Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 74 (1982)
Heft: 11-12

Artikel: Überspannungsschutz von räumlich ausgedehneten Anlagen
Autor: Bosshard, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941165

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Überspannungsschutz von räumlich ausgedehnten Anlagen

Walter Bosshard

Durch atmosphärische Entladungen, statische Aufladungen, Kurzschlüsse und Schaltvorgänge im Starkstromnetz können Überspannungen auf Mess-, Steuer-, Regelleitungen, Daten- und Telefonleitungen sowie auf Netzzuleitungen eingekoppelt werden. Überspannungen sind in der Regel nach Ort, Zeit und Häufigkeit zufällige Erscheinungen. Eine Abschätzung der Gefährdung ist schwierig. Beim Einsatz hochentwickelter Elektronik muss daher rechtzeitig dem Überspannungsschutz die notwendige Beachtung geschenkt werden. Dieser Aufsatz soll Mittel und Wege für einen ausgewogenen Überspannungsschutz aufzeigen.

Blitzgefahr

Die weitaus grösste Bedrohung elektrischer/elektronischer Anlagen ist der Blitz. Seine Auswirkungen bestimmen weitgehend die nötigen Schutzmassnahmen. Die Einschlaghäufigkeit [1] pro km² und Jahr beträgt für:

Norddeutschland und Skandinavien	0,3 bis 3
Voralpengebiet	3 bis 7
subtropische und tropische Gebiete	30 bis 70

Die entsprechenden mittleren Werte für einen Turm von 50 m Höhe und 10 × 10 m Grundriss lauten:

Norddeutschland und Skandinavien	ca. 0,02
Voralpengebiet	ca. 0,1
subtropische und tropische Gebiete	ca. 0,5

Bei Objekten mit Höhen über 100 m im Flachland sowie bei Objekten an exponierten Stellen im Gebirge ist auch in unseren Breiten mit einigen zehn Einschlägen pro Jahr zu rechnen [2].

Blitzstromparameter

Die Blitzstrommessungen von Prof. *K. Berger* [3, 4] auf dem Monte San Salvatore ergaben ein umfangreiches statistisches Material über Blitzströme und ermöglichten die Festlegung von Normblitzverläufen für die Dimensionierung von Schutzmassnahmen aller Art.
H. Prinz [5] gibt einen 5%-Normblitzverlauf (Bild 1) mit den folgenden Wirkungsparametern an:

$\hat{i}$ = 100 kA — massgebend für Potentialanhebungen an Erdern (Schrittspannung)

$\frac{di}{dt}$ max = 100 kA/µ — massgebend für induzierte Spannungen und Spannungsabfälle an Induktivitäten

$\int i^2 dt$ = 5 kA² s — energieproportionale Grösse, massgebend für thermische und dynamische Effekte

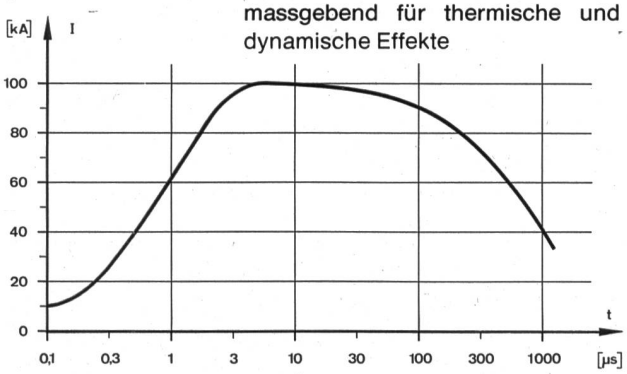


Bild 1. 5%-Normblitzverlauf nach *H. Prinz*

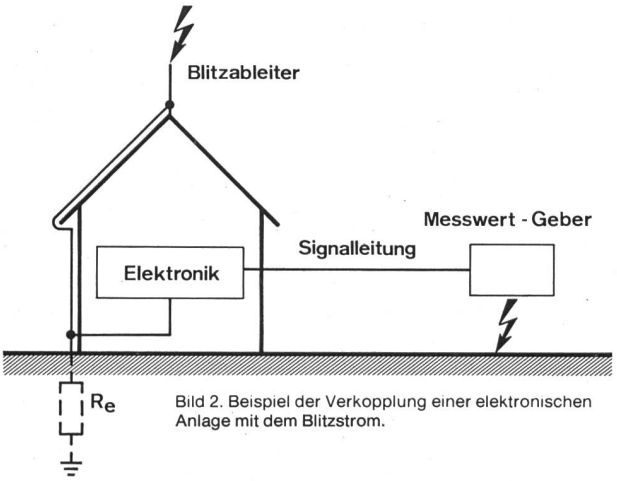


Bild 2. Beispiel der Verkopplung einer elektronischen Anlage mit dem Blitzstrom.

$\int i dt$ = 100 As — Ladung, massgebend für Ausschmelzungen am Einschlagpunkt

Die charakteristischen Werte des 5%-Normblitzes sollen nur in 5% aller Fälle überschritten werden.
Ein starker Blitz ist mit seiner Halbwertbreite vom 1ms Dauer ein kurzzeitiges Ereignis. Allerdings können anschliessend noch mehr oder weniger kontinuierliche Ströme in der Grössenordnung von 10 bis 100A während mehrerer Zehntelssekunden fliessen. Sie sind in der Regel für die Sicherheitsüberlegungen unbedeutend, können aber zum Beispiel eine Datenübertragung im ungünstigsten Fall bis zu einer Sekunde verunmöglichen.

Einkopplungsarten

Der Blitzstrom kann auf verschiedene Arten mehr oder weniger stark mit dem gefährdeten Objekt verkoppelt sein. Wird zum Beispiel ein elektrischer Leiter vom 5%-Normblitz durchflossen, beträgt der induktive Spannungsabfall pro Meter Leitung im Maximum:

$$u = \frac{di}{dt} L = 139 \text{ kV!}$$

$$\frac{di}{dt} = \text{Blitzstromanstieg} = 100 \text{ kA/µs}$$

$$L = \text{Induktivität pro m} = 1{,}39 \text{ µH}$$

Dieser Fall dürfte praktisch kaum vorkommen, da bereits Kabel von wenigen Metern Länge für den zeitlich rasch ansteigenden Blitzstrom eine so hohe Impedanz darstellen, dass er sich einen niederohmigeren Weg zur Erde suchen wird. Praktisch von Bedeutung sind vor allem die galvanische Einkopplung über Erdungswiderstände, die induktive Einkopplung sowie die Spannungsabfälle über den Leitungsimpedanzen.
Bild 2 zeigt eine häufig vorkommende Situation, bei welcher die zu schützende Elektronik über ihren Schutzerdeanschluss galvanisch mit dem Blitzstrom verkoppelt ist.

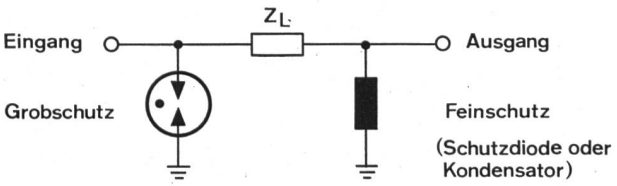


Bild 3. Prinzip einer Schutzschaltung.

Bild 4. Im Handel erhältliche Schutzschaltungen (Werkbilder Meteolabor). Links oben: Durchführungs-Schutzschaltung, Betriebspannung 6/12/24/150 V, Ableitstossstrom 25 kA (Form 8/20), Restspannung bei Überspannung <2× Betriebsspannung. Links unten: Schutzschaltungen für acht unabhängige Signalleitungen und für vier Doppeladern auf Europakarten. Rechts: Schutzschaltung für 220 V~/10A, Ableitvermögen 25 kA (Form 8/20).

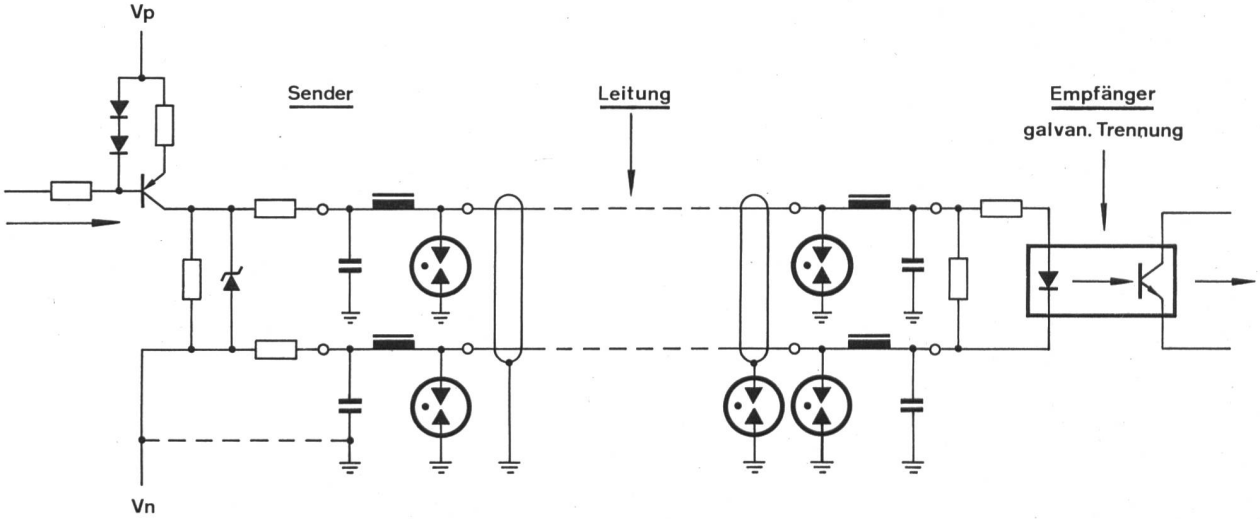


Bild 5. Datenkanal mit galvanischer Trennung vor dem Empfänger und beidseitig eingebauten Schutzschaltungen.

Die am Erdungswiderstand des Blitzableiters abfallende Spannung kann Werte in der Grössenordnung von 100 kV annehmen. Ein Teil dieser Spannung erscheint auch zwischen dem Messwertgeber und seiner Umgebung, was vermutlich zu einem Überschlag führen wird. Damit ist nun auch der Signaleingang des zu schützenden Gerätes gefährdet, obschon der Blitz gar nicht in die Signalleitung eingeschlagen hat. Das Beispiel zeigt, dass bei einem Gerät oder einer Anlage immer alle nach einem entfernten Punkt führenden elektrischen Verbindungen geschützt werden müssen.

Blitzschutzmassnahmen

Blitzschutz beginnt bereits bei der Projektierung einer Anlage. Durch richtige Auswahl und geeignete Installation der Geräte und Messwertgeber und durch korrekte Erdungen und Abschirmungen können Einkopplungen von Überspannungen häufig klein gehalten werden. Ob bei optimaler Ausführung einer Anlage ein zusätzlicher Überspannungsschutz der Geräte und Messwertgeber notwendig ist, hängt von der Spannungsfestigkeit der einzelnen Anlageteile ab. Die wenigsten Hersteller von elektronischen Geräten spezifizieren zurzeit sämtliche Ein- und Ausgänge bezüglich der max. zulässigen Überspannung.

Eine kurzzeitige, also induktiv eingekoppelte Überspannung könnte zum Beispiel mit dem genormten Spannungsimpuls 1,2/50 spezifiziert werden, wobei die erste Zahl die Anstiegszeit und die zweite Zahl die Halbwertbreite in µs angibt. Zusätzlich muss noch der Scheitelwert der Spannung angegeben werden.

Eine länger andauernde, also galvanisch eingekoppelte Überspannung kann zum Beispiel mit der maximal zulässigen Spannung für die Dauer von 10 ms spezifiziert werden.

Falls bereits spannungsbegrenzende Elemente in den Geräten eingesetzt sind, sollte der maximal zulässige Stossstrom der Geräteeingänge und -ausgänge spezifiziert sein, beispielsweise 5 kA, Form 8/20 (µs) für die induktive Einkopplung und 50A für die Form 10/1000 (µs) für die galvanische Einkopplung.

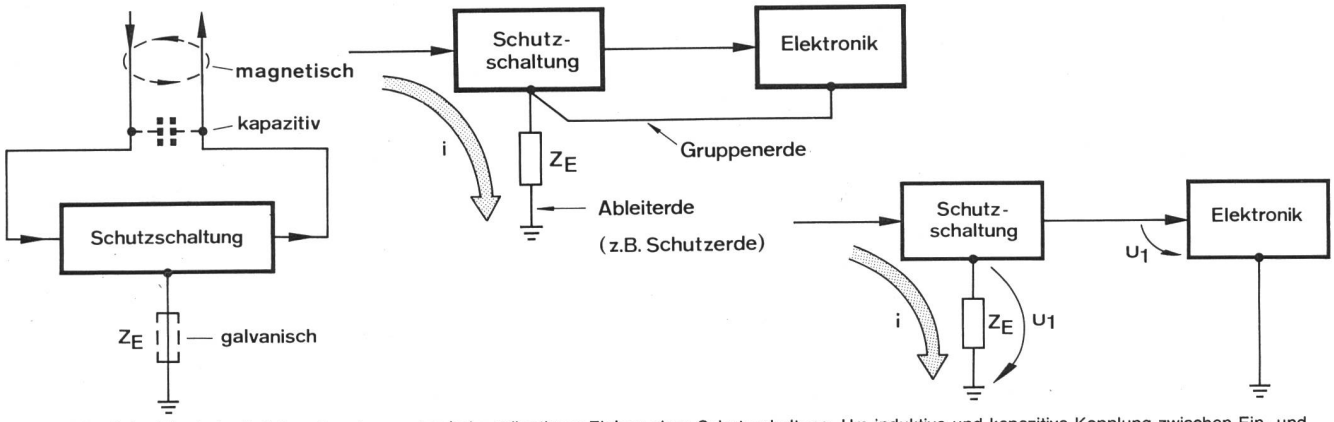


Bild 6a, links. Die drei möglichen Kopplungsarten bei ungünstigem Einbau einer Schutzschaltung. Um induktive und kapazitive Kopplung zwischen Ein- und Ausgang der Schutzschaltung zu vermeiden, müssen die geschützten Ausgänge so weit wie möglich von nicht geschützten Leitungen entfernt verlegt werden.

Bild 6b, Mitte. Galvanische Kopplung über die Impedanz der Ableiterdung bei ungünstigem Einbau der Schutzschaltung. Der Ableitstossstrom erzeugt über der Ableiterde Z_E einen Spannungsabfall u_1, der am vermeintlich geschützten Eingang der Elektronik wieder erscheint.

Bild 6c, rechts. Optimaler Einbau einer Schutzschaltung. Die über Z_E abfallende Spannung wird nicht in das zu schützende System eingekoppelt.

Schutzschaltungen

Als Schutzschaltungen gegen Überspannungen werden hier Kombinationen von aufeinander abgestimmten Grob- und Feinschutzelementen bezeichnet. Bild 3 zeigt das Prinzip einer solchen Anordnung. Das Längsglied Z_L begrenzt den Ableitstrom durch das Feinschutzelement und ermöglicht, bei Verwendung eines gasgefüllten Ableiters als Grobschutz, ein Ansteigen der Überspannung bis zum Zündpunkt. Bild 4 zeigt drei im Handel erhältliche Schutzschaltungen (Werkbilder Meteolabor).

Gute Schutzschaltungen bieten neben dem eigentlichen Überspannungsschutz für ein breites Störfrequenzspektrum eine hohe Dämpfung. Dadurch können Störungen zum Beispiel auf Übertragungsleitungen um Grössenordnungen reduziert werden. Das Ableitvermögen einer Schutzschaltung sollte grösser sein als der grösste von der zu schützenden Leitung noch transportierbare Stossstrom.

Die einzelnen Schutzschaltungstypen sind so auszuwählen, dass sie den normalen Betrieb nicht beeinflussen. So müssen zum Beispiel isolierte Messwertgeber auch nach dem Einbau einer Schutzschaltung bis zu einer bestimmten Überspannung isoliert bleiben, dann aber die ganze Überspannung wirksam ableiten.

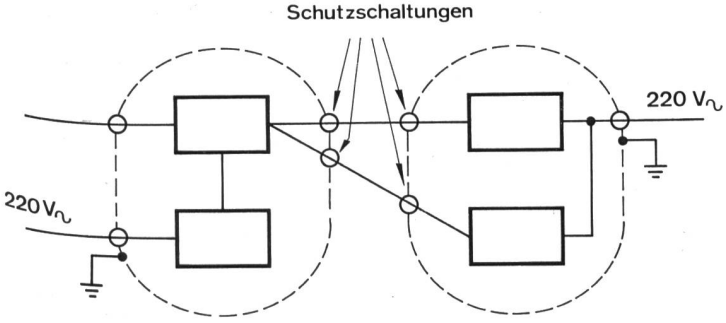
Bild 5 zeigt eine Anordnung von Schutzschaltungen [6] für einen Datenkanal.

Einbau von Schutzschaltungen

Grundsätzlich können Schutzschaltungen ihre Aufgabe nur bei optimalem Einbau in ein System erfüllen. Optimal heisst in diesem Falle, dass durch den Einbau möglichst wenig zusätzliche Kopplung (galvanisch, kapazitiv, induktiv) zwischen Ein- und Ausgängen der Schutzschaltung entsteht. Bild 6 zeigt in schematischer Darstellung die möglichen Kopplungsarten. Werden bei einer Anlage einzelne nah beieinander angeordnete Anlageteile zu Gruppen gebildet, so gilt die Regel, dass alle Drahtverbindungen, welche einen um die Gruppe herum gezeichneten Kreis durchbrechen, mit Schutzschaltungen oder Ableitern gegen die Gruppenerde geschützt werden müssen (Bild 7).

Alle Schutzschaltungen einer Gruppe sollen nahe zusammen, am besten auf einer gemeinsamen Metallplatte, montiert werden. Die Gruppenerde wird dann an dieser Platte (und nur hier) angeschlossen.

Bild 7. Alle Drahtverbindungen, welche einen um die Gerätegruppe gedachten Kreis durchbrechen, müssen gegen die Gruppenerde geschützt werden.



Kosten und Nutzen

In der Regel kann mit sehr kleinem materiellem Aufwand eine erste Steigerung der Blitzsicherheit um eine Grössenordnung erreicht werden. Voraussetzung ist allerdings, dass diese Massnahmen bereits bei der Entwicklung eines Gerätes sowie bei der Planung einer ganzen Anlage berücksichtigt werden.

Eine Steigerung um zwei Grössenordnungen wird einen materiellen Mehraufwand von etwa 30 bis 50 Franken pro Draht mit sich bringen. Damit wäre bereits ein Schutzgrad erreicht, der eine sehr hohe Betriebssicherheit unter ungünstigen Verhältnissen garantiert und ausserdem auch einen Schutz vor anderen hochfrequenten Störungen bietet. Bei einer räumlich ausgedehnten Anlage wird die Investition eines ausgewogenen Überspannungsschutzes problemlos selbsttragend sein.

Literatur

[1] *H. Prinz:* Gewitterelektrizität als Gefahr «Bulletin SEV» *67* (1976) 24.
[2] *Wiesinger/Hasse:* Handbuch für Blitzschutz und Erdung. Verlag Richard Pflaum, München.
[3] *K. Berger/E. Vogelsanger:* Messungen und Resultate der Blitzforschung der Jahre 1955 bis 1963 auf dem Monte San Salvatore, «Bulletin SEV» *56* (1965) 1
[4] *K. Berger:* Methoden und Resultate der Blitzforschung auf dem Monte San Salvatore bei Lugano in den Jahren 1963 bis 1971, «Bulletin SEV» *63* (1972) 24.
[5] *H. Prinz:* Die Blitzentladung in Vierparameterdarstellung, «Bulletin SEV» *68* (1977) 12.
[6] *W. Büchler/W. Bosshard:* Blitzschutz elektronischer Geräte und Anlagen. Eigenverlag der Meteolabor AG, 8620 Wetzikon.

Adresse des Verfassers: *Walter Bosshard,* Meteolabor AG, Hofstrasse 92, 8620 Wetzikon.

Vortrag gehalten an der Tagung über Automatisierung in der Talsperrenüberwachung, die am 14. und 15. Oktober 1982 vom Schweizerischen Nationalkomitee für Grosse Talsperren in Locarno durchgeführt wurde.