form. In Bodennähe sind örtliche Ladungen meist am stärksten vorhanden in der Nähe von Erhebungen, wie etwa Mästen, Türmen und Bäumen. Oft stößt eine örtliche Entladung von solchen Objekten dem herabstoßenden Blitz entgegen und vervollständigt somit den ionisierten Kanal zwischen Wolke und Erde, der einen Spannungsausgleich durch den Hauptstrom oder Rückstoß gewährleistet. Gewitterwolken weisen meist eine positive Ladung oben und eine negative Ladung unten auf, und diese Ladungen induzieren eine positive Ladung auf der Erdoberfläche. Die negative Ladung bewegt sich also in Richtung Boden und wird durch die positive Ladung der Erde neutralisiert. Der daraus entstehende Strom fließt demnach aufwärts, und dieser anfängliche Rückstoß weist meist die größte Stromstärke der aufeinanderfolgenden Schläge auf. Die Heizwirkung dieses Stroms auf die Atmosphäre verursacht die explosionsartige Expansion der Luft die als Donner wahrzunehmen ist.

Der anfängliche Abwärtsstoß und der Hauptrückstoß wird meist in schneller Folge von weiteren Stößen gefolgt – bis zu 42 einzelne Stöße wurden bei einer einzigen Entladung festgestellt. Der Zeitabstand zwischen Stößen beträgt nur wenige Millisekunden, jeder Stoß folgt dabei der ursprünglichen Bahn, es sei den, der Kanal wird z.B. durch starke Winde verschoben.

Etwa 95% aller Bodenschläge sind negativ im Verhältnis zur Erde. Positive Schläge deuten meist auf das Ende der aktiven Lebensdauer einer Gewitterwolke hin – ein einziger, äußerst starker Schlag kann die gesamte Wolke entladen.

2.3 Blitzableiter und Gebäude

Benjamin Franklin war es, der die Idee hatte, Gebäude und andere Strukturen durch Schutzleiter vor der Auswirkung von Blitzschlägen zu schützen. Die Blitzableiterstäbe die oben an geschützten Strukturen sichtbar sind stellen bloß den Anfang eines Netzwerks stromleitender Pfade zu den Erdelektroden dar. Das System von Fangeinrichtungen, Kupferbändern und Erdelektroden bietet dem Blitzstrom einen widerstandsarmen Pfad zu Erde und leitet den Strom somit ab von der Gebäudestruktur. Bei modernen Stahlbeton- und Stahlskelettbauten bilden oft die Stahlkomponenten selber den Blitzableiterpfad. Auch andere strukturelle Metallkomponenten können einen Bestandteil des Schutznetzwerks bilden oder als Fangeinrichtungen dienen (z.B. Fensterputzwagenschienen).

Nationale Normen bieten weltweit Richtlinien zum Schutz von Gebäuden vor Blitzschlägen, so z.B. BS6651:1985 (GB), NFPA78 (USA), AS1768-1983 (Australien). Auch von Schutzgeräteherstellern sind Publikationen über die Integration ihrer Produkte in Bauten erhältlich. Dabei sollte nicht vergessen werden, daß neben dem strukturellen Gebäudeschutz auch die elektronischen und Telemetrie-einrichtungen im Gebäude geschützt werden müssen. Obgleich sich dieses Dokument vorwiegend mit dem Geräteschutz befaßt, werden in diesem Abschnitt auch bestimmte Aspekte des Schutzes der Gebäudestruktur behandelt.

Eine kurze Beschreibung der Funktionsweise von Blitzableitern illustriert die hohen bei einem Blitzeinschlag entstehenden Spannungen und veranschaulicht das Risiko von Nebenstößen durch die Gebäudestruktur in ungeschützte Metallbauteile und Kabelstränge.

Da Blitzstöße und -spannungen nur eine sehr kurze Zeit anhalten, fließt der Strom größtenteils durch die Außenschicht des Leiters, dessen Querschnittsfläche deshalb im Vergleich zu seiner Oberflächengröße relativ unbedeutend ist. Aus diesem Grund werden als Ableiter flache Bandkabel bevorzugt, welche darüber hinaus in architektonischer Hinsicht als formschöner betrachtet werden und sich leichter und unauffälliger um die Gebäudekonturen ziehen lassen.

Das Gebäude in Abbildung 3 verfügt über einen senkrechten Blitzableiter **AB** von 10m Länge mit der Induktivität **L** und unwesentlichem Widerstand im Vergleich zum Erdwiderstand **Re** (z.B. 10Ω). Schlägt ein Blitz mit Stromstärke **i** in den Ableiter ein, dann beträgt die Spannung bei **A** im Verhältnis zur Erde **Va**.

$$V_a = iR + L \frac{di}{dt}$$

Die Induktivität der meisten Ableiter liegt im Bereich 1,5µH/m. Für Konstruktionszwecke wird in der britischen Norm BS6651 vorgeschlagen, daß ein Blitzstromstoß bei 200kA angenommen wird mit einer Anstiegsflanke von 200kA/µs. Die Spitzenspannung am oberen Ende des Blitzableiters ist ca. 5 x 10⁶V und die Spannung unten am Ableiter im Bereich 2 x 10⁶V (die Erde hat eine komplexe Impedanz, dessen Form derart veränderlich und unberechenbar ist, daß sie meist nicht in Betracht gezogen wird). Die auf diese Weise entlang des Ableiters erzeugte Spannung ist hoch genug um auf geerdete Metallteile im Gebäude überzuschlagen (s. Abb. 3). Überschläge dieser Art können z.B. zu den im Stahlbeton eingelassenen Stahlsträngen oder durch das Ziegelwerk zu Wasserleitungen usw. stattfinden und haben meist eine

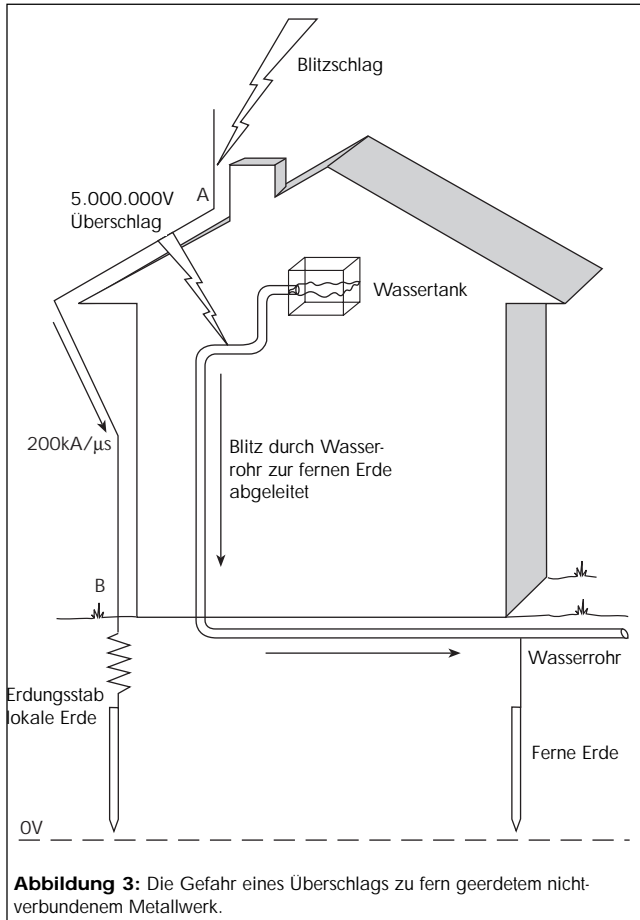


Abbildung 3: Die Gefahr eines Überschlages zu fern geerdetem nicht-verbundenem Metallwerk.

schädliche Wirkung auf die Gebäudestruktur oder -einrichtungen. Alle Metallteile die sich innerhalb der Überschlagentfernung befinden (BS6651 schreibt 2m vom Ableiter vor) müssen an den Ableiter gebunden sein, um einen Potentialausgleichspfad zu gewährleisten. In modernen Gebäuden werden oft das Stahlskelett oder die Stahlverstärkungen als Ableiter genutzt. Diese Bauteile werden dazu bei der Errichtung aneinander gebunden, was jedoch die Gefahr von Überschlägen zu den später installierten Verbindungskabeln elektrischer Einrichtungen mit sich trägt.

Blitzschlaginduzierte transiente Hochenergie entsteht in erster Linie durch die Verschiebung des lokalen Erdpotentials im Verhältnis zum fernen Erdpotential durch das Anlegen eines Hochstroms durch eine begrenzte Impedanz. Im Idealfall würde ein Prozeßwerk aus einer gut gebundenen äquipotentialen Ebene bestehen, die an einem Punkt mit Erde verbunden ist. Ein Blitz, der in den einzigen Blitzableiterturm einschlägt wird direkt senkrecht in die Erdmasse abgeleitet, somit entsteht kein Potentialunterschied im Werk. (Das mit der fernen Erde referenzierte Potential ändert sich deutlich, da Stromfluß aber durch Potentialunterschied, nicht bloß Potential ausgelöst wird, ist dies unbedeutend.)

In der Praxis verfügt ein Werk über mehrere Erdverbindungen durch Werkstransformatoren und mit jeder hohen Struktur assoziierten Matten. Ein Anteil des Blitzstroms fließt deshalb waagrecht durch die Strukturverbindungen, Rohrleitungen, Kabelschalen usw. Sogar dieser Strom ist annehmbar, sofern das Werk gut verbunden ist, da über die zahlreichen parallel verlaufenden Verbindungen kein erheblicher Potentialunterschied entstehen kann. Sobald ein Kabel allerdings den Standort verläßt, kommt die transiente Spannung zwischen der lokalen und der fernen Erde im Kabel und dem Erdungspunkt der fernen Schaltung zum Vorschein. Da Meßanlagen in verschiedenen Werksbereichen oft untereinander verbunden oder über große Flächen verteilt sind, werden die Systemkabel anfällig zu diesem Potentialunterschied. Meßgeräte werden mit Absicht nicht an verschiedenen Stellen geerdet, die transienten Spannungen sind aber oft zu groß für die Isolierung zwischen Leiterplatte und Gehäuse und anderen Schwachstellen und können deshalb Stromstöße verursachen.

2.4 Blitzschlaginduzierte Strom- und Spannungsstöße

Die enorme Energieübertragung eines Blitzschlags verursacht auf verschiedene Weisen Strom- und Spannungsstöße in elektrischen Systemen, z.B. HF-Störungen, induzierte Spannungen durch magnetische oder kapazitive Kopplung und Stromstöße durch örtliche Verschiebungen des Erdpotentials. Vom Gesichtspunkt der Prozeß-Meßeinrichtungen steigen HF-Störungen nur selten über den Problempiegel an. Energieversorgungsunternehmen vermessen die Ausbreitung von Blitzschlägen oft über große Flächen anhand der extrem niedrigen Frequenzanteile dieser Ausstrahlung. Zusammen mit Berichten von Stromausfällen wird diese Information zur Aufstellung von Reparaturmannschaften in den wahrscheinlichsten Störgebieten verwendet um Stromausfallzeiten auf einem Mindestmaß zu halten.

Eine meßbare Induktionswirkung findet nur statt wenn der Blitzstrom in der Nähe von Signalleitungen vorhanden ist. Signalleiter sind allgemein zur Minderung von HF-Störungen und allgemeinem Geräusch abgeschirmt. Um Spannungen auf Werte zu begrenzen, die keine Meßfehler usw. erzeugen, werden meist verdrehte Doppelleitungen verwendet. Gegen Gleichtaktspannungen die Komponenten in empfindlichen Systemen beschädigen können kann mit dieser Maßnahme allerdings nicht vorgebeugt werden.

2.5 Spezifikationen für Strom- und Spannungsstöße

Zur Aufstellung eines Schutzkonzepts ist die Definition der Beschaffenheit einer Gefahr von grundlegender Bedeutung. Das es sich bei Blitzschlägen um ein natürliches Phänomen handelt ist es nicht einfach, eine solche Definition zu erstellen. Statistisch gesehen überschreiten wenige Blitze eine Stromstärke von 200kA und eine Anstiegsflanke von 200kA/µs, deshalb werden diese Werte oft als Richtwert für das Design von Gebäudeschutznetzen herangezogen. Die Kosten von MSR-Fernmeß- und Telekommunikationsanlagen wären aber untragbar, wenn sie einen Schutz gegen direkte Blitzeinschläge aufweisen müßten. In der Praxis sind Schutzmaßnahmen deshalb begrenzt auf das Verhindern von Beschädigungen wie sie durch blitzschlaginduzierte Potentialunterschiede verursacht werden.

Bei der Wahl einer geeigneten Schutzmethode ist deshalb eine Kosten-/ Risiko-Analyse erforderlich. Studien von der CCITT (Zwischenstaatlicher beratender Ausschuß für den Telegraf- und Fernsprechdienst) und des amerikanischen IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) haben erwiesen, daß Blitzstöße in Telefonanlagen im Normalfall nur wenige kV und an den Netzknoten selten mehr als 1kA betragen. An den Teilnehmerstandorten allerdings können die Stromstöße höhere Werte aufweisen: An den Enden von Telemetrieleitungen können zwischen lokaler und ferner Erde Stromstöße bis zu 5kA vorkommen, wobei die lange Leitung den steilen anfänglichen Impuls abflacht und die Abfallzeit verlängert.

Zur Prüfung von Schutznetzen und der Ermittlung von Vergleichsdaten wurden im Laufe der Jahre verschiedenste Wellenformen vorgeschlagen. Sie alle werden durch ihre Amplitude und Wellenform definiert und beziehen sich auf Strom (normalerweise im Zusammenhang mit Kurzschlüssen) oder Spannung (assoziiert mit offenen Schaltkreisen). Die Wellen bestehen meist aus zweifach exponentiellen Anstiegs- und Abfallformen in zwei aufeinanderfolgenden Zeitspannen: die Anstiegszeit auf den Spitzenwert zum einen und die Abfallzeit auf 50% des Spitzenwerts zum anderen. In der Norm IEC 60-2 ist eine spezifische Methode zur Ermittlung der Anstiege, Gefälle, usw. beschrieben, die sich für Hersteller von Prüfgeräten eignet. Die Spezifikationen von Meßgeräteschutzkreisen sind fast ausschließlich mit Bezug auf 8/20µs-Stromimpulse von typisch 3kA definiert. Eine alternative Wellenform von Amplitude 1kV und Dauer 10...1000µs wird oft verwendet, um Isoliervermögen zu prüfen. In Europa wird oft ein strengere Test nach IEC 664 eingesetzt, und noch strengere Kriterien kommen bei manchen Militäranwendungen, wie z.B. für nukleare elektromagnetische Impulse (NEMP) zum Einsatz – typisch ein Rechteckwellenimpuls von 10kV mit einer Anstiegsflanke von 1kV/ns und einer Dauer von 15µs, z.B. DEF Std. 0755 EMP Test E1. Die Überspannungsbegrenzer von Telematic werden bei einem Spannungsstoß von 8/20µs geprüft. Typische Wellenformen nach ANSI C62.41 (früher IEEE 587) sind in Abbildung 4 dargestellt.

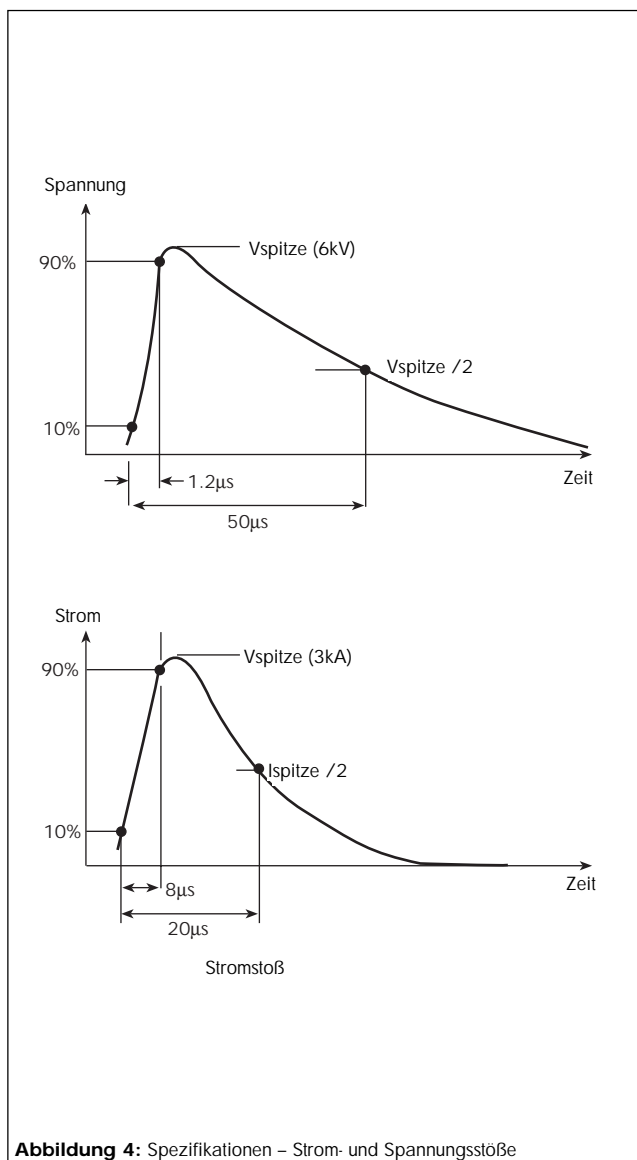


Abbildung 4: Spezifikationen – Strom- und Spannungsstöße

Vom Blickpunkt des Benutzers sei aber zu beachten, daß der Widerstand des Überspannungsbegrenzers bei einer Prüfung weniger bedeutungsvoll ist als die *Grenzspannung* (d.h. die während dem transienten Zustand vom Überspannungsbegrenzer angelegte Restspannung; auch *Durchlaßspannung* genannt). Diese Grenzspannung sollte unter der Spannung liegen, bei der ein Geräteschaden zustande kommt. In den technischen Daten des Überspannungsbegrenzers sollte u.a. auch die Grenzspannung bei bestimmten Prüfbedingungen oder eine andere Angabe der wahren Leistung angegeben sein.

3 ÜBERSpannungSSchutz-KOMPONENTEN

3.1 Einführung

Die bei einem Blitzeinschlag zustande kommenden Spannungen und Stromstärken bedeuten, daß der Schutz von Geräten und Kabeln gegen einen direkten Schlag kaum realistisch ist. Induzierte Spannungen und Stromstöße können allerdings bei der Konstruktion von Geräten und Systemen berücksichtigt werden. Da nicht alle Schaltungen im gleichen Maße der Wahrscheinlichkeit eines Stoßes ausgesetzt sind, ist es möglich, zwischen den zu schützenden Geräten und Systemen und externen Geräusch- und Überspannungsquellen zusätzliche Schutzkomponenten anzuordnen.

Mehrere Komponenten sind erhältlich die zum Schutz empfindlicher Bauteile vor übermäßiger Energie eingesetzt werden können. Sie funktionieren indem sie Stöße zu Erde ableiten oder Signalleitungen trennen. Diese Geräte müssen schnell ansprechen, große Stromstärken kurzfristig leiten können, dabei die Spannung an bzw. den Strom durch die zu schützenden Geräte auf einen Wert zu begrenzen der keinen Geräteschaden verursachen kann. Sollen Betriebsunterbrechungen vermieden werden, sind wartungsfreie und automatisch rückstellende Schutzgeräte vorteilhaft. Verschiedene Komponententypen sind in Abschnitten 3.2 bis 2.9 beschrieben und praktische Schutzvorrichtungen auf Basis der nützlichsten dieser Komponenten werden in Teil 4 erläutert.

3.2 Luft- und Kohle-Funkenstrecken

Luft-Funkenstrecken werden allgemein zwischen Leitung und Erde eingeschaltet, an Stellen wo ein Hochspannungsstoß zu Erde überschlagen kann. Das Ausmaß des gebotenen Schutzes hängt ab von der Luftspaltbreite, wird aber auch von Umgebungsbedingungen, wie etwa der Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Diese Komponenten sind zwar billig, ihr Isolierwiderstand kann aber nach mehreren Schaltspielen abnehmen, weshalb eventuell ein häufiges Auswechseln erforderlich ist.

Kohle-Funkenstrecken arbeiten auf ähnliche Weise, dabei können die Kohleelektroden aber durch hohe Stromstärken verdampft werden, was bei der Rückstellung eine höhere Auslösespannung oder einen hohen Widerstand zu Erde zur Folge hat.

Für moderne Überspannungsbegrenzer sind diese Komponenten unpraktisch und werden deshalb auch nicht verwendet.

3.3 Gasentladungsröhren

Gasentladungsröhren überwinden einige der Nachteile von Luft- und Kohle-Funkenstrecken durch hermetische Abdichtung der Funkenstrecke. Die luftdichte Kapselung verhindert das Einwirken von Umgebungsbedingungen auf die Funktionseigenschaften und – da die Durchbruchspannung im Verhältnis zum Gasdruck, dem Abstand der Elektroden und der verwendeten Materialien steht – gewährleistet sie eine strenge Kontrolle der Funktionseigenschaften des Geräts. Der Elektrodenabstand bei Niederspannungsschutzgeräten liegt allgemein bei ca. 1 mm, und die keramische Röhre ist typisch bei einem Druck von etwa 0,1 Bar mit einem Argon/Wasserstoff-Gemisch gefüllt.

Diese Bauteile sind mit Durchbruchspannungen von 90Vdc und darüber sowie für verschiedene Stromwerte von über 5kA erhältlich. Aufgrund der begrenzten Laufzeit ionisierter Partikel zwischen den Elektroden ist die Durchbruchspannung bei Impulsen mit schnellen Anstiegszeiten höher als der DC-Nennwert. Zum Beispiel, bei einer typischen Röhre mit Nenn-Durchbruchspannung 200Vdc tritt der Schlag bei Anlegen eines Impulses von 1kV/µs bei etwa 900V ein. Allgemein steht die Schlagspannung im Verhältnis zur Quadratwurzel von dV/dt, der Schlag tritt innerhalb von 0,5µs ein.

Nach dem Durchbruch fließt Strom zwischen den Elektroden und bei Stromstärken bis zu 1A befindet sich die Röhre im „Glühbereich“ bei einer Röhrenspannung zwischen 75 und 150V. Über 1A wechselt die Entladung zu einem wahren ionisierten Plasmabogen und der Strom kann bei nur 10 bis 30V mehrere tausend Ampere betragen, vorausgesetzt, daß die Stromquelle derartige Stromstärken liefert. Nach Abfall des Stromstoßes fällt auch die Stromstärke zwischen den Elektroden und die Röhre kehrt in den Glühbereich und dann in den nichtleitenden Zustand zurück. Es ist möglich, daß eine Gleichstromquelle mit hoher Kapazität die Röhre durch eine anhaltende Stromabgabe im Glühzustand hält. In der Praxis begrenzt die Ausgangsimpedanz der

Stromversorgung und andere Leitungsimpedanzen die Stromstärke aber auf einen Wert bei dem eine Rückstellung der Röhre eintritt. Bei hochohmigen Anwendungen mit mehreren Schaltungen und niedrigem Verkehrswiderstand empfiehlt es sich, jede Schaltung mit einer eigenen Sicherung zu versehen um einen gleichzeitigen Ausfall aller Schaltungen zu verhindern.

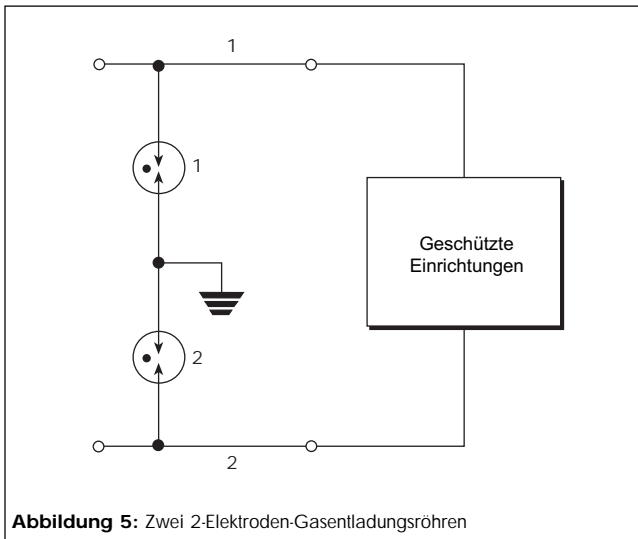


Abbildung 5: Zwei 2-Elektroden-Gasentladungsröhren

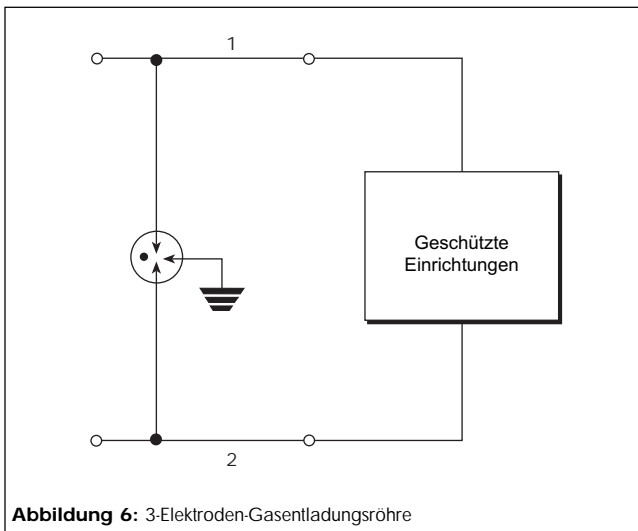


Abbildung 6: 3-Elektroden-Gasentladungsröhre

Anmerkung: Um ein Rückstellen der Röhre zu gewährleisten, muß die Dioden-Klemmspannung unter der durch das ionisierte Plasma erzeugten Spannung liegen.

Es sind Röhren mit zwei und drei Elektroden erhältlich, letztere werden für den Schutz von Kettenmaßsystemen eingesetzt. Werden zum Schutz eines Zweileiter-Signalsystems zwei Gasentladungsröhren mit je zwei Elektroden genutzt, zündet das eine im Normalfall vor dem anderen. In der kurzen Zeit zwischen den zwei Zündungen liegt der eine Draht nahe am Erdpotential und der andere weist eine hohe Spannung auf. Dies kann Geräteschäden verursachen und um dem vorzubeugen werden Hybridschaltungen eingesetzt.

Eine 3-Elektroden-Röhre (Abb. 6) ist besser geeignet für den Schutz von Zweileiterkabeln. Sobald einer der Elektroden Strom führt wird das Gas in der Röhre ionisiert und alle Elektroden an Erde geschaltet. Nur eine Verzögerung findet vor der Stromführung statt, der spätere Stoß in Draht 2 wird direkt und ohne weitere Verzögerung zu Erde geleitet. Es kann somit kein transienter Überstrom durch die geschützten Geräte fließen.

Ein mit Gasentladungsröhren verbundenes Problem ist deren allmähliches „Ausbrennen“ bei versehentlichem Anlegen einer anhaltenden Energie. Aus diesem Grund werden Gasentladungsröhren nur in Niederspannungsschaltungen eingesetzt. Ein weiteres Problem können Spannungsüberschwingungen darstellen, da die Lichtbogenerzeugung wie bereits erwähnt deutlich länger dauert als die Stoßanstiegszeit. Eine 150V-Gasentladungsröhre zum Beispiel schlägt bei einem langsamen.

Spannungsanstieg bei 150V ($\pm 20\%$) durch, läßt aber bei einem typischen 1kV/ μ s-Impuls vor dem Durchbruch bis zu 500 oder sogar 700V zu.

Gasentladungsröhren wird aufgrund der allmählichen Degradierung des Röhrenunterdrucks allgemein eine Lebensdauer von 20 Jahren zugerechnet.

3.4 Zenerdioden

Halbleitervorrichtungen wie etwa Zenerdioden sprechen schnell an, sind für verschiedenste Spannungen erhältlich und bieten eine akkurate, wiederholbare Spannungsbegrenzung. Ihr Nachteil ist eine begrenzte Stoßstromfestigkeit, die in Standard-Zenerdioden zu gering ist um Störimpulse zu ertragen. Es gibt allerdings modifizierte „Überspannungsschutz“-Dioden, die Impulse von unter 1 μ s im Kilowattbereich aushalten. Die erhöhte Eingangsleistung wird dabei gewährleistet durch einen breiteren Übergang, welche eine Senkung der Stromdichte im Chip bewirkt. Da Überspannungsschutzdioden mit einer Stoßfestigkeit von mehreren kW eher groß und teuer sein können, werden sie nur selten eingesetzt. Darüber hinaus verursacht der große Übergang eine nicht unbeträchtliche Kapazität, welche die Bandbreite beeinträchtigen kann, wenn dies beim Schleifendesign nicht berücksichtigt wird.

3.5 Metalloxid-Varistoren

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände, d.h. das Verhältnis zwischen der angelegten Spannung und der resultierenden Stromstärke ist nicht linear. Die Eigenschaften der drei allgemein gebräuchlichen Unterdrückungskomponenten und der Unterschied zwischen der „festen“ Begrenzungsfunktion einer Zenerdiode und der „weichen“ Begrenzungsfunktion eines Varistors sind in Abbildung 7 dargestellt. Varistoren bestehen aus Metalloxid-Partikeln (meistens Zink), sie werden deshalb allgemein mit *Metalloxid-Varistor (MOV)* bezeichnet. Die Zinkoxid-Partikeln sind so zusammengepreßt, daß die Kontakte zwischen den einzelnen Partikeln praktisch als Halbleiterübergänge wirken. Die zahlreichen Partikeln ahmen also ebenso zahlreiche Dioden dar: Je größer die am MOV angelegte Spannung, desto größer wird die Anzahl der stromführenden Übergänge, übermäßiger Strom wird dabei durch die Komponente abgeleitet und Energie wird durch die Masse des MOV absorbiert.

Da die Widerstandswirkung eine Eigenschaft des Gesamt-Materialgehalts der Komponente und nicht bloß der Halbleiter-Übergangsfläche ist, ist die relative Leistungsfähigkeit des Varistors wesentlich höher als die einer Überspannungsschutzdiode mit modifizierten Übergängen. Die vielen Übergänge in einem MOV ergeben allerdings einen wesentlich höheren Leckstrom bei niedrigen Spannungen (typisch 0,1mA bei kleinen Geräten mit einer Spannungsaufnahme von 500A bei einem 8...20 μ s-Impuls und einem Eingangsenergie-Ableitvermögen von wenigen Joule), moderne Komponenten weisen jedoch meist eine wesentlich bessere Leistung auf.

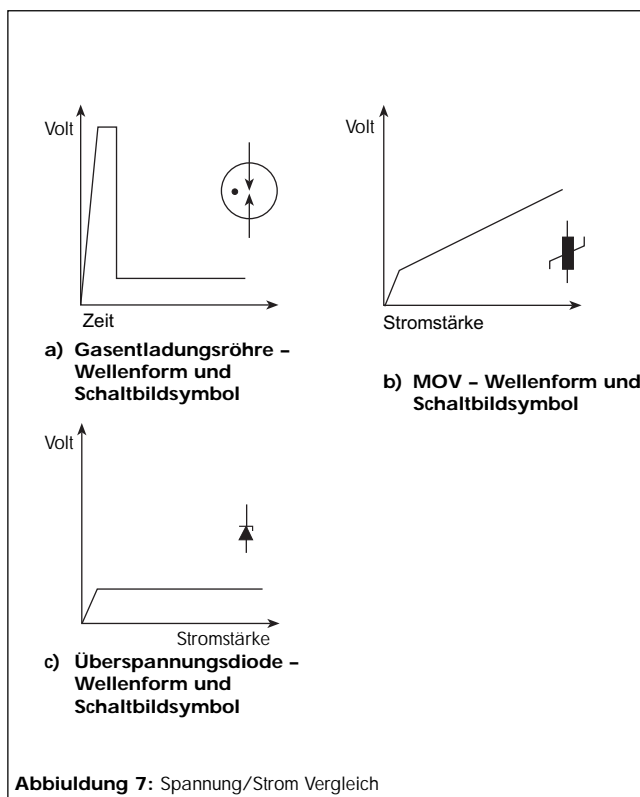
Da die Ansprechzeit eines Varistors eben so kurz ist wie die einer Zenerdiode, werden sie vorwiegend zum Schutz von Wechselstromlasten eingesetzt, wo eine einfache Konstruktion von Netzen für Ein- und Dreiphasen-Stromversorgungen möglich ist. Aufgrund ihrer „weichen“ Begrenzungseigenschaften und dem hohen Leckstrom bei Nennspannung (und der Tendenz einer Verschlechterung beider Eigenschaften bei Temperaturänderungen und wiederholten Impulsableitungen) werden MOV nur selten für den akkuraten, wiederholbaren Schutz von Meß- und Kommunikationseinrichtungen verwendet.

Es wird allgemein angenommen, daß die Funktionsfähigkeit von MOV bei wiederholten Hochstromimpulsen abnimmt, indem sich die Betriebsspannung reduziert und der Leckstrom ansteigt. Die Betriebsspannung fällt allmählich unter den normalen Versorgungs-Spitzenwert ab und im Varistor tritt thermischer Runaway ein; der Varistor wird dann überhitzt, wodurch ein Kurzschluß zustande kommt. Aus diesem Grund werden Varistoren in manchen Netzstrom-Unterdrückungsnetzen redundant, d.h. parallel angeordnet. Meist werden auch eine Trennfunktion für den versagten Varistor und eine Fehleranzeige bereitgestellt, so daß der defekte Teil vor Versagen des zweiten Varistors ausgewechselt oder repariert werden kann.

Dieser eher negative Ausblick von versagenden Varistoren manifestiert sich allerdings nicht in der Praxis. Es wurde nachgewiesen, daß eine Verschlechterung nur über einem bestimmten Impuls-Schwellwert eintritt. Die für die meisten proprietären Thermistoren angegebenen Impuls-Nennwerte sind konservativ: wiederholte Impulse unter diesem Nennwert verursachen keine Verschlechterung. Ein Varistor mit einer Aufnahmefähigkeit von 6,5kA z.B. kann typisch 400 Stöße von 4,3kA aufnehmen ohne zu versagen. In der Praxis bieten Varistoren mit konservativen Nennwerten eine zuverlässige Unterdrückung bei einem akzeptablen mittleren Ausfallabstand. Es sei allerdings zu beachten, daß Varistoren versagen können, wenn sie Stromstößen über dem angegebenen Wert ausgesetzt werden.

Das Versagen von Überspannungsbegrenzern in Netzstromsystemen hat seine Ursache vorwiegend in einem längerfristigen unerkannten Netzspannungsanstieg. In diesem Fall kann die Spitzenspannung mehrere Minutenlang eine wiederholte Stromführung durch den Überspannungsbegrenzer zur Folge haben. Die sich daraus ergebende Ableitung verursacht ein Überhitzen der spannungsstoßbegrenzenden Elemente und somit ein Versagen des Geräts. Längere (> 10s) Überspannungen stellen bei vielen schlecht geregelten Stromversorgungen ein Problem dar. Fast alle durch einen Notstromgenerator unterstützten oder von einem solchen abgeleitete Versorgungen unterliegen solchen Überspannungen. Auch an durch lange Kabel gespeisten Standorten entstehen bei größeren Lastabnahmen oft unvorhersehbar hohe Spannungen. Deshalb ist es wichtig, bei der Wahl eines Überspannungsbegrenzers sicherzustellen, daß die maximale Nenn-Dauerspannung über dem maximalen bei längeren Spannungsstößen erwarteten Spannungswert liegt. Der Überspannungsbegrenzer des Typs Telematic SD275X z.B. ist für den Gebrauch bei einer Nenn-Versorgungsspannung von 240V und einer maximalen Nenn-Dauerspannung von 275V konstruiert. Liegt die Versorgungsspannung länger (im Zehntelsekundenbereich) über 275V, so wird der Überspannungsbegrenzer über seinem vorgesehenen Spannungswert verwendet und kann eventuell versagen. Bei Einsatz eines Notstromgenerators muß der Regler deshalb in der Lage sein, die Ausgangsspannung immer unter 275V zu halten. Man darf nicht vergessen, daß ein Versagen dieser Art bei allen Nebenschlußreglern entstehen kann, nicht nur beim MOV. Mit MOV wird es nur deshalb in Verbindung gebracht, da diese Überspannungsschutzkomponenten am häufigsten in Wechselstromversorgungen zum Einsatz kommen.

Bei ihrer Verwendung mit Versorgungen bei denen der Neutralleiter nicht mit dem Erdleiter verbunden ist muß sichergestellt werden, daß die maximale am Überspannungsbegrenzer angelegte Dauerspannung zwischen Phase und Erde auch bei Fehlerzuständen nicht längere Zeit überschritten wird.



3.6 Sicherungen

Sicherungen finden wirkungsvollen Einsatz zum Überspannungsschutz von Geräten. Da ihre Funktion aber auf das Schmelzen eines dünnen Drahtabschnitts ankommt, weisen sie eine recht lange Ansprechzeit auf, und das läßt dem durchgelassenen Strom genügend Zeit um empfindliche Elektronikteile zu beschädigen. Ein weiterer Nachteil von Sicherungen ist, daß sie nur einmal verwendet werden können: um die Durchgängigkeit wieder herzustellen muß die Sicherung ausgewechselt werden.

3.7 Überspannungsrelais

Überspannungsrelais trennen die Signalleitungen bei Eintreten eines Stromstoßes und dienen somit dem Schutz der dazugehörigen Einrichtungen. Moderne Konstruktionen eignen sich für hohe Energiewerte und weisen eine gute Stabilität und Empfindlichkeit im Betrieb auf. Ihr größter Nachteil ist eine lange Ansprechzeit: die Bewegung der Relaiskontakte und der nachfolgende Überschlag dauern Millisekunden bevor der Strom unterbrochen wird. Da die meisten Blitzstöße weniger als 100µs dauern sind Überspannungsrelais demnach zu langsam. Auch sind die Relais instandhaltungsbedürftig: die Kontakte müssen gereinigt und ein Kaltverschweißen der Kontakte verhindert werden – letzteres kann eine Leitungsunterbrechung bei Störimpulsen verhindern. Ein durch das Arbeitsspiel des Relais verursachtes Kontaktprellen kann darüber hinaus in Datenleitungen zu Problemen führen wenn die Prellfolgen versehentlich als valide Daten interpretiert werden.

Überspannungsrelais werden in erster Linie zum Trennen von durch Defekte im Energiesystem verursachten längerfristigen Energiestößen eingesetzt.

3.8 Leistungsschalter

Leistungsschalter sind normalerweise für Energiesysteme gedacht. Obgleich ihre Nennleistung auf einen beliebigen Wert erhöht werden kann, sind sie aufgrund ihrer langen Ansprechzeit (von mehreren Millisekunden) nicht geeignet für den Schutz gegen kurze Störimpulse.

3.9 Mehrfach-Hybridschaltungen

Um die bestmögliche Kombination erwünschter Eigenschaften zu erzielen, ist es allgemein notwendig, mehrere verschiedene Schutzkomponenten einzusetzen. Die üblichste Kombination aus der eine Hybridschaltung besteht sind eine Komponente mit einer relativ hohen Stromaufnahme und einer langen Ansprechzeit und ein schneller ansprechender Bauteil mit einer niedrigeren Nennleistung. Die Teile sind so angeordnet, daß sie die Spannungs- und Stromabgabe auf ein Mindestmaß reduzieren. Bei der Konstruktion einer derartigen Schaltung sollte man auch die eventuellen Konsequenzen von Störimpulsen berücksichtigen, deren Höhe unter dem Auslösewert der Komponente mit der höheren Nennleistung liegt, aber über dem Energiewert bei dem die Komponente mit der niedrigeren Stoßfestigkeit beschädigt wird. Die Leistung der grundsätzlichen Schutzkomponenten ist in Tabelle 1 zusammengefaßt.

4 ÜBERSpannungsbegrenzer

4.1 Einführung

Die in Abschnitt 3 beschriebenen Komponenten können alle zur Herstellung von Überspannungsbegrenzern für verschiedenste Anwendungen eingesetzt werden. Diese Publikation befaßt sich im Grunde mit dem Schutz von elektronischen Betriebsmitteln und Kommunikationseinrichtungen; auf die Verwendung von Blitzableitern für den Schutz von Gebäuden und anderen Strukturen wird hier nicht näher eingegangen. Die zutreffenden britischen Errichtungsbestimmungen sind in BS6651:1992 erläutert. Diese Norm ist vom British Standards Institute erhältlich und enthält eine Fülle von Informationen und Empfehlungen für das Design und die Installation von Schutzsystemen für Gebäude sowie Einzelheiten über Überspannungsbegrenzer in Anhang C.

In diesem Abschnitt werden mehrere Überspannungsbegrenzer von Telematic beschrieben, in denen die in Abschnitt 3 beschriebenen Mehrfach-Hybridschaltungen und andere im Laufe der Jahre für verschiedene Anwendungszwecke entwickelte Netzwerke zum Einsatz kommen. Siehe Abschnitt 5 für detaillierte Angaben zur Anwendung der Bausteine.

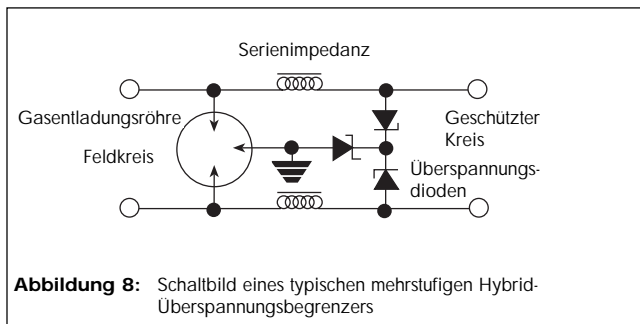
4.2 Grundsätzliche mehrstufige Hybridschaltungen

In diesem Schaltungstyp werden die besten Eigenschaften einzelner Komponenten verbunden, um deren Nachteile zu überwinden. Eine typische Schaltung ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Telematic-Überspannungsbegrenzer für Signalleitungsanwendungen (z.B. Meßgeräte, Computernetzwerke und Telemetrie) beruhen auf Hochspannungs-, Hochstrom-Gasentladungsröhren für Hochenergieanwendungen und Niederspannungs-, Niederstrom-Überspannungsdioden für eine akkurate, schnelle Spannungsregelung. Die beiden Komponenten werden durch eine funktionsgemäß ausgewählte Serienimpedanz getrennt. In der Praxis, wenn ein längerer Stoß unter dem an der Gasentladungsröhre anliegenden Wert liegt begrenzen die Impedanzen den Spitzenstrom und die Dioden die Spannung.

Dieser Überspannungsbegrenzertyp, wie ihn z.B. die SD-Reihe von Telematic darstellt ist wartungsfrei und automatisch rückstellend (d.h. nach einem Auslösen stellt sich der Begrenzer automatisch zurück, so daß die geschützten Geräte funktionsfähig bleiben).

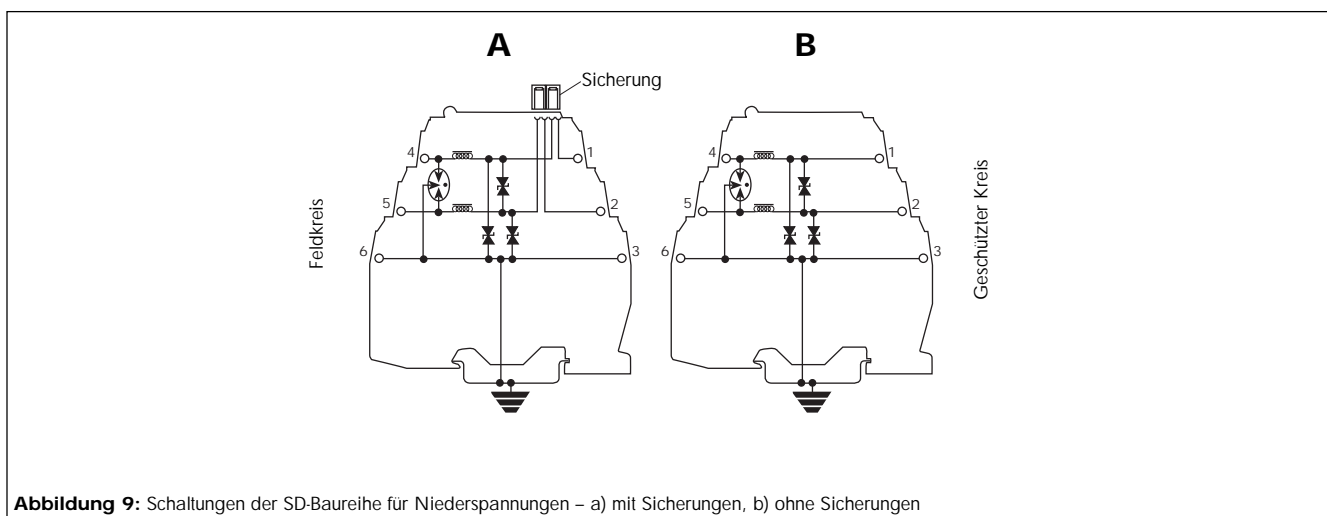
Tabelle 1: Leistungsvergleich – grundsätzliche Schutzelemente

Komponente	Ansprechgeschwindigkeit	Schutzleistung (Empfindlichkeit)	Energieaufnahme-fähigkeit	Stabilität	Anmerkungen
Gasentladungsröhre	Schnell (Mikrosekunde)	Mäßig	Hoch	Mäßig	Hochenergieaufnahme (konstruktionsbedingt), Ionisierung bei niedriger Spannung, vielseitig, selbstrückstellend, langes Leben, wartungsfrei, anfänglicher Spannungsdurchlaß bei hoher Spannung
Luft-Funkenstrecke	Schnell	Schlecht	Hoch	Schlecht	Sehr instabil und empfindlich zu Umweltbedingungen, leitet Überspannungen unter 600V – welche Halbleiterkomponenten zerstört – nicht ab, wartungsbedürftig
Überspannungsrelais	Langsam (Millisekunden)	Gut	Hoch	Gut	Gute Leistung in fast allen Bereichen außer Ansprechgeschwindigkeit (Transistoren können bereits in Mikrosekunden zerstört werden), wartungsbedürftig, groß
Kohle-Funkenstrecke	Schnell	Schlecht	Hoch	Schlecht	Relativ kurze Ansprechzeit, aber nicht völlig selbst-rückstellend (bei energiereichen Störimpulsen), Ionisierungspegel zu hoch für Halbleiterschutz, hoher Betriebsgeräuschpegel, wartungsbedürftig
Zenerdioden (picosekunden)	Sehr schnell	Sehr gut	Niedrig	Sehr gut	Kurze Ansprechzeit aber stark begrenzte Energieaufnahme-fähigkeit – bietet keinen Schutz vor externen Stößen wie z.B. Blitzschlägen und Induktionen von Energieleitungen, leicht beschädigt
Leistungsschalter	Langsam	Mäßig	Hoch	Mäßig	Sehr langsam, wartungsbedürftig, groß
Sicherungen	Sehr langsam	Gut	Hoch	Mäßig	Ersatzbedürftig, Ansprechzeit abhängig von Strom durch Sicherung
Metalloxid-Varistoren	Sehr schnell	Mäßig	Hoch	Schlecht	„Weiche“ Spannungsbegrenzungseigenschaften, Nicht Genug Für Moderne Niederstrom-Halbleitereinrichtungen, Eigenschaften ändern sich mit der Zeit u. Anzahl absorbierter Impulse



Frühere Überspannungsbegrenzertypen wurden mit internen Sicherungen ausgestattet, welche bei längeren Stromstößen durchbrannten und bis zum Auswechseln des Überspannungsbegrenzers die Schleife unterbrachen. Manche Bausteine in der SD-Reihe sind mit externen, auswechselbaren Sicherungen erhältlich. Diese schützen die Schaltung gegen einen längeren Störimpuls von der geschützten Schaltung. Die Sicherungen sind in einem abnehmbaren Gehäuse montiert und lassen sich somit zur Trennung der Schaltung leicht entfernen. (Hinweis: Die Sicherung brennt bei normalen Störimpulsen nicht durch.) Beide SD-Varianten sind in Abbildung 9 dargestellt.

Alternative Konstruktionen auf Metalloxid-Varistorbasis (MOV) stellen eine relativ neue Entwicklung dar. Sie werden in Überspannungsbegrenzern eingesetzt die vor Störimpulsen in Wechselstrom-Energieleitungen schützen.



5 ANWENDUNGEN

5.1 Der Bedarf auf Schutz

Bei der Ermittlung von Schutzerfordernissen sind einerseits die relativen Anschaffungs- und Installationskosten von Schutzeinrichtungen und andererseits die Konsequenzen einer eventuellen Beschädigung zu erwägen. In den meisten Fällen kann die Möglichkeit eines direkten Blitzeinschlags in elektronische Instrumente ausgeschlossen werden. Ausnahmen hierzu bilden z.B. an der höchsten Stelle einer Ölbohrinsel montierte Windstärkenmesser. Ein solches Meßgerät würde bei einem Blitzeinschlag zerstört werden, die verbundenen Geräte aber lassen sich mit einem geeigneten Überspannungsbegrenzer schützen.

Die wichtigsten Überlegungen bei der Kosten/Schutz-Analyse sind:

- a) Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Störimpulsen durch Blitzeinschläge oder andere Ursachen in Verbindungskabeln.
- b) Die bei einer Beschädigung der direkt oder indirekt an die Kabel angeschlossenen Einrichtungen aufkommenden Kosten. Dabei sollte auch eine Einschätzung der Verfügbarkeit von Ersatzteilen und die Zugänglichkeit der Einrichtungen für Reparaturarbeiten in Betracht gezogen werden.
- c) Die Folgekosten einer Stillstandzeit während der Durchführung von Reparaturen, z.B. Produktionsverluste oder nicht abgespeicherte Daten auf einem Computer.
- d) Sicherheitstechnische Überlegungen – eine Bewertung dieses Aspekts aus finanzieller Sicht ist oft nicht einfach wenn eine Gefahr von Personenverletzungen besteht. Demzufolge werden in sicherheitsbedürftigen Systemen oft Notabschaltsysteme und Brandmelder installiert.

Weitere Fragen bezüglich der Anwendung von Schutzvorrichtungen werden in den folgenden Abschnitten näher behandelt.

5.2 Schleifenschutz – Allgemeines

Da Überspannungsbegrenzer nur örtlichen Schutz bieten ist es, um einen kompletten Schutz zu gewährleisten meist notwendig, beide Enden einer Schleife zu schützen. Überspannungsbegrenzer regeln die Spannung und leiten Stromstöße ab relativ zu ihren lokalen Erdungsstellen, fern angeordnete Geräte erfordern deshalb einen getrennten Schutz. Allerdings sind viele der in einer typischen industriellen Installation eingesetzten Feldmeßgeräte relativ billig und leicht ersetzbar und die Kosten eines Schleifenausfalls sowie das Risiko von örtlichen Stromstößen gering. In diesen Fällen lohnt es sich eventuell, Schaltungen nur leitstandseitig mit Schutzvorrichtungen zu versehen, um unentbehrliche, teure MSR-Einrichtungen gegen Beschädigungen abzusichern.

In manchen Anwendungsbereichen ist es allerdings notwendig, Feldmeßgeräte zu schützen, darunter Schaltungen die eine wesentliche Rolle im Prozeßablauf spielen, teure Feldarmaturen (wie etwa bestimmte Meßumformertypen) und Schaltungen in denen die Feldarmaturen nur schwer zugänglich sind. Zu den häufigsten Anwendern von Überspannungsbegrenzern zählen die Versorgungsunternehmen, deren Einrichtungen oft an besonders abgelegenen Standorten installiert sind. Diese Meßgeräte mit modernen, wartungsfreien, automatisch rückstellenden Überspannungsbegrenzern auszustatten ist wesentlich kostengünstiger als Techniker über weite Entfernungen zu schicken, um durchgebrannte Sicherungen auszuwechseln und beschädigte Geräte zu reparieren.

Telematic liefert einige einzigartige Überspannungsbegrenzer, die eigens für den Gebrauch mit bestimmten Feldgeräten konstruiert sind. Diese Begrenzer beruhen auf der im Meßgeräteschutz bewährten Hybridtechnik und können in oder an den Meßgeräten für die sie vorgesehen sind installiert werden.

Neben Meßsystemen zählen auch sich über mehrere Gebäude erstreckende örtliche Datennetze (LAN) zu den störungsanfälligen Netzwerken. Bestehen die Datenverbindungen aus einfachen Direktverdrahtungen, dann können Verschiebungen des Erdpotentials eines Gebäudes im Verhältnis zu einem anderen – induziert z.B. durch einen örtlichen Blitzeinschlag – einen schädlichen Stromstoß in dem einen oder in beiden Gebäuden verursachen.

5.3 Die Wahl eines Überspannungsbegrenzers – Allgemeines

Bei der Wahl eines Überspannungsbegrenzers ist einerseits der Einfluß auf den Normalbetrieb – welcher möglichst gering sein sollte – von Bedeutung, andererseits die Stromstärken und Stoßspannungen die die Schutzvorrichtung sicher und effektiv aufnehmen bzw. ableiten kann. Die von Telematic für den Meßgeräteschutz bevorzugte Hybridtechnik verbindet Gasentladungsröhren mit Spannungsklemmdioden und bietet eine gewisse Impedanz, einen geregelten Leckverlust durch die Diode und ein geringfügiges Spannungsüberschwingen. Diese Eigenschaften sind bei der Betrachtung einzelner Schaltungen zu berücksichtigen.

AC-Energieleitungen werden im Normalfall durch Überspannungsbegrenzer mit MOV geschützt. Bei dieser Anwendung ist Leckstrom von geringer Bedeutung, die maximale Dauer-Betriebsspannung (siehe Abschnitt 3.5) sollte aber nicht überschritten werden.

5.4 Überspannungsschutz für industrielle Prozeßanlagen

Obgleich die Wichtigkeit des Überspannungsschutzes von Industrie- und Prozeßanlagen schon vor vielen Jahren erkannt wurde, besteht jetzt aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Computersystemen ein noch größerer Bedarf für Schutzvorrichtungen die auch Verbindungskabel und die damit verbundenen Systeme (z.B. MSR-, Datenkommunikations-, Fernmeß- und Instandhaltungssysteme) vor Störquellen schützt. Ein vollkommener Schutz ist nur durch das Absichern aller Kabelstrecken in das Werksgebäude möglich.

Abbildung 10 zeigt eine typische Prozeßanlage und hebt jene Bereiche hervor, die Blitzschlägen und Beschädigungen durch Überspannungen besonders ausgesetzt sind bzw. induzierte Stromstöße an empfindliche Stellen übertragen können. An diesen Stellen ist ein Überspannungsschutz besonders wünschenswert oder sogar unentbehrlich.

5.5 Überspannungsschutz für Gebäude und Kommunikationsnetze

In den vergangenen zehn Jahren wurden weltweit enorme Investitionen in Computer- und elektronische Einrichtungen gemacht, die in Büros und anderen gewerblichen Gebäuden und auch im Heim zum Einsatz kommen. Beispielhaft dafür sind elektronische Bankensysteme (einschließlich Bankautomaten), Prozeßlenksysteme in Fabriken, Sprechfunk- und globale Telekommunikationsnetze, Satelliten- und Kabelfernsehen und computergesteuerte Brandschutz- und Sicherheitsanlagen (darunter auch Diebstahlalarme). All diese Systeme sind den Gefahren eines Blitzeinschlags und den damit zusammenhängenden Strom- und Spannungsstößen ausgesetzt.

In Abbildung 11 ist ein typisches Bürogebäude dargestellt, die Bereiche in denen ein Überspannungsschutz unentbehrlich oder zumindest empfehlenswert ist sind hervorgehoben.

5.6 Spezifische Anwendungen

In diesem Abschnitt werden geeignete Überspannungsbegrenzer für verschiedenste spezifische Anwendungen angeführt. In manchen Fällen ist auch anhand von Beispielen eine detaillierte Begründung der Wahl und eine Erläuterung der Kriterien für die Auswahl eines geeigneten Überspannungsbegrenzers gegeben.

5.6.1 Überspannungsbegrenzer für prozeßvariable Meßumformer (allgemein)

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen eines Überspannungsbegrenzers auf Schaltungen mit prozeßvariablen Meßumformern (d.h. entweder herkömmliche oder intelligente 4...20mA-Zweileiter-Meßumformer für die Strömungs-, Temperatur-, Druck und Füllstandmessung) untersucht. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß der Meßumformer durch ein allgemeines Gleichstrom-Speisegerät versorgt und durch einen 250 Ω -Lastwiderstand abgeschlossen ist. Andere Meßumformertypen können auf ähnliche Weise analysiert werden, wobei die Spannungsabfallwerte in der Schaltung jeweils entsprechend angepaßt werden.

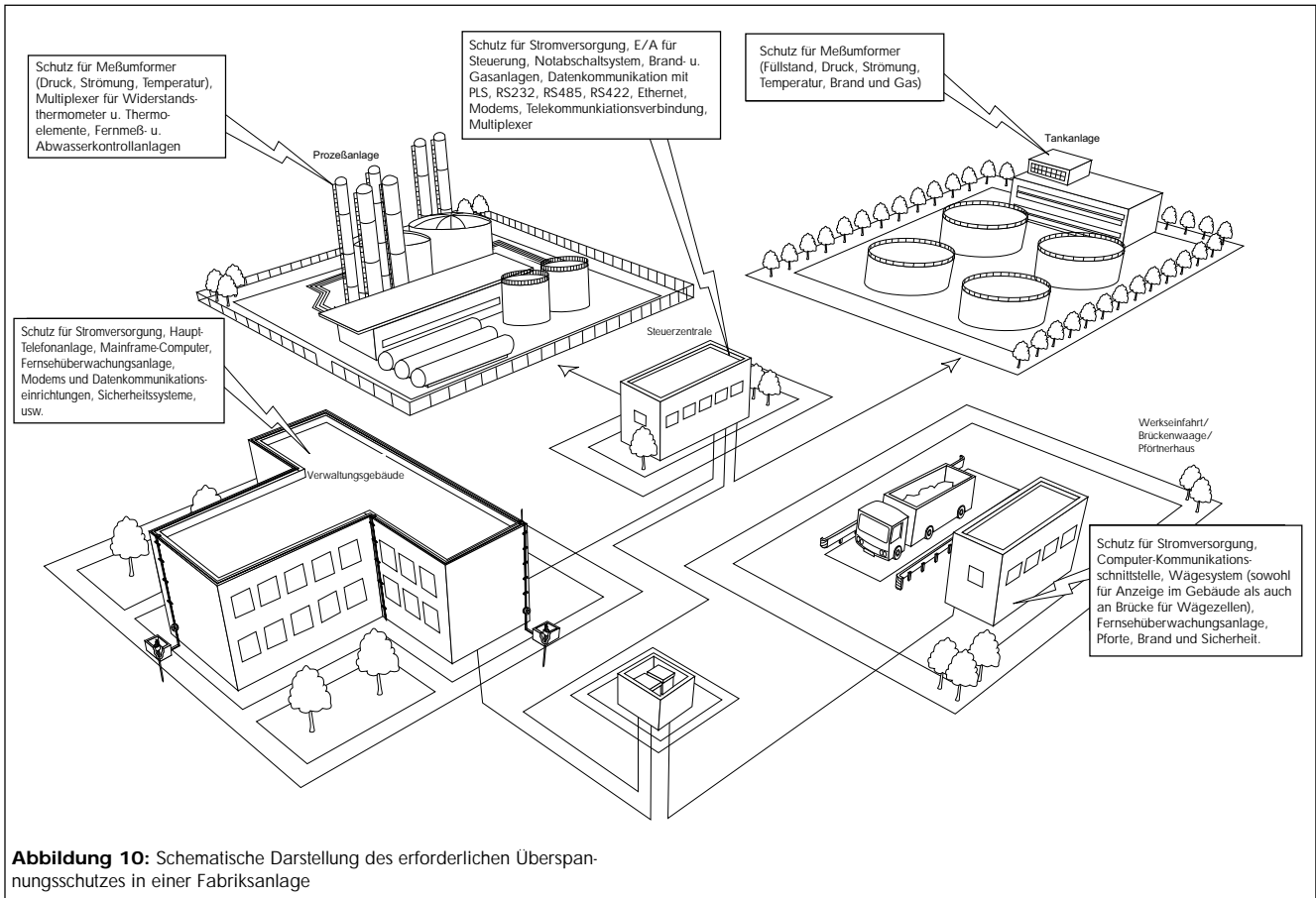


Abbildung 10: Schematische Darstellung des erforderlichen Überspannungsschutzes in einer Fabrikanlage

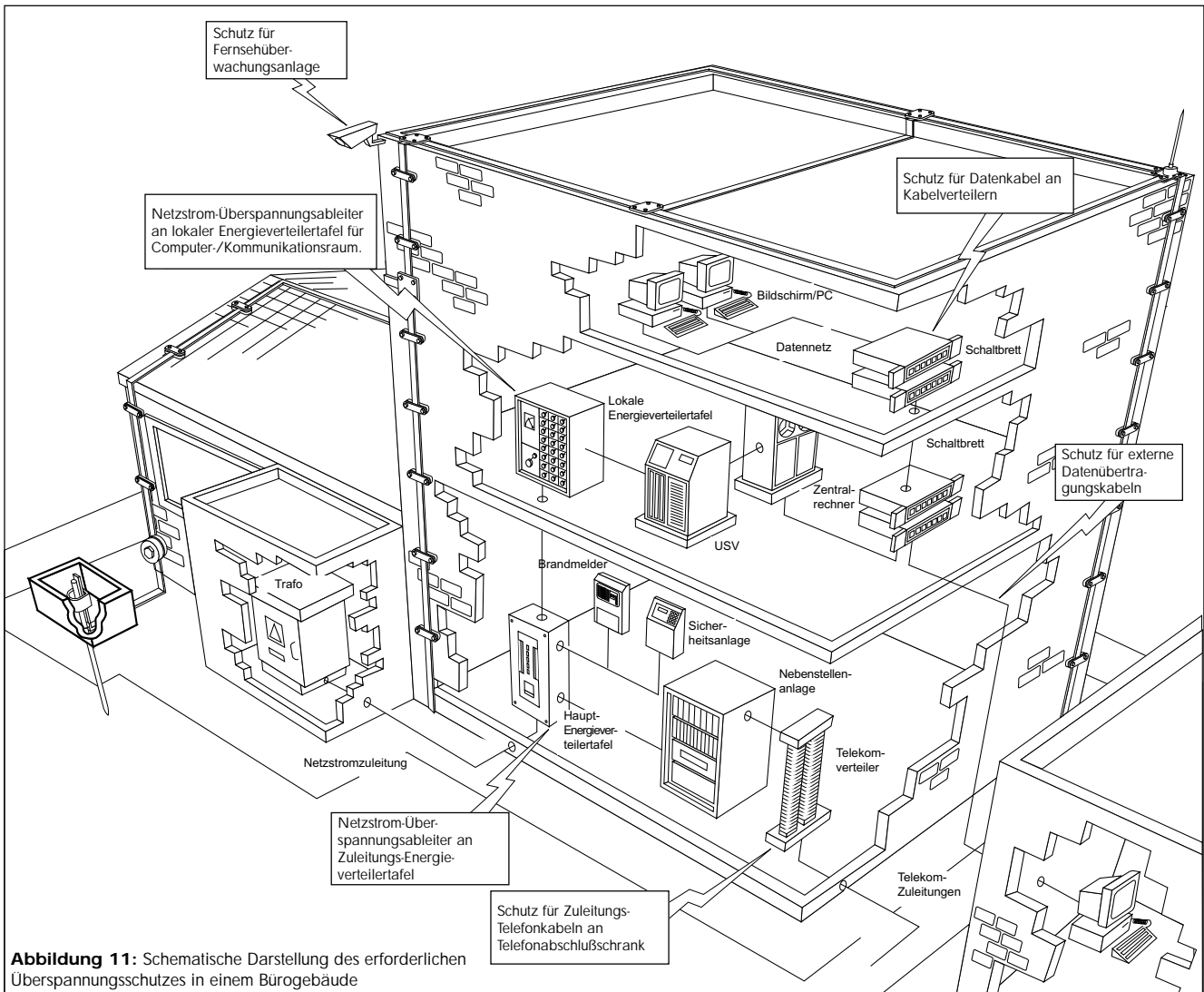


Abbildung 11: Schematische Darstellung des erforderlichen Überspannungsschutzes in einem Bürogebäude

Meßumformer werden vom Hersteller oft wahlweise mit eingebautem Schutz angeboten. Dabei handelt es sich allgemein um eine Spannungs-klemmdiodenschaltung die wohl die Ausfallrate des Meßumformers herabsetzt, jedoch nur gegen recht geringe Energiestöße schützt: Durch stärkere Störimpulse, wie sie beispielsweise bei einem Blitzeingschlag entstehen werden sowohl Diode wie auch Meßumformer beschädigt. Deshalb lohnen sich zusätzliche Schutzmaßnahmen auch bei diesen bereits „geschützten“ Komponenten, besonders wenn der Meßumformer fern angeordnet ist und dessen Ausfall und Reparatur einen beträchtlichen Zeit- und Kostenaufwand mit sich bringt.

Die folgenden zwei Abschnitte befassen sich mit Überspannungsbegrenzern für die Meßumformer-Steuerung (5.6.2) und für Meßumformer (5.6.3), und in Abschnitt 5.6.4 werden eventuelle Probleme bei der Verwendung von Überspannungsbegrenzern an beiden Enden des MSR-Kreises erläutert. Siehe auch Abschnitt 6.5.6 für Überspannungsbegrenzer für Schwingungsmeßkreise.

5.6.2 Überspannungsbegrenzer für Meßumformer-Steuergeräte

Abbildung 12 zeigt eine typische Konfiguration mit einem einzigen, leitstandseitig angeordneten Überspannungsbegrenzer. Um unannehmbare, durch Leckstrom in den Überspannungsbegrenzerdioden verursachte Störungen zu vermeiden, muß die Betriebsspannung des gewählten Überspannungsbegrenzers über der Versorgungsspannung liegen. Zur Energieversorgung dient üblicherweise ein gemeinsames Gleichstrom-Speisegerät mit einer gemeinsamen als Bezugspunkt dienender 0V-Spannung und einer Versorgungsspannung von +24V. Folglich ist ein Überspannungsbegrenzer mit einer Nenn-Betriebsspannung von 32V ausreichend. Das mit einer auswechselbaren Sicherung und Trennvorrichtung ausgestattete Modell SD32 von Telematic entspricht diesen Anforderungen, aber gegebenenfalls kann auch das sicherungslose SD32X eingesetzt werden (die Sicherung ist für die korrekte Funktion des Bausteins nicht notwendig).

Bei der Verwendung eines Überspannungsbegrenzers ist stets sicherzustellen, daß die Mindest-Ausgangsspannung der Stromversorgung den zusätzlichen durch die Impedanz des Überspannungsbegrenzers entstehenden Spannungsabfall ertragen kann. Der Leitungswiderstand des Bausteins SD32 bzw. SD32X ist unwesentlich (4 bzw. 20Ω), muß also in der Praxis nicht berücksichtigt werden.

Der Nenn-Leckstrom beider Geräte liegt bei einer Versorgungsspannung von 32V unter 5µA. Der Leckstrom von der Versorgungsseite zu Erde hat keine Einwirkung auf den vom Meßumformer an den Lastwiderstand gelieferten Strom. Bei ansteigender Spannung steigt auch der Leckstrom durch die Dioden gleichmäßig an bis er bei 36V ca. 5mA beträgt. Weitere Spannungsanstiege führen zu einem dramatischen Leckstromanstieg und somit dem Durchbrennen der Speisestromsicherungen oder dem Schalten anderer Schutzvorrichtungen. Sofern diese Eigenschaft berücksichtigt wird, stellen die Überspannungsbegrenzer SD32 und SD32X von Telematic die ideale Wahl dar für den Schutz der reglerseitigen Einrichtungen eines MSR-Kreises. In Anlagen bei denen mehrere MSR-Kreise von einem gemeinsamen Regler ausgehen, können die Überspannungsbegrenzer dank ihrer hohen Packungsdichte platzsparend auf einer DIN-Schiene installiert werden.

5.6.3 Feld-Überspannungsbegrenzer für Prozeß-Meßumformer

Befindet sich der MSR-Kreis in einem überdachten Gebäude ist ein Überspannungsschutz nicht unbedingt notwendig. Ist der Meßumformer aber ein unentbehrlicher Bestandteil des Prozeßablaufs oder befindet er sich an einem fernen, ungeschützten Standort empfiehlt es sich, ihn gegen Überspannungen zu schützen. Auf hohen Strukturen, wie etwa

Destillationskolonnen angebrachte Meßumformer sind bei Blitzschlägen ebenfalls besonders ausgesetzt zu hohen Spannungen zwischen Gehäuse und Schaltungen (ein Beispiel hierzu ist in Abbildung 13 gegeben), und auch Meßumformer die sich in der Nähe von als Blitzableiter dienenden Stahlkomponenten befinden sind dieser Gefahr ausgeliefert. Der in Abb. 13 illustrierte Meßumformer würde einer Spannung zwischen Gehäuse und Elektronik von über 100kV ausgesetzt werden. Alle dieser Tatsachen sind zu berücksichtigen bei der Entscheidung, ob ein Meßumformer schutzbedürftig ist oder nicht.

An Meßumformern installierte Überspannungsbegrenzer sollten einen bevorzugten Durchschlagspfad zwischen den Leitungen und Leitung/Erde bieten, so daß auf diese Weise induzierte Stromstöße entlang diesem Pfad geleitet werden und nicht durch die Meßumformerschaltungen. Diese oft von Meßumformerherstellern angebotene Schutzmethode besteht allgemein aus Überspannungsdioden, manchmal auch Varistoren. Der erste Typ bietet nur Schutz gegen niedere Spannungstöße und letzterer gegen Hochspannungstöße. Meßumformer mit integrierten Hybrid-Schutzschaltungen eingebundenen Gasentladungsröhren, Varistoren und Überspannungsdioden stellen die logische Lösung dar, konnten aber bis vor kurzer Zeit aufgrund der Komplexität und Größe der erforderlichen Schaltungen nur schwer realisiert werden.

Eine bessere Lösung bieten dedizierte externe, speziell für die einfache Verwendung mit Meßumformern entwickelte Überspannungsbegrenzer, wie z.B. Der TP48 von Telematic. Dieses kleine Gerät wird an einer freien Kabeleinführung am Meßumformergehäuse angebaut (s. Abbildung 14). Drei lose Kabel dienen, wie abgebildet zum Anschluß an Leitung 1, Leitung 2 und Masse. Erhältlich ist das Gerät in einer Standardausführung und in zwei explosionsgeschützten Versionen (eigensicher und druckgekapselt). Alle Ausführungen sind mit verschiedenen Schraubgewinden verfügbar für den Anbau an praktisch alle aktuellen Meßumformer und eignen sich für den nachträglichen Einbau in bestehende Installationen ohne Beeinträchtigung der Systemleistung. Der TP48 bietet Schutz vor ALLEN Störimpulsen bis zu 10kA und bietet Gegentaktschutz bis zu 60V – Werte, die die Schutzoptionen der Meßumformerhersteller bei weitem übertreffen.

Wahlweise kann auch ein getrennter Überspannungsbegrenzer, wie etwa ein Gerät der SD-Reihe verwendet werden, dieses muß aber durch ein wetterfestes Gehäuse geschützt werden. Auch muß der Feld-Überspannungsbegrenzer örtlich mit der Erde verbunden sein da es heißt, das örtliche Potential zwischen Struktur und Signalleitern zu schützen. Der Überspannungsbegrenzer sollte daher (sofern möglich) durch ein dickes, sicheres Kabel mit dem Meßumformer-Montagebügel verbunden sein (der TP48 im Gegensatz dazu steht in direkter Verbindung mit dem Meßumformer – die ideale Lösung).

5.6.4 Überspannungsbegrenzer für den kompletten Schutz von Meßumformerkreisen

Wenn ein Meßumformer oder ein anderes im Feld montiertes Gerät durch einen Überspannungsbegrenzer geschützt ist, dann ist aufgrund der parallelen Pfade der Installation auch ein leitstandseitiger Schleifenschutz notwendig. Die meisten Installationen sehen aus wie die in Abbildung 15 gezeigte Schaltung. Der Längswiderstand der beiden Unterdrückungsschleifen ist gering (weniger als 100Ω gesamt) und hat deshalb auch eine geringe Auswirkung auf die Schallkreisfunktion. Bei einer 24V-Versorgung, einem Meßumformer mit einem Mindestbedarf von 12V und einem Computer der 5V erfordert beispielsweise beträgt die für den Leitungswiderstand und anderen Zubehör verfügbare Spannung 7V, was für die meisten Anwendungen ausreicht.

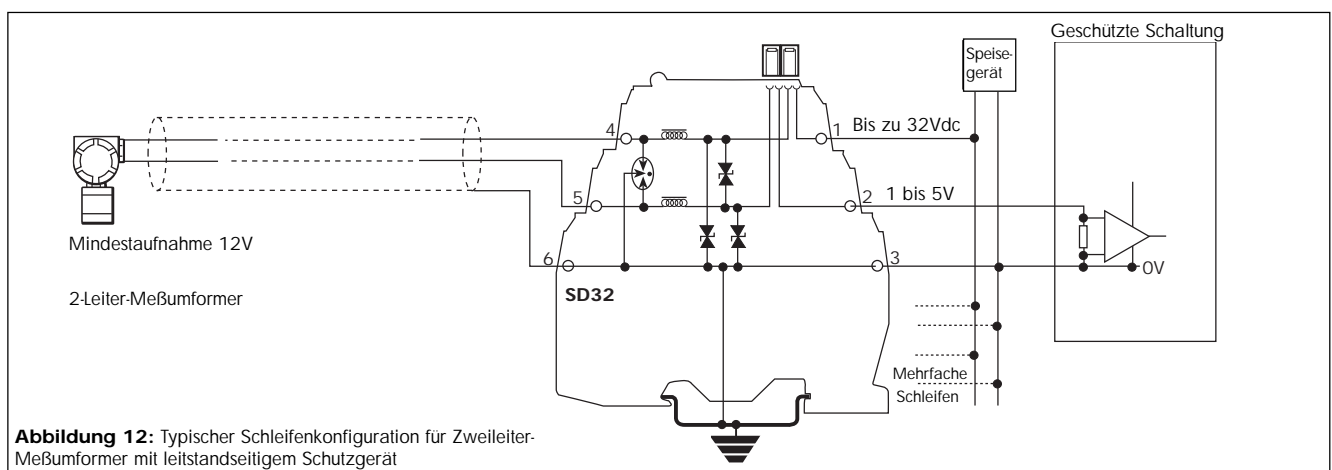


Abbildung 12: Typischer Schleifenkonfiguration für Zweileiter-Meßumformer mit leitstandseitigem Schutzgerät

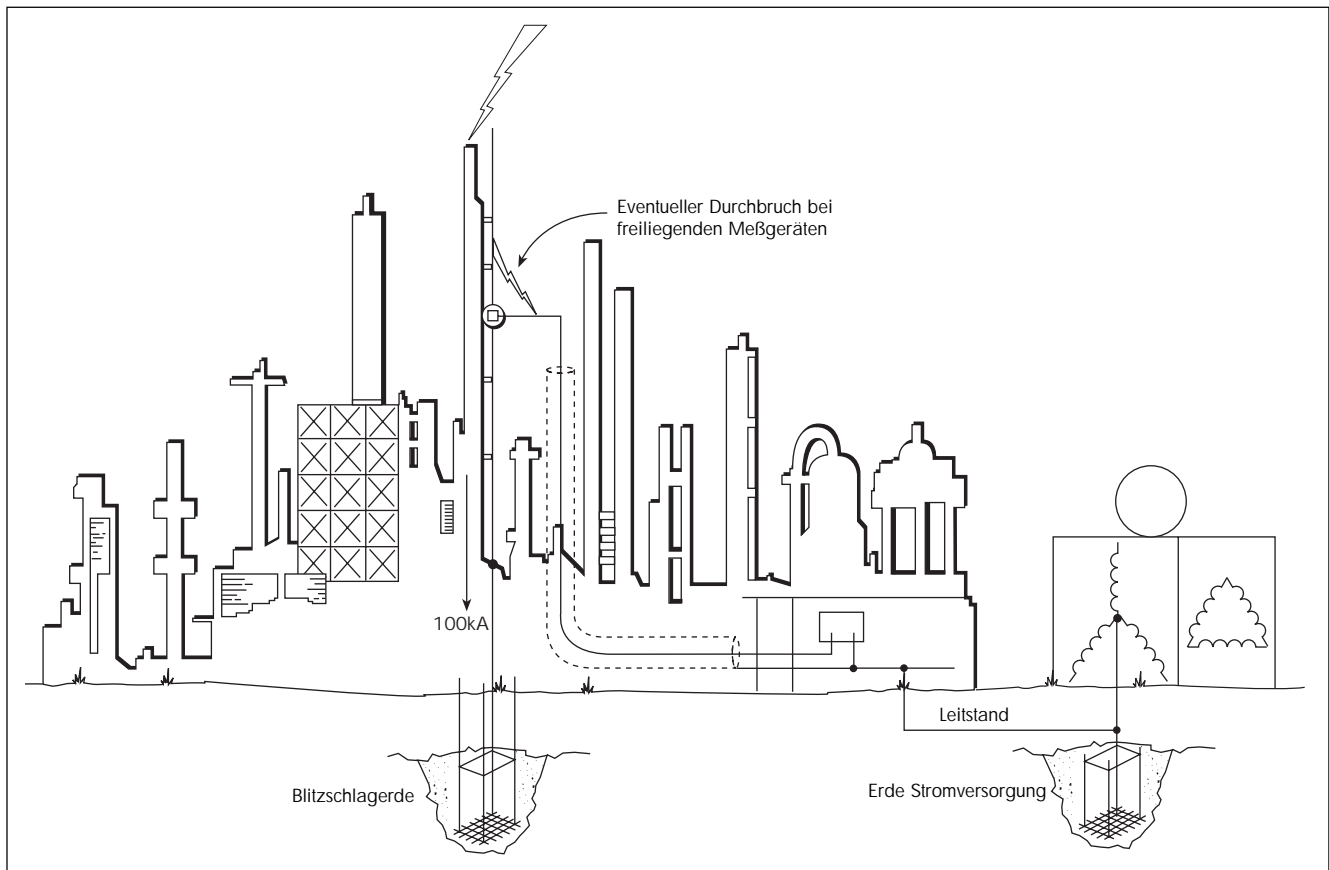


Abbildung 13: Überspannungen zwischen System-Bezugserde und lokaler Erde ausgesetzter Meßumformer

Die in Abbildung 15 gezeigte Schaltung veranschaulicht die Verwendung eines leitstandseitig angeordneten Überspannungsbegrenzers des Typs SD32. Dieser verhindert, daß ein Feldkurzschluß die Funktion des restlichen durch eine gemeinsame Stromversorgung gespeisten Schaltkreises stört. Die Trennvorrichtung des SD32 ist nützlich bei Instandhaltungsarbeiten. Ist dieses Merkmal nicht notwendig kann wahlweise ein SD32X verwendet werden (letzteres verfügt nicht über die Sicherheits-/Trennvorrichtung).

Die maximale Versorgungsspannung kann 32V zu einem geringen Maß überschreiten, da der Leckstrom von der Versorgungsschiene zum 0V-Anlagenbezugspunkt die Meßgenauigkeit nicht beeinträchtigt. Diese Situation ist allerdings nur ungenau definiert, und Spannungen über 35V können ein Durchbrennen der Sicherung verursachen.

Bei manchen wenigen Anwendungen ist es notwendig, die Schleifen-spannung aus betriebsbedingten Gründen anzuheben, z.B.:

- a) bei extrem langen Überlandleitungen,
- b) wenn zusätzliche Geräte (Anzeigen, Grenzsinalgeber, usw.) meßumformerseitig in die Schleife geschaltet sind,
- c) wenn die Leitstandeinrichtungen eine Signalspannung über 5V erfordern.

Eine mögliche Lösung für diese Situation ist in Abbildung 16 gezeigt. Die maximale an der Schaltung angelegte Spannung wird durch die maximale Betriebsspannung (48V) des TP48 bestimmt. Ist es nicht notwendig, zur Erkennung eines offen geschalteten Meßumformers einen möglichst geringen Schaltkreisstrom zu erzielen, dann kann eine Spannung über 48V angelegt werden. Im Betrieb nimmt der Meßumformer stets mehr als 4mA auf. Der durch diesen Strom entstehende Spannungsabfall kann zur Erhöhung der Versorgungsspannung eingesetzt werden. Im Normalfall allerdings ist es einfacher eine Versorgungsspannung unter 48V zu verwenden.

5.6.5 Überspannungsbegrenzer für Schwingungsmesser

Die in Schwingungsmessgeräten eingesetzten Dreileiter-Meßumformer werden ausnahmslos von einer -24V-Gleichstromversorgung gespeist, zum leitstandseitigen Schutz der Schaltung empfiehlt sich daher der Überspannungsbegrenzer SD32 bzw. SD32X von Telematic (s. Abb. 17). Sollen auch Meßfühler und Treiber geschützt werden, kann ein geeignetes feldmontierter Überspannungsbegrenzer, wie etwa der mSA30/2 verwendet werden. Ein direkter, mehrstelliger Anschluß der

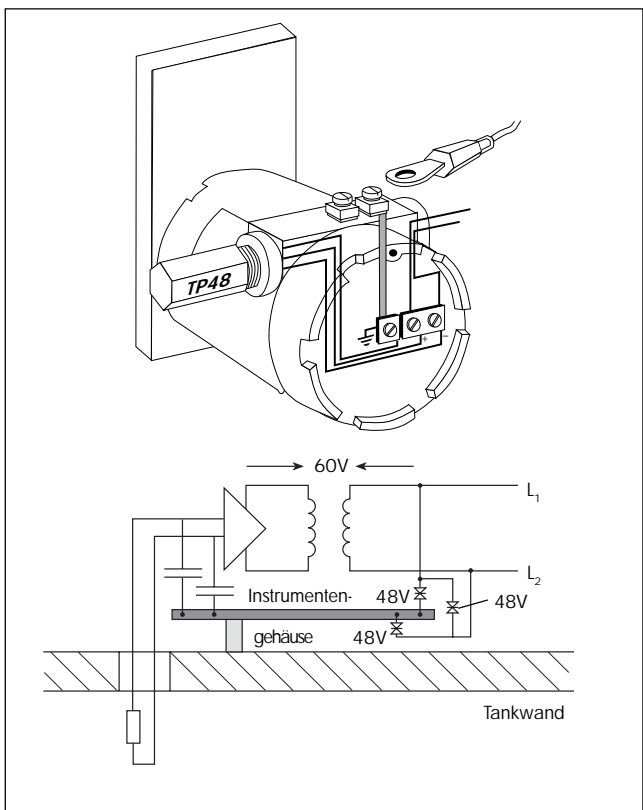


Abbildung 14: Montage und Verkabelung eines TP48 in einem typischen Meßumformer

Feldleiter zu Erde ist nicht empfohlen, da der resultierende Kreisstrom Probleme bei der Messung bewirken kann. Soll das System von der Erde „isoliert“ und alle drei Leiter geschützt werden, kann das vierkanalige mSA30/2 verwendet werden. Da jeder Kanal dieses Begrenzers einen Widerstand von 430Ohm aufweist, können die wirkungsvollsten Ergebnisse durch eine parallele Anordnung zweier Kanäle in der 0V-Leitung (welche den größten Widerstand aufweist) erzielt werden.

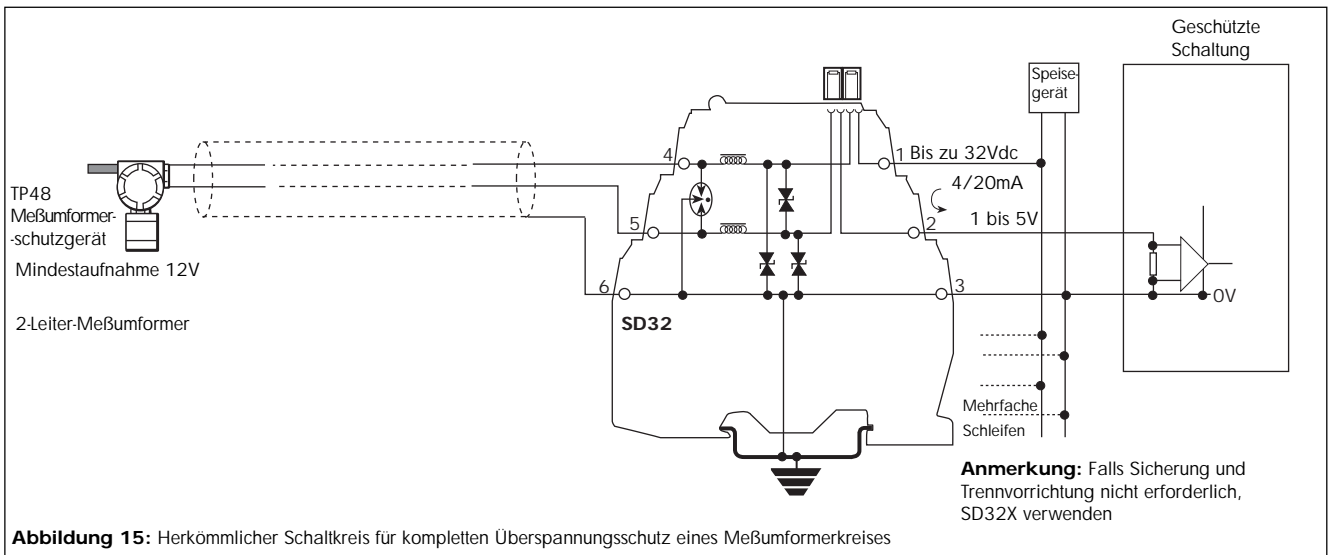


Abbildung 15: Herkömmlicher Schaltkreis für kompletten Überspannungsschutz eines Meßumformerkreises

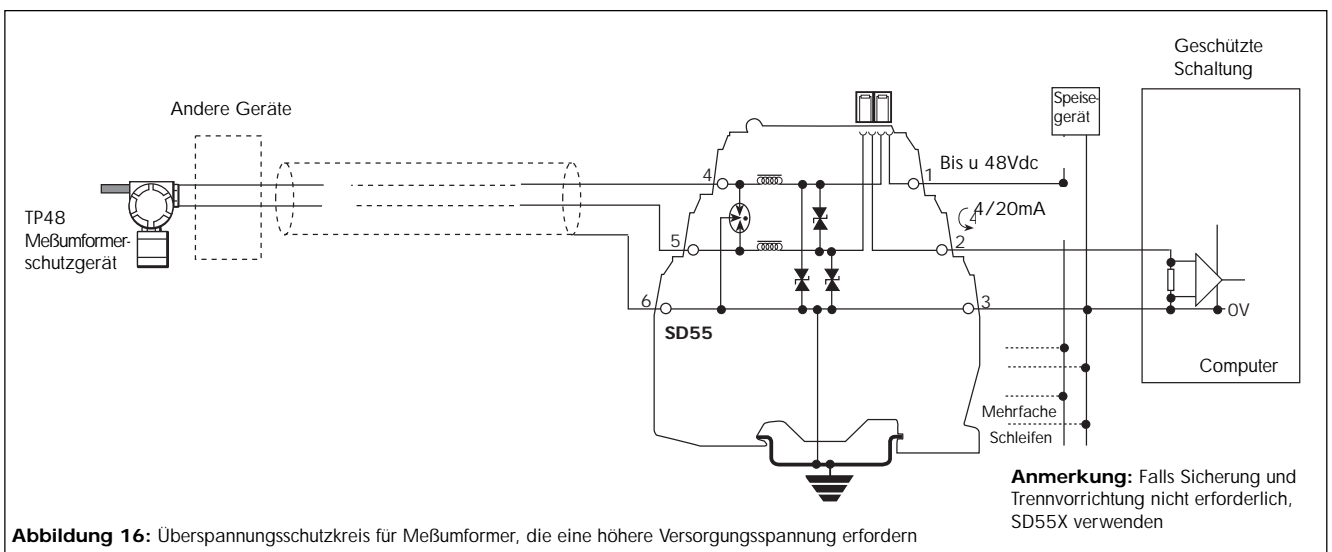


Abbildung 16: Überspannungsschutzkreis für Meßumformer, die eine höhere Versorgungsspannung erfordern

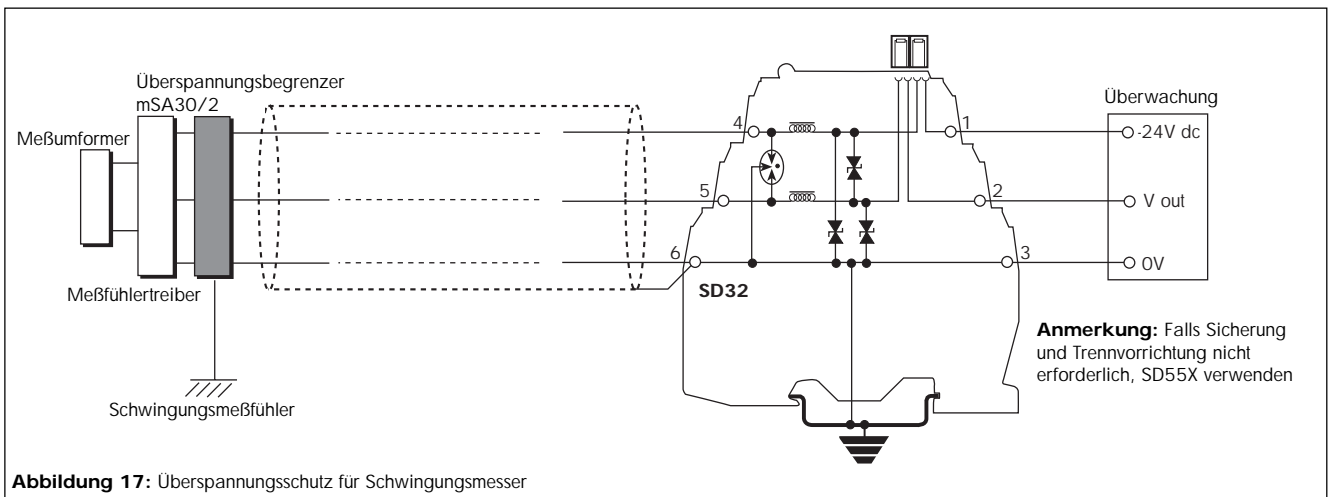


Abbildung 17: Überspannungsschutz für Schwingungsmesser

5.6.6 Überspannungsbegrenzer für Temperaturfühler

Die am häufigsten verwendeten Temperaturfühlertypen, darunter Thermoelemente und Widerstandsthermometer weisen eine recht einfache Konstruktion auf. Obgleich diese Vorrichtungen keineswegs immun sind zu Beschädigungen durch Störimpulse, sind die Ersatzkosten allgemein so gering, daß sich ein Überspannungsschutz kaum lohnt. Natürlich gibt es auch Ausnahmen zu dieser Regel, z.B. wenn das Auswechseln eines Meßfühlers besonders mühsam ist oder wenn ein Ausfall des Geräts kostenaufwendige Stillstandzeiten zur Folge haben würde. Da sich natürlich auch die wesentlich aufwendigeren Leitstandeinrichtungen durch Stromstöße beschädigen lassen, lohnt sich deren Schutz allerdings in den meisten Fällen.

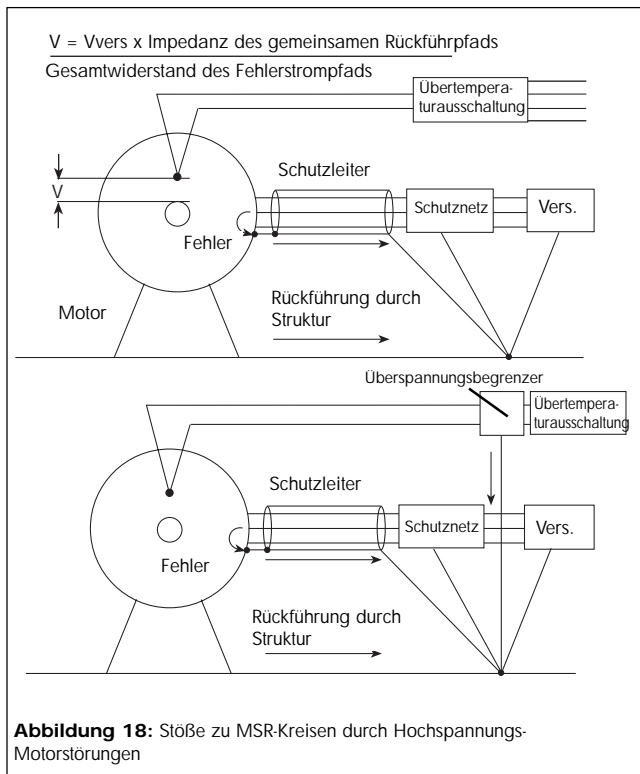
Die hier beschriebenen Temperaturfühler liefern meist ein Signal im Niederspannungsbereich, der Längswiderstand des Überspannungs-

begrenzerkanals ist deshalb nur bei Widerstandsthermometern von Bedeutung. Die Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern ist widerstandsabhängig, deshalb werden Drei- und Vierleiterverbindungen an das Widerstandsthermometer zum Beseitigen der Auswirkung von Widerstandsänderungen des Kabels auf den Meßwiderstand verwendet. In geschützten Schaltungen müssen entweder Zweileiter-Widerstandsthermometer (d.h. Widerstandsthermometer die konstruktionsbedingt nicht sehr akkurat sind und sich deshalb hauptsächlich für den Übertemperaturschutz eignen) oder ein Vierleiter-Widerstandsthermometer verwendet werden, bei dem eine Konstantstromquelle als Kompensation für Variationen des Kabel- und Überspannungsbegrenzerwiderstands dient. Die Betriebsspannung des zum Schutz von Temperaturmeßumformern dienenden Überspannungsbegrenzers ist nicht kritisch, da die spezifizierte Leckspannung wesentlich höher ist als die System-Betriebsspannung.

5.6.7 Überspannungsbegrenzer für die Temperaturmessung an Großmotoren

Temperaturmeßgeräte für Großmotoren sollten durch Überspannungsbegrenzer geschützt werden, um ein Beschädigen der Schalttafelarmaturen durch Leistungsstörungen und Stößen in den Motorwicklungen zu verhindern. Abbildung 18 zeigt eine typische Installation dieser Art bei der ein Thermoelement zur Temperaturmessung verwendet wird. Ist das Thermoelement isoliert, dann wird das vorübergehende Potential zwischen Thermoelement und Motorstruktur durch die Stromstärke in der Struktur und anderen Rückföhrpfaden bestimmt. Das Potential stellt sich somit aus der Versorgungsspannung dividiert durch Rückföhrpfadimpedanz und Spannungsquellenimpedanz plus der Fehlerspannung zusammen. Der Rückföhrpfad muß deshalb eine niedere Impedanz aufweisen, andernfalls kann die entstehende Spannung sehr hoch ausfallen. Bei einem 440V-Drehstrommotor weisen die 250V mit Bezug auf Erde voraussichtlich eine transiente Überspannung von etwa 100V auf bis das Schutznetz einspringt. Bei Motoren die bei höheren Spannungen arbeiten ist – sofern der Fehlerstrom nicht begrenzt wird – auch die transiente Überspannung entsprechend höher. Deshalb empfiehlt es sich, weitere Schutzmaßnahmen, wie z.B. den Einbau eines Überspannungsbegrenzers zu treffen.

Allgemein eignen sich die Überspannungsbegrenzer SD07 bzw. SD07X zum Schutz von Thermoelementen und Widerstandsthermometern im Feld und der SD16 bzw. SD16X für die verbundene Leitstandinstrumentierung.



5.6.8 Überspannungsbegrenzer für Wägesysteme

Brückenwaagen befinden oft im Freien, die Wägezellen solcher Installationen sind deshalb besonders anfällig auf Beschädigungen durch Blitzstöße. Es heißt hier, sowohl die Wägezellen als auch die verbundenen Leitstandeinrichtungen zu schützen. Telematic bietet Spezial-Überspannungsbegrenzer an (den LC30), der eigens für die Montage unter Brückenwaagen und zwischen Silobeinen konstruiert sind. Diese Schutzgeräte eignen sich für fast alle üblichen Dehnungsmeßbrücken, Wägezellen, Brückenwaagenhäuser, Silos und Prozeß-Lagereinrichtungen.

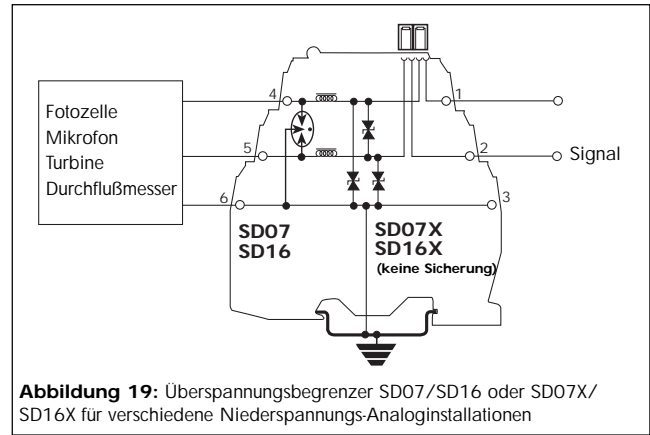
Das System deckt Arbeitsspannungen bis zu 30V ab und bietet Schutz gegen Stromstöße bis zu 10kA. Die Komponenten des LC30-Systems und ihre Anwendung sind ausführlicher beschrieben in TAN1006, Überspannungsschutz für Wägesysteme.

5.6.9 Überspannungsbegrenzer für verschiedene Niederspannungs-Analogschaltungen

Neben Temperaturfühlern gibt es auch andere Analog-Niederspannungsgeräte die eventuell einen Schutz erfordern, darunter Wechselstromsensoren, Fotozellen, Mikrophone und Turbinen-Durchflußmesser. Geeignete Überspannungsbegrenzer für diese Anwendungen sind die Modelle SD07 und SD16 sowie deren

entsprechende X-Varianten (s. Abb. 21). Für Schiebedraht-Wegmeßumformer werden normalerweise die Modelle SD07 und SD07X empfohlen.

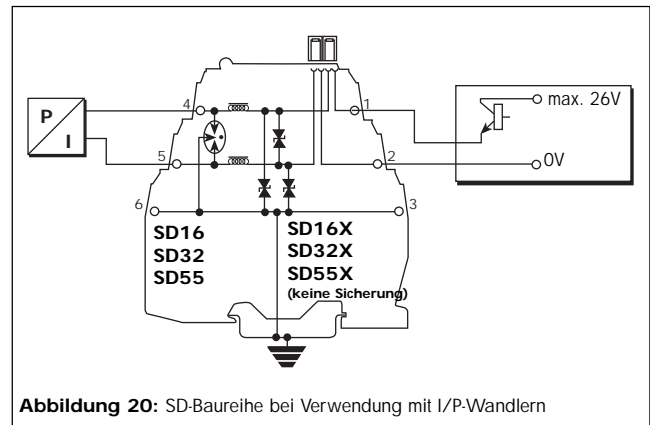
Siehe auch Abschnitt 5.6.16 für weitere Möglichkeiten.



5.6.10 Überspannungsbegrenzer für Schaltausgangsgeräte

Für Reglerausgänge wie etwa I/P-Wandler werden Überspannungsbegrenzer SD16, SD 32 und SD55 (und die entsprechenden X-Varianten) empfohlen. Die endgültige Wahl hängt ab von der Versorgungsspannung. Siehe Abb. 20.

Siehe auch Abschnitt 5.6.16 für weitere Möglichkeiten.



5.6.11 Überspannungsbegrenzer für Schalter

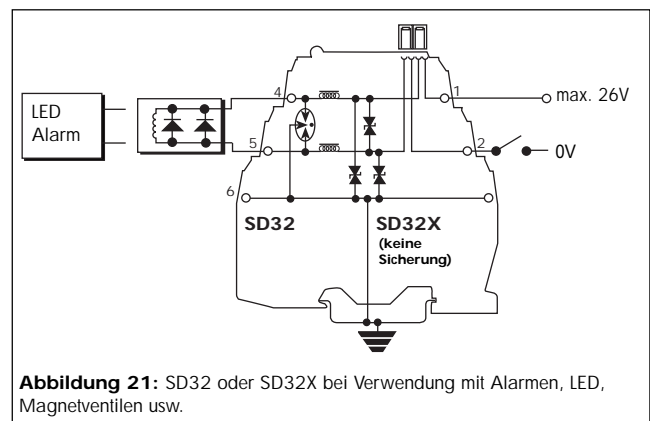
Je nach der Versorgungsspannung des Systems eignen sich die Modelle SD7, SD16, SD32 und SD55 bzw. die entsprechenden X-Varianten. Wird für Zustandsschalter eine 110V-Wechselstromversorgung verwendet, dann ist der SD150 die empfohlene Wahl.

Siehe auch Abschnitt 5.6.16 für weitere Möglichkeiten.

5.6.12 Überspannungsbegrenzer für Alarmer, LED, Magnetventile usw.

Die Modelle SD32 und SD32X werden für diese Geräte empfohlen. Siehe Abb. 21.

Siehe auch Abschnitt 5.6.16 für weitere Möglichkeiten.



5.6.13 Überspannungsbegrenzer für Wechselstrom- Netzleitungen

Wechselstrom-Netzleitungen sind oft Verursacher von Störgeräuschen und -impulsen. Telematic stellt sich verschiedenen Aspekten dieser Probleme mit einem umfangreichen Produktsortiment auf Metalloxid-Varistorbasis. Im Idealfall sollten ALLE Energieverteiltertafeln – sowohl primär als auch örtlich – durch geeignete Vorrichtungen geschützt werden. Die Schutzgeräte sind dabei immer entweder auf oder möglichst in Nähe der Tafel zu montieren.

Netzspannungen werden oft durch hochfrequente Signale verzerrt, die dann vom Stromnetz den angeschlossenen Geräten zugeleitet werden. Aber auch Geräte selber können Störsignale zurück in das Versorgungsnetz leiten, die dann Probleme bei anderen an das selbe Netz angeschlossenen Geräten hervorrufen können. Glücklicherweise können derartige Probleme durch Einschaltung einer einheitlichen Überspannungsschutz- und Filtervorrichtung vermieden werden. Wünschenswert dabei ist, das Nachschwingen zu verhindern, das beim Anlegen eines Impulses mit einer schnellen Anstiegszeit an den Filter entsteht. Telematic-Produkte nutzen hierzu eine spezielle Schaltung.

Für Haupt-Energieverteiltertafeln (d.h. direkt an das Stromnetz angeschlossene Tafeln) werden im Normalfall die Geräte der Baureihe MA2000 Phase Shield empfohlen, die in Ausführungen für ein- und dreiphasige 110V- und 240V-Versorgungen erhältlich sind. Das von diesen Geräten gebotene Schutzniveau ist in fast allen Situationen ausreichend, und da sie über ein Abzweigkabel angeschlossen sind, sind sie nicht beeinflusst von der Versorgungsstromstärke. Ist eine gefilterte Einphasenversorgung erforderlich, dann kann mit dem in Abb. 22 dargestellten MA2001/F auch eine gefilterte 20A-Speisung bereitgestellt werden.

Besteht ein Bedarf auf eine schwächere, gefilterte und unterdrückte Versorgung (z.B. für einen Instrumententräger, dann stellen eventuell die in einem Standard-Filtergehäuse und für DIN-Schienenmontage erhältlichen Modelle MA05 und MA10 eine geeignetere Lösung dar.

5.6.14 Überspannungsbegrenzer für Fernmeßanlagen

Als erste Bereitsteller von dezentralen kabelverbundenen Netzwerken (welche sich oft über große Entfernungen im Freien erstrecken) zählten Telekommunikationsanbieter zu den ersten Anwendern von Überspannungsschutzgeräten, demzufolge findet der Überspannungsschutz in der Telemetriebranche allgemein weitläufige Verwendung und Akzeptanz.

Viele Fernmeßsysteme nutzen Telefonleitungen (entweder dedizierte Privatleitungen oder das öffentliche Netz) für die Signalübertragung. Überspannungsbegrenzer die mit diesen Systemen eingesetzt werden

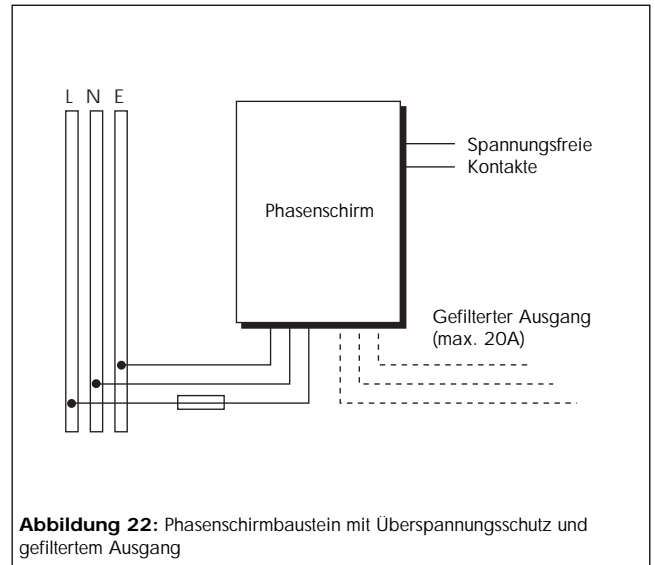


Abbildung 22: Phasenschirmbaustein mit Überspannungsschutz und gefiltertem Ausgang

erfordern eine Zulassung durch eine Telekomunternehmen wie etwa der Deutschen Telekom. Angesichts der dezentralen Beschaffenheit vieler Fernmeßinstallationen lohnt es sich sichtlich, die Einrichtungen an beiden Leitungsenden abzusichern, und auf diesem Grundsatz ist auch Telematics Produktangebot aufgebaut.

Die Leitungsspeisung und das Rufsignal erfordern relativ hohe Gleichspannungen – die typische Betriebsspannung eines Telefonsystems liegt im Bereich 40 bis 50Vdc. In Großbritannien betragen Rufsignalspannungen zwischen 120 und 140V, bei manchen Anlagen liegt dieser Wert aber sogar bei 270V. Elektronische Telekommunikations-einrichtungen umfassen auch Teilnehmerleitung-Schnittstellenbausteine (SLIC), deren Isoliervermögen ca. 60V betragen. In öffentlichen Sprechfunknetzen verwendete Überspannungsbegrenzer erfordern oft eine Zulassung durch eine nationale Aufsichtsbehörde, in Großbritannien z.B. die BABT (British Approvals Board for Telecommunications).

Standard-Zener- oder -Überspannungsdioden mit Durchbruchspannungen im Bereich 180V können Überspannungen klemmen, die Energieabgabe an die Komponenten ist dabei aber hoch und führt entweder zu unannehmbaren hohen Kosten oder einer gekürzten Lebensdauer des Netzes. Zur Lösung dieses Problems wurden sog. Foldback-Dioden entwickelt, die sich unter einer kritischen Spannung (der sog. Durchbruchspannung) ca. 60V verhalten, d.h. einen geringen Leckstrom in Rückwärtsrichtung

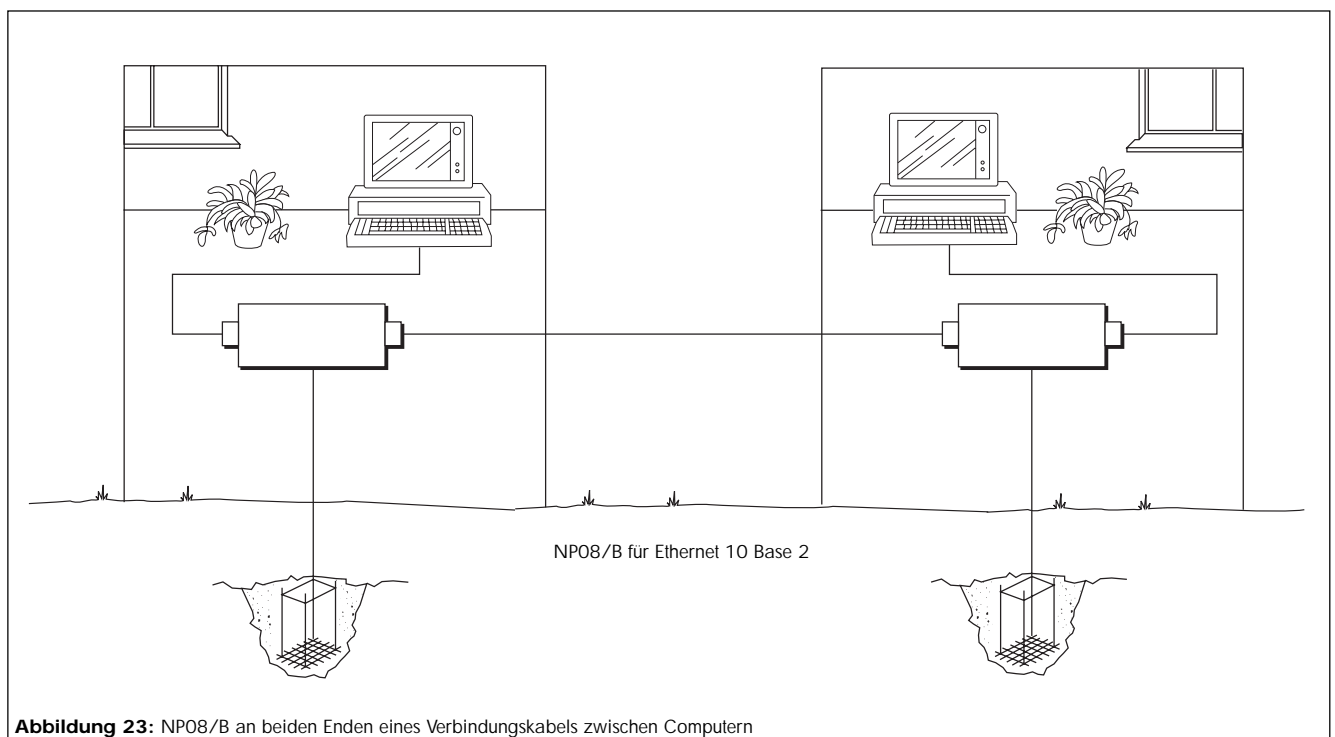


Abbildung 23: NP08/B an beiden Enden eines Verbindungskabels zwischen Computern

aufweisen. Über der Durchbruchspannung wird die Diode schnell (innerhalb von Picosekunden [10^{-12} s]) leitfähig. In einer herkömmlichen Zenerdiode steigt die Stromstärke bei einem Widerstand von typisch 1 oder 2Ω im Verhältnis zur Spannung an. In Foldback-Dioden aber fällt die Spannung auf einen wesentlich niedrigeren Wert ab sobald Strom fließt, wodurch die interne Verlustleistung stark reduziert wird.

Speziell für Telemetrie-Anwendungen entwickelte Überspannungsbegrenzer sind der DP200/4 und die Baureihe PX. Beide dieser Modelle bzw. Modellreihen verfügen über eine Zulassung durch eine Aufsichtsbehörde. Der DP200/4 ist konstruiert für den Einbau zwischen Leitungsbuchse und Telefonsteckbuchse und dient dem Schutz von Faxgeräten, Modems, Telefonen usw. wohingegen die PX-Reihe automatische Nebenstellenanlagen vor Störimpulsen auf Eingangsleitungen schützt.

Alle dieser Einheiten können Stromstöße bis zu 10kA aufnehmen. Siehe auch Abschnitte 5.6.15 und 5.6.16 für andere ähnliche Geräte.

5.6.15 Überspannungsbegrenzer für Datenkommunikationsanlagen

Betriebseigene Computersysteme sind heutzutage meistens über Weitverkehrsnetze (WAN) und örtliche Datennetze (LAN) miteinander verbunden. Vorausgesetzt, ein solches System ist auf ein einziges Gebäude begrenzt, sind Störungen die zu bedeutsamen Potentialunterschieden zwischen einzelnen Computern führen unwahrscheinlich. Erstreckt sich das Netzwerk aber wie heute oft üblich über mehrere Gebäude, so besteht für die vernetzten Computer eine höhere Beschädigungsgefahr durch Unterschiede im Erdpotential. Die beste Schutzlösung wird normalerweise durch Überspannungsbegrenzer an beiden Leitungsenden geboten (s. Abbildung 23). Werden Netzverbindungen zwischen verschiedenen Unternehmen oder Organisationen hergestellt, dann sind Schutzmaßnahmen besonders zu empfehlen, um gegen Dispute bezüglich dem Verursacher eines Schadens vorzubeugen.

Die Betriebsspannung des Überspannungsbegrenzers entspricht der maximalen Spannung der Kommunikationstreiberkarten, welche in nur wenigen Fällen über 12V liegt, Überspannungsbegrenzer mit einer Betriebsspannung von 16V eignen sich allgemein vorzüglich. EIA-Normen bestehen für die Datenkommunikation, wobei die Anzahl der erforderlichen Kanäle von der jeweiligen Implementierung abhängt. Das RS232C-Format beispielsweise spezifiziert 25 Leitungen zwischen zwei Computersystemen. Die meisten Systeme nutzen drei Leitungen zur Datenübertragung und eventuell weitere drei bis vier Leitungen fürs Handshaking (Sendung von Datenkommunikations-Steuersignalen). RS422- und RS423-Systeme sind im Grunde 4-Leiter-Schaltungen, deshalb sind an jedem Ende zwei Überspannungsbegrenzer erforderlich.

Die Überspannungsdioden und andere Halbleiterkomponenten in Überspannungsschutzkreisen erzeugen immer eine gewisse parasitäre Kapazität zwischen den Leitungen und zwischen Leitung und Erde. Überspannungsbegrenzer wirken deshalb als RC-Netzwerke mit zunehmender Abschwächung höherer Frequenzen. Typische Werte für Einfügungsdämpfung in dB bei bestimmten Frequenzen zu nennen ist hier nicht zweckdienlich, da der Hauptgrund für die unannehmbar hohe Fehlerrate bei schnellen Datenübertragungen die Modifizierung der Impulsform durch verschiedene Längs-Redundanzprüfungskomponenten in der Übertragungsleitung ist. Manche Systeme arbeiten zufriedenstellend bei 9,6 kBit/s, wohingegen andere bereits bei 1,2 kBit/s versagen. Ob eine korrekte Funktion möglich ist kann am besten durch eine Praxisprüfung ermittelt werden. Der Hauptfaktor bei der korrekten Systemfunktion ist die Fähigkeit des Empfängers, das Signal in die richtige Form umzuwandeln.

Gewöhnliche Überspannungsbegrenzer mit Hybridschaltkreisen sind deshalb nur selten in der Lage, eine hohe Bandbreite für Datenübertragungen mit einer ausreichend hohen Stoßableitfähigkeit zu verbinden. Der Bedarf nach niedrigen Klemmspannungen und einer delikaten Impedanzanpassung stellen beim Design von Schaltkreisen Hindernisse in den Weg, besonders wenn hohe Übertragungsgeschwindigkeiten erzielt werden sollen. Die Telematic-Überspannungsbegrenzer für Datenkommunikationsverbindungen, die alle die Spezifikation IEEE 802.3 überragen, sind eigens entwickelt, um diese Probleme möglichst umfassend zu lösen. Sie eignen sich für WAN und LAN aber auch für Telemetrieschaltungen (s. Abschnitt 5.6.14 für letztere Anwendung).

Für Computernetze werden die Überspannungsbegrenzer NP und FL1

angeboten, die eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit sowohl innerhalb eines Gebäudes als auch zwischen Gebäuden zulassen. Das Basismodell NP weist Schraubklemmen auf und begrenzt Spannungen auf 16 oder 30V bei einem Leitungswiderstand von 5Ω . Die Version NP/B ist mit BNC-Buchsen ausgestattet und die NP/N mit N-Verbindern. Die Klemmspannung der B- und N-Varianten beträgt 8 V und der Leitungswiderstand $<0,1\Omega$. Das Modell FL1 verfügt über Sicherungseinsätze um eine sichere Anbindung von Netzwerken mit verschiedenen Erdungssystemen zu gewährleisten. Der zulässige Stromstoß-Spitzenwert ist 10kA und Bandbreiten bis zu 70MHz sind unterstützt.

Eine ausführlichere Auseinandersetzung mit dem Thema Überspannungsschutz für örtliche Datennetze finden Sie im Telematic-Handbuch TAN1007.

5.6.16 Überspannungsbegrenzer für den Schutz von Meßanlagen

Signaleingangsleiter zu elektronischen Systemen bestehen meist aus verdrehten Doppelleitungen oder Koaxialkabeln. Aufgrund der umfangreichen Anwendungsmöglichkeiten (siehe auch Abschnitte 5.6.9 und 5.6.12), Übertragungsgeschwindigkeiten und Systemeigenschaften werden verschiedene Überspannungsbegrenzer mit schnellen Hybrid-schaltungen angeboten.

Neben der nahezu universalen für die Montage auf DIN-Schienen konstruierte SD-Baureihe (siehe Abschnitte 5.6.1 bis 5.6.12) kommen auch Bausteine für die Montage auf Sammelschienen (375-Reihe), die 19-Zoll-Europakarten-Bausteine für den Einbau in Baugruppenträgern (Baureihe DP) und Bausteine für die Montage in Rückwandplatinen (Baureihe SP4300) in Frage, letzere eignen sich besonders für eine enge Integration in Prozeßleitsysteme. Die meisten dieser Baureihen decken praktisch die selben Anwendungen ab wie die SD-Reihe. Zusätzlich gibt es die CA-Reihe von „Inline“-Überspannungsbegrenzern für koaxiale Leitungen mit einer minimalen Einfügungsdämpfung und einem Stehwellenverhältnis mit großer Bandbreite. Die CA-Reihe ist erhältlich mit einer umfangreichen Auswahl von Abschlüssen für nahezu alle Anwendungen (einschließlich der Tafelmontage).

5.6.17 Überspannungsbegrenzer für explosionsgefährdete Bereiche

Die sog. Eigensicherheit stellt die bevorzugte Explosionsschutzmethode dar für in Ex-Bereichen (d.h. Bereiche in denen eine potentiell explosive Atmosphäre entstehen kann) eingesetzten MSR-Geräte. Die Firma Measurement Technology Limited – eine Konzernschwester der Telematic Ltd. und der weltweit führende Anbieter von eigensicheren Geräten – arbeitet eng zusammen mit Telematic in der Entwicklung von Überspannungsschutzgeräten die geeignet sind für den Schutz von eigensicheren Schaltungen vor Blitzstößen und anderen energiereichen Störimpulsen.

Das Eigensicherheitsprinzip beruht auf der Begrenzung der den Betriebsmitteln im Ex-Bereich zugespeisten elektrischen Energie auf einen Maximalwert von ca. einem Watt. Zur Begrenzung der Energie werden allgemein an einer Stelle im sicheren Bereich eigensichere Schnittstellenbausteine in den MSR-Kreis eingeschaltet. Es gibt zwei Arten von eigensicheren Schnittstellen: Sicherheitsbarrieren (welche z.B. mit Zenerdioden ausgestattet sind) und Potentialtrenner. Die ersten leiten Fehlerstrom zu Erde ab während die letzteren, wie der Name schon sagt Fehlerstrom sozusagen trennen. Sicherheitsbarrieren sind kostengünstiger, Trenner haben aber den Vorteil, daß sie zusätzliche Schaltungen zur Signalverarbeitung enthalten und somit eine zweifache Funktion übernehmen können.

Diese kurze Einführung in den Überspannungsschutz eigensicherer Schaltungen befaßt sich nicht mit den Bescheinigungserfordernissen der verschiedenen nationalen und internationalen Normenbehörden, die die Implementierung von Überspannungsschutzmaßnahmen in diesen Schaltungen beeinflussen kann. Auch die strengen Erdungserfordernisse (mit Ausnahme der USA) für Überspannungsschutzsysteme werden hier nicht weitergehend erläutert.

Mehr über diese Anwendungsbereiche lesen Sie bitte in TAN1004, *Überspannungsschutz für eigensichere Systeme* und TAN1005, *Überspannungsschutz für Montageorte in Zone 0* in Verbindung mit diesem Handbuch.

6 ERDUNG

6.1 Einführung

Überspannungsbegrenzer schützen Betriebsmittel indem sie Stromstöße ableiten und induzierte Spannungen in Schaltungen regeln. Für beide dieser Funktionen ist eine Verbindung zu Erde mit niedriger Impedanz erforderlich. Die allgemeine Sicherheit und Zuverlässigkeit des gebotenen Schutzes kann durch eine nachlässige Installation negiert werden, deshalb gilt es, den Installations- und Erdungserfordernissen größte Aufmerksamkeit zu schenken. Mit der Erdung befaßt sich dieser Abschnitt, dabei handelt es sich wieder um ein Thema das ausführlicher in TAN1003, *Erdung für Überspannungsschutz – ein Ratgeber* behandelt wird. Für Informationen über spezifische Telematic-Überspannungsbegrenzer, siehe die jeweiligen Produktdatenblätter und -anweisungen.

6.2 Erdung

Die Bereitstellung einer widerstandssarmen Verbindung zur elektrischen Erde ist eine grundlegende Anforderung für alle Überspannungsbegrenzer die zur Begrenzung von Überspannungen zwischen Leitung–Leitung und Leitung–Erde eingesetzt werden. Alle anderen „Erdungen“ bestehen im Grunde aus Verbindungen zwischen verschiedenen Rückföhrpfaden und werden allgemein nach der Fehlerstromquelle eingestuft, z.B. Computererde, Energieerde, Meßgeräteeerde usw. Ein strukturmäßiger Blitzschutz ist voraussichtlich die einzige Funktion für die eine „wahre“, physikalische Verbindung zu Erde notwendig ist. Der Grund dafür beruht auf der Tatsache, daß es sich bei Blitzen um einen Überschlag zwischen zwei Ladungszentren handelt, von denen das eine sich in der Luft und das andere auf dem Boden befindet (gegen Entladungen zwischen und innerhalb von Wolken ist kein Schutz erforderlich, da sie am Boden befindliche Einrichtungen nicht beröhren). Obgleich der Strompfad zwischen den beiden Ladungszentren im Grunde senkrecht ist, verursacht aufgrund der enormen Stromhöhe sogar ein geringer horizontaler Anteil deutliche Potentialunterschiede in Anlagen. Abbildung 24 zeigt ein „ideales“ Werk mit einem einzigen Erdungspunkt, Abbildung 25 eine realistischere Anlage mit verschiedenen Bauten die jeweils mit unterschiedlichen Grundnetzen in Verbindung stehen. Blitzstrom wird wie abgebildet durch die Kolonne und schließlich zur mit dieser Struktur verbundenen Erde abgeleitet. Ein paralleler Pfad verbindet das allgemeine Werks-Erdungsnetz mit weiteren Grundnetzen. Bei der ersten Kreuzungspunkt wird der Blitzstrom annähernd dem Kirchhoffschen Gesetz folgend abgezweigt (d.h. rein auf Basis der Impedanz ohne Beachtung komplexer Verteilungen). Im abgebildeten Beispiel beträgt der Primär-Blitzstrom 100kA. Wenn 1% davon durch eine Werksverbindung von 0,5 Ω der alternativen Strecke folgt, so entsteht an dieser Verbindung ein Potentialunterschied von 500V. Auf Basis dieser Überlegungen liegen Beweise vor dafür, daß Blitzstrom hohe Potentialunterschiede verursacht und zu erheblichen Beschädigungen föhrt wenn keine direkten senkrechten Pfade zu Erde vorgesehen sind.

Ironisch ist, daß die eigentliche Impedanz der Erdungsverbindung unbedeutend wäre, wenn die Anlage völlig von der restlichen Welt getrennt wäre. Bei einer direkten Impedanz von z.B. 10 Ω und einer Stromstärke von 100kA wäre die gesamte Äquipotentialfläche um 1MV angehoben. Da aber alle Spannungen zur selben Höhe ansteigen, gäbe es keinen Potentialunterschied zwischen den verschiedenen Werksbereichen und somit keine Probleme. In der Praxis gilt es vor allem, einen direkten vertikalen Hauptpfad zur Erde bereitzustellen und alle Nebenpfade auf waagrechter Ebene zu verbinden. Dabei müssen die senkrechten und waagrechten Verbindungen eine geringe Impedanz aufweisen, um die in ihnen entstehenden Spannungen auf einem Mindestmaß zu halten. Die Impedanzen der Erdungen spielen nur insofern eine bedeutende Rolle, daß eine hohe Impedanz Probleme an äußeren Isolationsgrenzen verursachen kann, ein Höchstwert ist aber nicht vorgeschrieben. Die Wahl zwischen Erdungsstäben und Grundnetzen ist vorwiegend eine Frage der Kosten und Zweckdienlichkeit und eventuell dem Anstreben eines ausreichend tiefen Rückföhrpfades für den Schutz von Energieverteilern.

Auch die Erdung für Überspannungsbegrenzer muß mit dem Neutral-Sternpunkt des Transformators verbunden sein. Letzterer ist wiederum über den zentralen Werks-Bezugspunkt der Stromversorgung an ein Grundnetz angeschlossen. Mit dem zentralen Bezugspunkt – meist eine Sammelschiene von großem Ausmaß – wird sichergestellt, daß alle Anlagenerden die selbe Bezugsspannung mit einem Nennwert von Null Volt haben.

Abbildung 26 zeigt eine herkömmliche Gebäudestromversorgung. Das stahldrahtarmierte Energiekabel enthält alle drei Phasen und den Neutralleiter, die Armierung bildet der Schutzleiter. In den amerikanischen IEEE-Richtlinien für Kabel wird diese Konfiguration mit TN-S bezeichnet. Die Energieverteilung im Gebäude ist normalerweise einphasig. Die Erdleitungen sind hier an der Haupt-Erdschiene (1) angeschlossen, das selbe gilt für freiliegende leitfähige Teile der Installation (2). Werden Überspannungsbegrenzer installiert, sollte das OV-System für die Meßgeräte mit der Überspannungsbegrenzerverbindung (3) verbunden sein.

Der Überspannungsbegrenzer muß möglichst bald direkt geerdet sein. Dies wird am besten durch Anbindung an die Energieverteiler-Erdschiene (5) erreicht. Ist kein dedizierter Erdungsstab und kein Grundnetz vorhanden, kann die Überspannungsbegrenzererde durch (4) und (5) mit der Haupt-Erdschiene verbunden werden, so daß Stromstöße durch die Verteilererde abgeleitet werden. Da – sofern alle Geräte an dieser Stelle verbunden sind – keine relativen Spannungen entstehen und deshalb kein Strom durch die Personal- und Verteilersystem-Schutzverbindungen fließt, entstehen dadurch keine Sicherheitsgefahren.

Die für den Überspannungsbegrenzer bedeutende Erdimpedanz ist der Widerstand der Verbindung zwischen dem Überspannungsbegrenzer und der elektrischen bzw. Meßgeräte-Erdschiene. Näheres zu den Erdungs- und Verbindungserfordernissen finden Sie in Handbuch TAN1003.

7 INSTANDHALTUNG

7.1 Einführung

Die meisten Überspannungsbegrenzer erfordern keine regelmäßigen Prüfungen. Eventuell aufkommende Fehler lassen sich meist leicht erkennen, indem das Gerät sich bei offenen oder kurzgeschlossenen Schaltungen nicht erden läßt. Da in diesen Fällen keine Systembeschädigungen durch Strom- oder Spannungsstöße möglich sind, ist der Überspannungsbegrenzer folglich ausfallsicher. Natürlich wird der Systembetrieb damit unterbrochen, dies sollte aber ein äußerst seltenes Vorkommen sein: Der mittlere Ausfallabstand nach RRE250 liegt weit über 200 Jahren. Nach einer Stromstoßableitung werden Telematic-Überspannungsbegrenzer automatisch rückgestellt um weiterhin passiven Schutz und den fortgesetzten Systembetrieb zu gewährleisten.

Es empfiehlt sich jedoch, die Erdverbindungen regelmäßig zu überprüfen, um sicherzustellen, daß sie sich in gutem Zustand befinden und daß die Überspannungsbegrenzer nicht durch nachträgliche Änderungen umgangen worden sind. Überspannungsbegrenzer sind nur dann wirksam, wenn alle möglichen Überspannungs- und Stromstoß-Eingänge abgesichert sind. Hierzu ist ein fachkundiger, umfassender Ansatz zum Blitzschutz erforderlich, und damit sollte eine ernannte Person beauftragt werden. Diese Person wird sich mit der größten Diplomatie und Raffinesse mit den Einsprüchen der Computer-, elektrischen und anderen Abteilungen auseinandersetzen müssen, wo man sich doch bei der Erdung bereits auskennt und seine eigenen Erfordernisse diesbezüglich hat.

In Handbuch TAN1003 werden manche geeignete Prüfverfahren erläutert. Darüber hinaus sind die einfachen in Abschnitt 8 dieser Publikation beschriebenen Prüfungen eventuell auch nützlich.

7.2 Fehlersuche

Vor der Installation kann der Längswiderstand eines Überspannungsbegrenzers ganz einfach mit einem gewöhnlichen auf Widerstand gestellten Multimeter geprüft werden. Der Widerstand sollte bei Telematic-Einheiten nicht über 50 Ω liegen, bei manchen Geräten ist er sogar wesentlich geringer. Auch der Widerstand zwischen den Leitungen und Leitung zu Erde kann gemessen werden. Dieser wird sehr hoch sein, es sei denn, das Schutzelement ist ausgefallen oder die Ausgangsspannung des Meßgeräts liegt über der Nennleistung des Überspannungsbegrenzers (bei den meisten Überspannungsbegrenzern ist dies jedoch unwahrscheinlich).

Nach der Installation und Inbetriebnahme der Überspannungsbegrenzer ist eine regelmäßige Prüfung nicht empfohlen. Fehler lassen sich meist leicht durch Fehlfunktionen erkennen, und ein häufiges Abtrennen und Wiederanschließen zahlreicher Kabel kann leicht Fehlverbindungen zur Folge haben. Verpolungen haben keine schädliche Wirkung auf Überspannungsbegrenzer (da letztere allgemein symmetrisch um Erde sind), können aber Probleme für die geschützten Geräten verursachen.

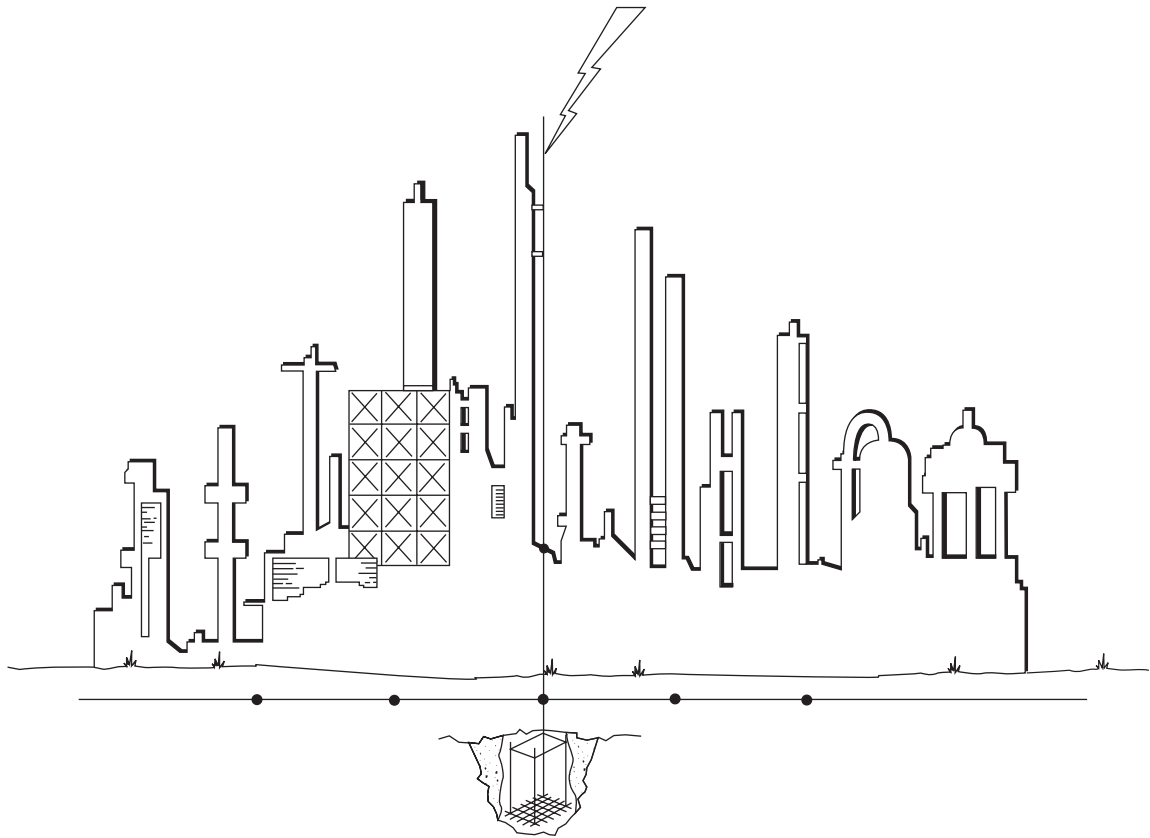


Abbildung 24: "Ideales" – Werk mit einer einzigen Erdung

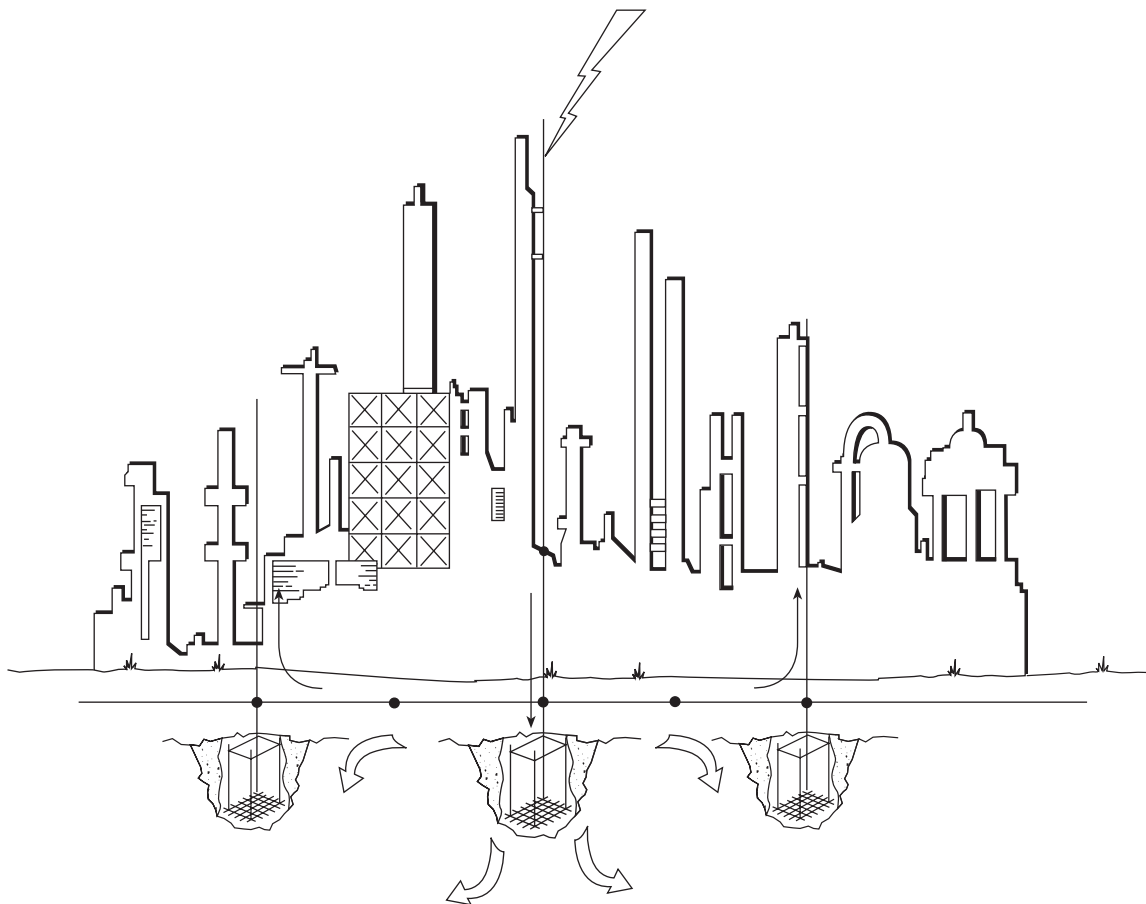


Abbildung 25: "Realistisches" Werk mit mehreren Erdungen

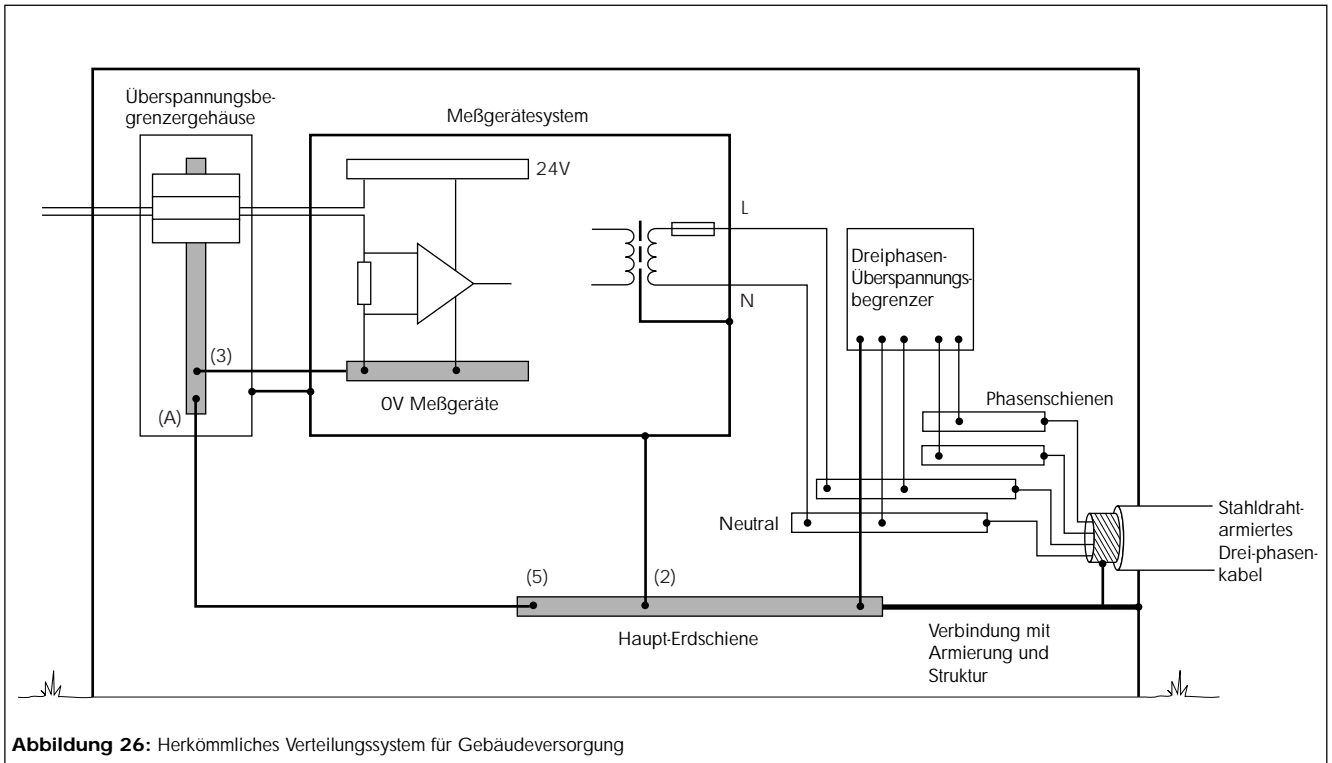


Abbildung 26: Herkömmliches Verteilungssystem für Gebäudeversorgung

Entstehen dennoch Probleme in einem bestimmten Kreis, muß der betroffene Überspannungsbegrenzer aus der Schaltung entfernt und der Längswiderstand sowie der Widerstand zwischen den Leitungen und zwischen Leitung und Erde wie im ersten Paragraph dieses Abschnitts beschrieben geprüft werden. Weist irgendeine dieser Prüfungen Probleme auf, so sollte der Überspannungsbegrenzer ersetzt und zur Reparatur an Telematic zurückgeschickt werden.

Betriebsprobleme können die folgenden Gründe haben:

- a) Die Betriebsspannung des Überspannungsbegrenzers ist so niedrig, daß Signale abgekappt werden.
- b) Der Längswiderstand des Überspannungsbegrenzers wurde beim Festsetzen der Schleifen-Speisespannung nicht mit eingerechnet.
- c) Die Nebenschlußkapazität des Überspannungsbegrenzers verursacht Signalverluste oder -verzerrungen.
- d) Der Überspannungsbegrenzer ist falsch in die Schleife eingebunden.

7.3 Reparatur

Die Bausteine der SD-Reihe sind komplett gekapselt, eine Reparatur einzelner Bausteine ist deshalb nicht möglich. Die meisten anderen Telematic-Überspannungsbegrenzer können mit herkömmlichen Methoden repariert werden (wobei durch eine Reparatur vor Ort jedoch die Telematic-Garantie ungültig wird).

8 Feldprüfung von Netz-Überspannungsbegrenzern

8.1 Einführung

Die folgenden Prüfungen können mit Hilfe eines Multimeters durchgeführt werden:

- a) bei einem in Reihe geschalteten Überspannungsbegrenzer – die Funktion der spannungsbegrenzenden Komponente (Abschnitt 8.2) und die serielle Durchgängigkeit (Abschnitt 8.3)
- b) bei einem parallelen (oder Nebenschluß-) Überspannungsbegrenzer – die Funktion der spannungsbegrenzenden Komponente (Abschnitt 8.2)

Eine Prüfung der HF-Entstörungseigenschaften ist im Normalfall umständlich aber auch unnötig.

8.2 Funktionsprüfung spannungsbegrenzende Komponenten

Diese Prüfungen eignen sich sowohl für in Reihe als auch parallel geschaltete Überspannungsbegrenzer.

8.2.1 Widerstandsprüfung

Die einfachste und sicherste Methode ist, den Überspannungsbegrenzer von der Stromversorgung abzutrennen und den Varistor durch Messen

des Widerstands zwischen den Klemmen L und N (Abb. 27) und den Klemmen L/Erde und N/Erde (Abb. 28) zu prüfen. Der Widerstand zwischen L und N sollte um 1Ω – der Wert des Ableitwiderstands – betragen; ein wesentlich geringerer Widerstand deutet auf ein wahrscheinliches Versagen des Varistors hin. Zwischen L/Erde und N/Erde sollte der Widerstand im Normalfall nicht über $10M\Omega$ liegen.

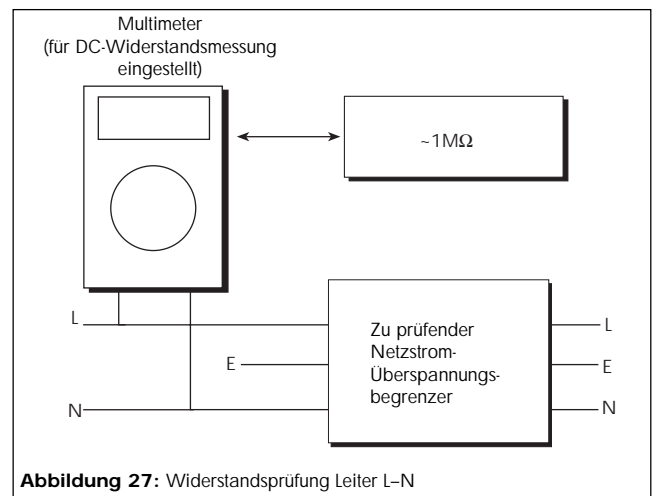


Abbildung 27: Widerstandsprüfung Leiter L-N

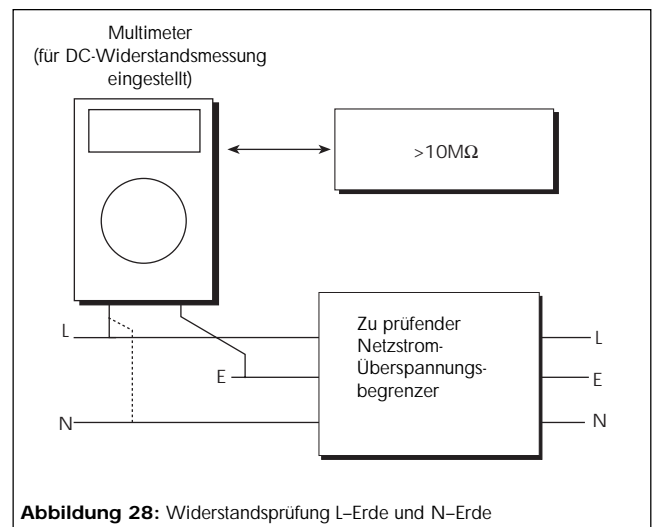
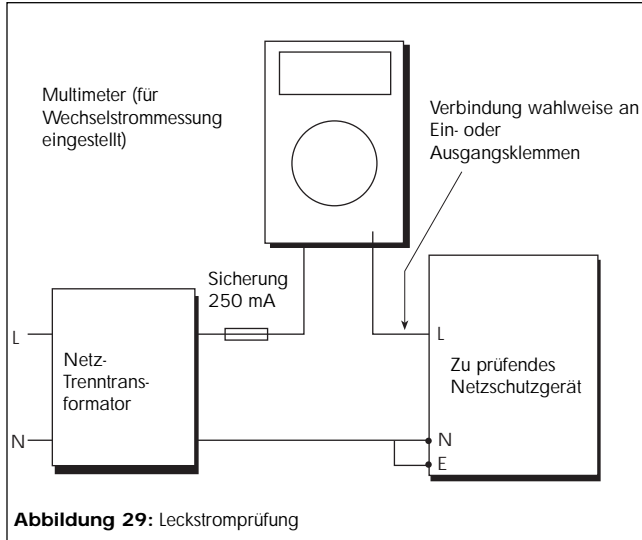


Abbildung 28: Widerstandsprüfung L-Erde und N-Erde

8.2.2 Prüfung des Leckstroms

Die Stromaufnahme bei Nullast kann mit der in Abbildung 29 gezeigten Schaltung gemessen werden. Diese Prüfung bietet einen deutlicheren Hinweis auf eventuelle Komponentendefekte, bringt aber auch potentielle Gefahren mit sich.

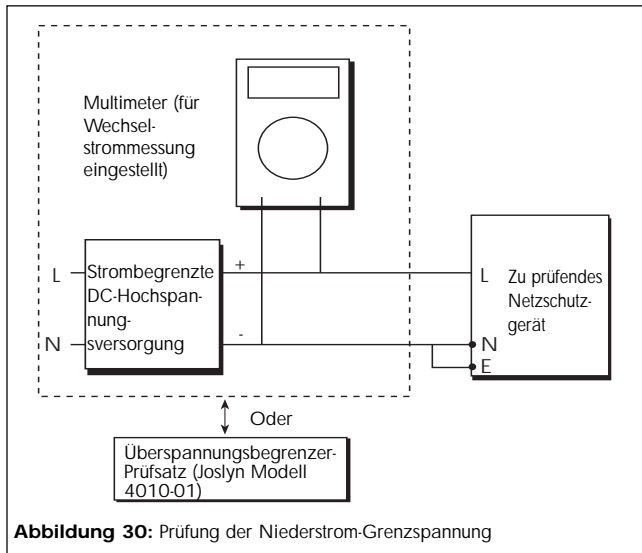
Anmerkung: Diese Prüfung ist unbedingt von fachkundigem Personal durchzuführen unter Beachtung aller notwendigen Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich der UNBEDINGTEN Verwendung des abgebildeten Trenntransformators.



8.2.3 Prüfung der Niederstrom-Grenzspannung

Bei Verfügbarkeit einer Hochspannung-Niederstromquelle (oder einem entsprechenden Prüfgerät) können die spannungsbegrenzenden Komponenten durch das Messen der Niederstrom-Grenzspannung geprüft werden. Siehe dazu Abb. 30.

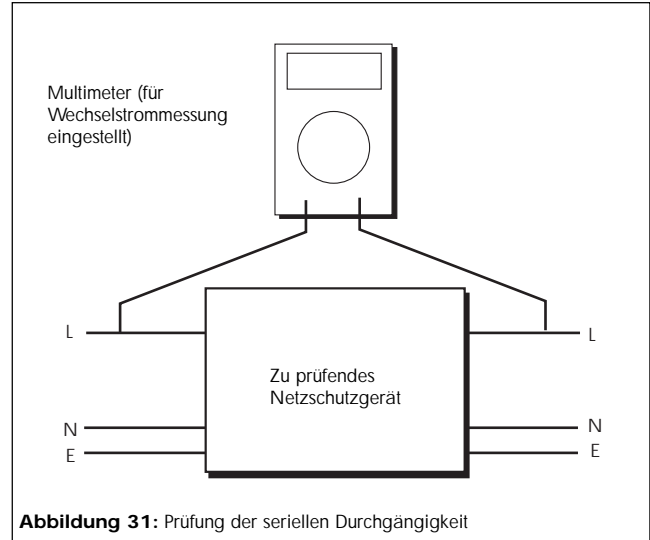
Anmerkung: Als Hochspannung-Niederstromquelle kann ein Isolierungsprüfgerät verwendet werden, das mindestens 500V bei ca. 1mA liefert.



8.3 Prüfung der seriellen Durchgängigkeit

Diese Prüfung eignet sich für in Reihe geschaltete Überspannungsbegrenzer.

Die Durchgängigkeit wird durch das Messen des Widerstands zwischen den Ein- und Ausgangsklemmen (d.h. L-L und L-N) mit einem Multimeter geprüft. Unter Berücksichtigung des Widerstands der Meßgerätkabel sollte dieser Wert unter 1Ω liegen.



MTL Instruments GmbH

An der Gumpesbrücke 17, D-41564 Kaarst
Telefon: +49 (0)2131 - 71893-0 Fax: +49 (0)2131 - 71893-33
E-mail info@mtl.de Homepage: www.mtl.de