Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 37

Artikel: Blitzschutz von Gebäuden mit empfindlichen elektronischen Systemen
Autor: Hirschi, Werner / Sauvain, Hubert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77503

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: 15.07.2025

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

besserungen («Schwachstellenanalyse»). Gesicherte Relativaussagen sind möglich und helfen, die Ausgewogenheit des Sicherheitskonzeptes zu beurteilen.

□ Die Kernschmelzhäufigkeit kann als Beurteilungsmassstab der Anlagensicherheit herangezogen werden, wenn die Werte innerhalb des Vertrauensintervalls um weniger als einen Faktor 10 schwanken, was meist der Fall ist.

Nach den vorliegenden Studien liegt die Kernschmelzhäufigkeit für westliche Anlagen im Bereich von 0,0001 bis 0,00001 pro Reaktor-Jahr. Die Aussagekraft dieser Ergebnisse ist relativ hoch:

Zur Überprüfung können empirische Daten herangezogen werden, methodische Defizite sind zwar bedeutsam, aber noch nicht dominierend, sie können mit plausiblen Annahmen überbrückt werden; sie werden durch aufgetretene Ereignisse/Unfälle nicht widerlegt – *Tschernobyl ist nicht übertragbar.*

In diesem Bereich könnten die Ergebnisse auch im Sinne von Absolutaussagen genützt werden; der Nachweis, dass quantitative Sicherheitsanforderungen («safety goals») erfüllt werden, wäre möglich.

□ Bei einer Nutzung der Ergebnisse von Risikoanalysen im Bereich noch kleinerer Häufigkeiten ist grosse Vorsicht geboten: Eine ausreichende Vollständigkeit betrachteter Ereignisse/Ereignisabläufe ist nur schwer zu erreichen bzw. nachzuweisen, wichtige Ereignisse (Einwirkungen Dritter) entziehen sich einer adäquaten Behandlung, methodische Defizite liessen sich durch konservative Ansätze mindern, was aber auch zu unrealistischen Ergebnissen führen könnte (Beispiel «Kaputtrechnen» hochredundanter Systeme über einen hohen fiktiven Anteil abhängiger Ausfälle).

Die Methodik probabilistischer Risikoanalysen sollte unter Nutzung von Betriebserfahrungen im Bereich der Kerntechnik weiter entwickelt und ihren Möglichkeiten entsprechend eingesetzt werden. Vorrangiges Ziel muss aber auch sein, sie für den Einsatz in anderen industriellen Bereichen zu qualifizieren und langfristig Risikovergleiche zu ermöglichen.

Adresse der Verfasser: Prof. Dr. *W. Kröger*, Paul-Scherrer-Institut (PSI), 5232 Villigen, *S. Chakraborty*, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5303 Würenlingen.

Literatur

[1] American Nuclear Society and the Institute of Electrical and Electronics Engineers: PRA Procedures Guide, NUREG/GR-2300, January 1983

[2] *Swain, A.D., Guttmann H.E.:* Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power plant Application, Final Report, NUREG/CR-1278, August 1983

[3] *Minarick J.W. et al.:* Precursors to Potential Severe Core Damage Accidents: 1984 and 1986, A Status Report, NUREG/CR-4674 (1987), and NUREG/CR-4674 (1988)

[4] *Hauptmanns U., Herttrich M., Werner W.:* Technische Risiken, Ermittlung und Bewertung, Springer-Verlag 1987

[5] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants (1989) NUREG-1150

[6] *Garrick B. John:* Lessons Learned from 21 Nuclear Plant Probabilistic Risk Assessments, Nuclear Technology, Vol. 84 (March 1989)

Blitzschutz von Gebäuden mit empfindlichen elektronischen Systemen

Zweck des Blitzschutzes ist es, Personen und Material vor den schädlichen Einwirkungen des Blitzschlages zu bewahren. Diese Aufgabe hat in den letzten Jahren infolge der starken Ausbreitung von EDV-Anlagen beziehungsweise empfindlichen elektronischen Systemen (Alarmanlagen, Personalsuchanlagen, usw.) stark an Bedeutung gewonnen. Verantwortlich dafür ist nicht zuletzt die Betriebssicherheit der Systeme, der immer mehr Gewicht zukommt. Dieser Beitrag zeigt, wie durch Anpassung des Schutzgrades an die systemeigene Stör- oder Zerstörfestigkeit und schon beim Bau des Gebäudes getroffene Massnahmen ein effizienter und kostengünstiger Schutz bewerkstelligt werden kann.

Einleitung

Stör- und Zerstörfestigkeit der EDV-Anlagen

VON WERNER HIRSCHI UND HUBERT SAUVAIN, ROSSENS

Störungen, die auf ein System einwirken, rufen, sofern sie einen genügenden Pegel aufweisen, eine Verfälschung der Nutzgrössen hervor. Als Störfestigkeit wird der Störpegel bezeichnet, bei welchem diese Verfälschung gerade noch zulässig ist [1]. Analog dazu nennt man den Störpegel, der knapp unterhalb der Grenze zwischen Verfälschung und Zerstörung liegt, die Zerstörfestigkeit.

Stör- und Zerstörfestigkeit der logischen Grundbauteile nehmen leider mit fortschreitender Technologie ab. Die Energie, die notwendig ist, um ein Logik-Element (z.B. integrierter Schaltkreis) zum Schalten zu bringen, wird aus verständlichen Energie-Spargründen immer kleiner. Dies bewirkt, dass auch die Energie, die notwendig ist, um dieses Element zu stören, sinkt, und dass somit die Wahrscheinlichkeit einer Störung durch äussere Beeinflussungen erhöht wird. In gleicher Weise führt die fortschreitende Miniaturisierung zu einer Erhöhung der Zerstörempfindlichkeit. Es braucht immer weniger Energie, um ein logisches Grundelement mit seinem kleiner werdenden Volumen und den dünner werdenden Verbindungen zum Nachbarelement zu zerstören (Bild 1, [2]).

Die zunehmende Vernetzung der EDV-Anlagen führt ebenfalls zur Verminderung der Stör- und Zerstörfestigkeit. Der Schutzgrad der einzelnen Anlagen leidet sehr unter der zunehmenden Zahl und Länge von Verbindungskabeln zur Aussenwelt. Diese Kabel fangen Störenergie aus der Umgebung ein und verstärken unter Umständen ihre Wirkung noch.

Mittlerweile bemühen sich die Hersteller – zum Beispiel durch Einhaltung von Normen – die Systeme so auszulegen, dass sie in der Lage sind, in ihrer späteren Betriebsumgebung störungsfrei zu funktionieren. Es gibt jedoch gewisse Bereiche, die schwer abzudecken sind, weil sie eher von der Infrastruktur des Anwenders abhängen. Dies trifft beim Blitzschutz besonders zu.

Eigenschaften eines Blitzschlages

Ein Blitz kann an seinem Einschlagspunkt als eine Stromquelle betrachtet werden, die in der Lage ist, einen impulsförmigen Strom abzugeben. Bild 2 zeigt die typischen Kenngrössen einer solchen Blitzentladung [3]. Man unterscheidet zwischen negativen Stromstössen, bei denen der Strom von der Erde zur Wolke fliesst (zirka 80 Prozent der Fälle), und positiven Stromstössen, bei denen der Strom von der Wolke zur Erde fliesst (zirka 20 Prozent der Fälle).

Die Energie, die bei einem Blitzschlag freigesetzt wird, ist relativ gering. Sie liegt bei einigen MJ, was bedeutet, dass man damit etwa 100 Liter Wasser zum Verdampfen bringen, oder, rein theoretisch, ein Bügeleisen während etwa eines Tages betreiben könnte. Die Gefährlichkeit des Blitzes rührt demzufolge daher, dass die Energie in einer extrem kurzen Zeitspanne freigesetzt wird.

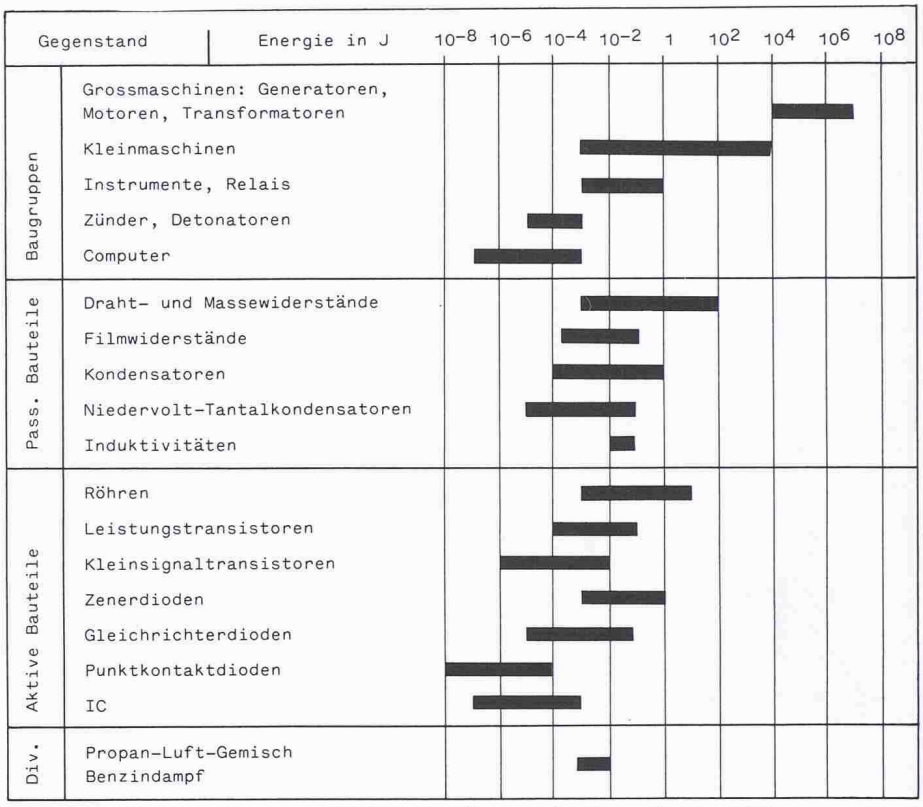

Bild 1. Beobachtete Zerstörungsenergien für verschiedene Elemente [2]

Wahrscheinlichkeit eines Blitzschlages

Die Blitzschlagsrisiko ist vom geographischen Standort abhängig. Man kann dieses Risiko anhand der sogenannten isokeraunischen Kurven abschätzen. Sie können einer Karte entnommen werden, auf der die Anzahl der jährlichen Gewittertage an verschiedenen Standorten eingetragen und die Standorte mit gleichen Werten durch eine Kurvenlinie verbunden sind (Bild 3 [3]). Der Wert, den man aus diesen Kurven für eine bestimmte Gegend ermitteln kann, erlaubt es, die Wahrscheinlichkeit eines Einschlages auf ein bestimmtes Objekt während einer bestimmten Zeitspanne zu berechnen.

Wirkungen eines Blitzschlages

Galvanische Kopplung

Der hohe transiente Strom (di/dt von einigen 10 kA pro µs), der bei einem Blitzschlag fliesst, bewirkt auf den Impedanzen, die er entlang der Entladestrecke antrifft, Spannungsabfälle.

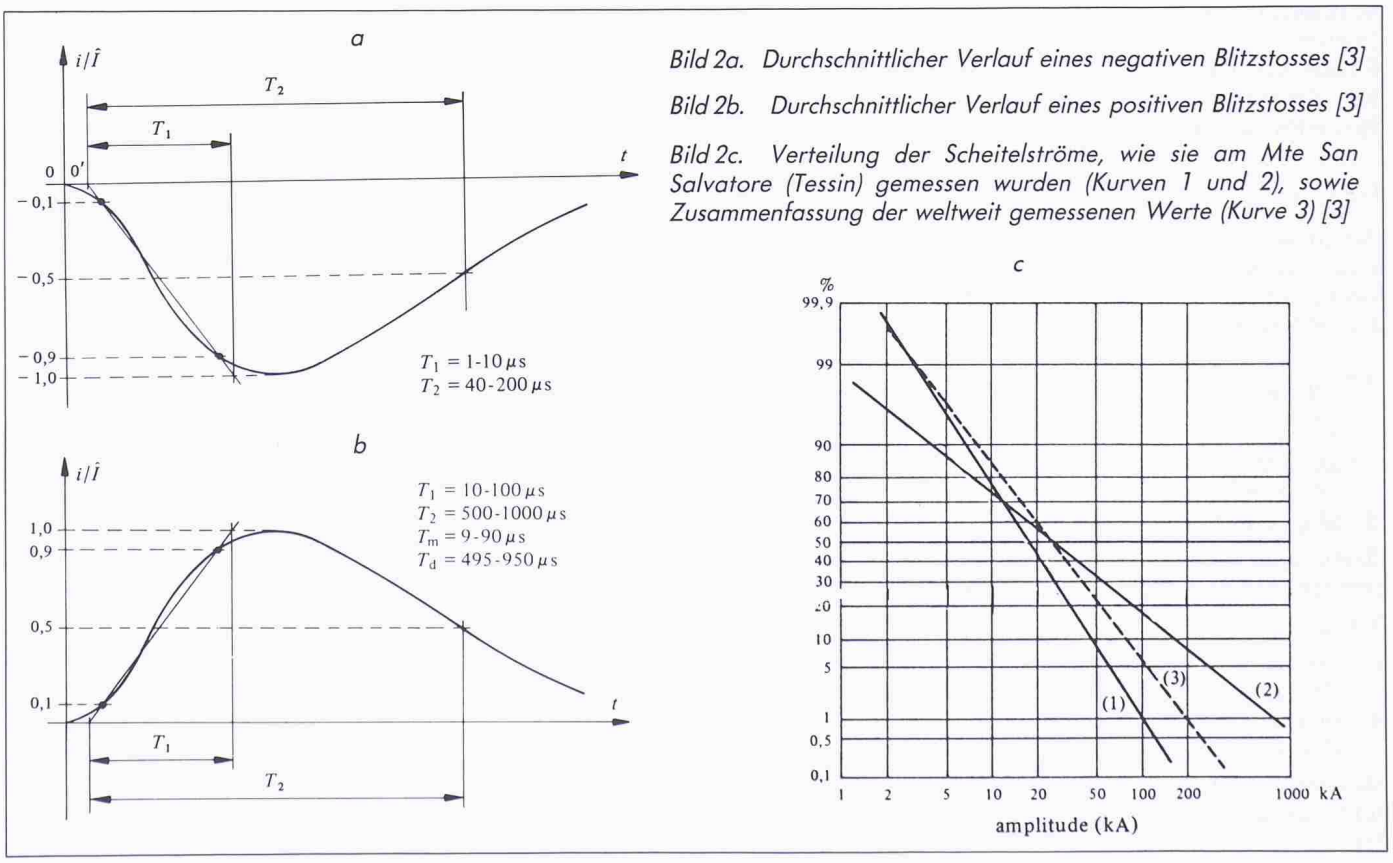

Bild 2a. Durchschnittlicher Verlauf eines negativen Blitzstosses [3]

Bild 2b. Durchschnittlicher Verlauf eines positiven Blitzstosses [3]

Bild 2c. Verteilung der Scheitelströme, wie sie am Mte San Salvatore (Tessin) gemessen wurden (Kurven 1 und 2), sowie Zusammenfassung der weltweit gemessenen Werte (Kurve 3) [3]

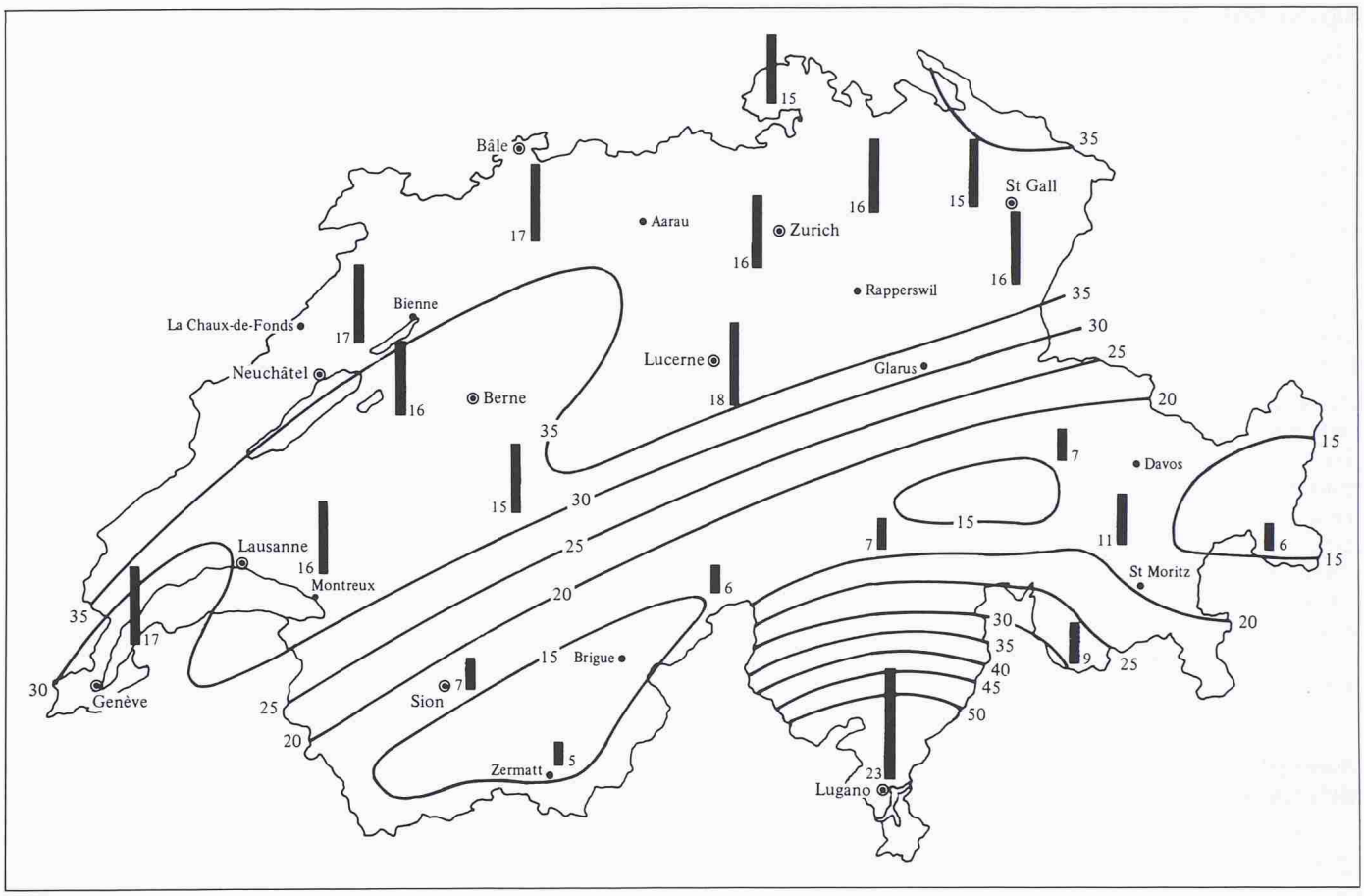

Bild 3. Isokeraunische Kurven für die Schweiz [3]

Fliesst zum Beispiel ein Spitzenstrom von 10 kA in eine Erdimpedanz von 1 Ohm, so steigt das Erdpotential an diesem Punkt auf 10 kV. Fliesst derselbe Spitzenstrom von 10 kA mit einer Anstiegszeit von 10 µs über einen Erdungsleiter, der eine Induktivität von 0,1 mH aufweist, so entsteht zwischen den Anschlüssen dieses Leiters eine Spannung von 100 kV.

Induktionskopplung

Der Blitzstrom, der über einen elektrischen Leiter oder ein Erdungsband fliesst, erzeugt ein magnetisches Feld, das wie folgt berechnet werden kann:

$$H = \frac{i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

i : Strom (A)
r : Distanz vom stromführenden Leiter (m)
H : Magnetfeld (A/m)

Damit kann man die resultierende magnetische Induktion berechnen:

$$B = \mu_o \cdot H$$

μ_o : magnetische Feldkonstante (H/m)
B : magnetische Flussdichte (Vs/m² oder Tesla)

Massgebend für die Spannung, die auf einen parallel zum blitzstromführenden Leiter verlegten Leiter induziert wird, ist der magnetische Fluss, der folgendermassen ermittelt wird:

$$\varphi = B \cdot A$$

A : Fläche zwischen beiden Leitern (m²)
B : magnetischer Fluss (Vs oder Wb)

Die eingekoppelte Spannung berechnet sich schliesslich wie folgt:

$$U = \frac{d\varphi}{dt}$$

U : eingekoppelte Spannung (V)

Eine andere Möglichkeit, die induzierte Spannung zu berechnen, besteht darin, die Gegeninduktivität zwischen dem blitzstromführenden und dem parallel dazu geführten Leiter zu ermitteln. Der Ausdruck der induzierten Spannung sieht danach wie folgt aus:

$$U = - M \cdot \frac{di}{dt}$$

M : Gegeninduktivität (H)

Strahlungskopplung

Bei der Behandlung der Induktionskopplung wurde angenommen, dass man sich im Nahfeld der Blitzstromquelle befindet, und dass die Quelle eine rein magnetische Feldkomponente abstrahlt. In Wirklichkeit jedoch strahlt ein Blitzschlag ebenfalls ein elektrisches Feld ab, dessen Scheitelwert in einigen hundert Metern Entfernung immer noch einige kV/m beträgt. Dieses Impulsfeld, dessen Störspektrum bis zu einigen 100 kHz reicht, kann sich sehr störend auf EDV-Anlagen auswirken. In der Annahme, dass die Felder untereinander senkrecht verlaufen, lässt sich der Poynting-Vektor als Leistungsdichte definieren:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

$\vec{E}$: E-Feld-Vektor

$\vec{H}$: H-Feld-Vektor

$\vec{S}$: Poynting-Vektor

$$E = \int_0^t S\,dt$$

E : Energie/m²

Diese Energie kann in einigen hundert Metern Entfernung einige hundert mJ/m² betragen, was gemäss Bild 1 ausreichen kann, um einen Halbleiter zu beschädigen.

Blitzschutzmassnahmen

Gebäude

Das Fangleiter-System, wie es oftmals in Normen wie (SEV 4022, 1987) spezifiziert wird, oder die Betonarmierung,

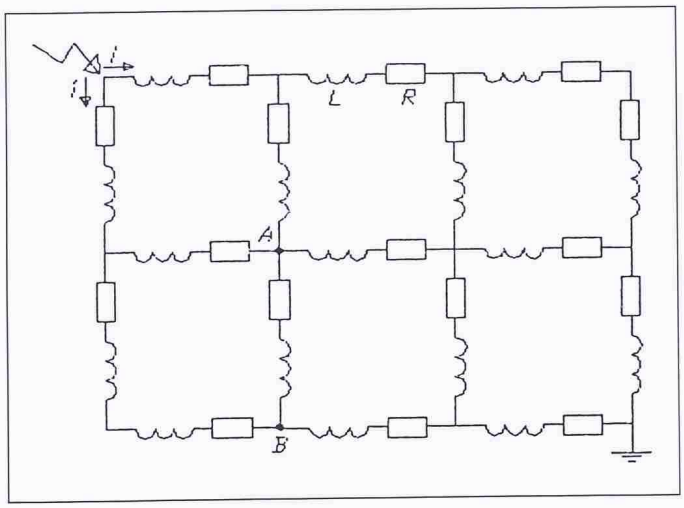

Bild 4. Ersatzschema der Betonarmierung oder des Fangleiter-Systems. Bei einem Blitzeinschlag entsteht eine transiente Spannung zwischen dem Gerät, welches am Punkt A geerdet ist, und demjenigen, welches am Punkt B geerdet ist.

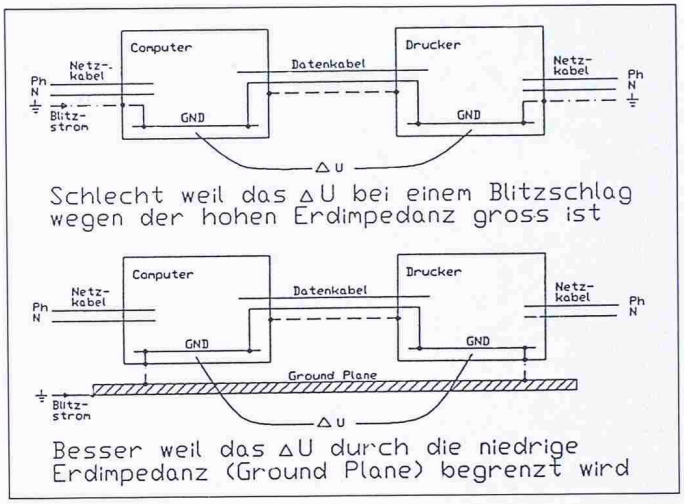

Bild 5. Eine Kupferfläche oder ein Maschengitter als «Ground Plane» für einen Computerraum verhindern, dass transiente Überspannungen zwischen den einzelnen Geräten entstehen.

die zum selben Zweck verwendet werden kann, dürfen auf keinen Fall als Erdungspunkt für Systeme dienen. Es entsteht insbesondere eine Gefahr, wenn mehrere, untereinander mit Datenleitungen verbundene Systeme an verschiedenen Punkten des Fangleitersystems geerdet werden. Das Fangleitersystem kann durch ein vernetztes Gebilde von Widerständen und Induktivitäten modellisiert werden (Bild 4). Es ist angesichts des hohen transienten Blitzstroms praktisch unmöglich, eine gute Equipotentialität herzustellen. Die Spannungen zwischen den verschiedenen Knoten erreichen zwangsläufig mehrere KV.

Ein Fangleiter-System ist kein absoluter Schutz. Durch Experimente konnte folgende Faustregel zur Ermittlung der kritischen Distanz (Distanz, bei der es zur Entladung kommt) erstellt werden:

$d = 6{,}7 \cdot I^{0{,}8}$

I : Scheitelstrom (KA)

d : kritische Distanz (m)

Daraus wird ersichtlich, dass bei kleinen Strömen die kritische Distanz, die man auch als Fangdistanz bezeichnen kann, klein ist. Dementsprechend kann der Blitz irgendwo anders als auf das Fangleitersystem einschlagen, z.B. in eine Person neben einem Baum oder einem Kirchturm.

Betonarmierungen werden oftmals als Faraday-Käfige betrachtet. Das heisst, man nimmt an, dass die elektromagnetischen Felder sie nicht durchdringen. Diese Annahme ist nur ganz be-

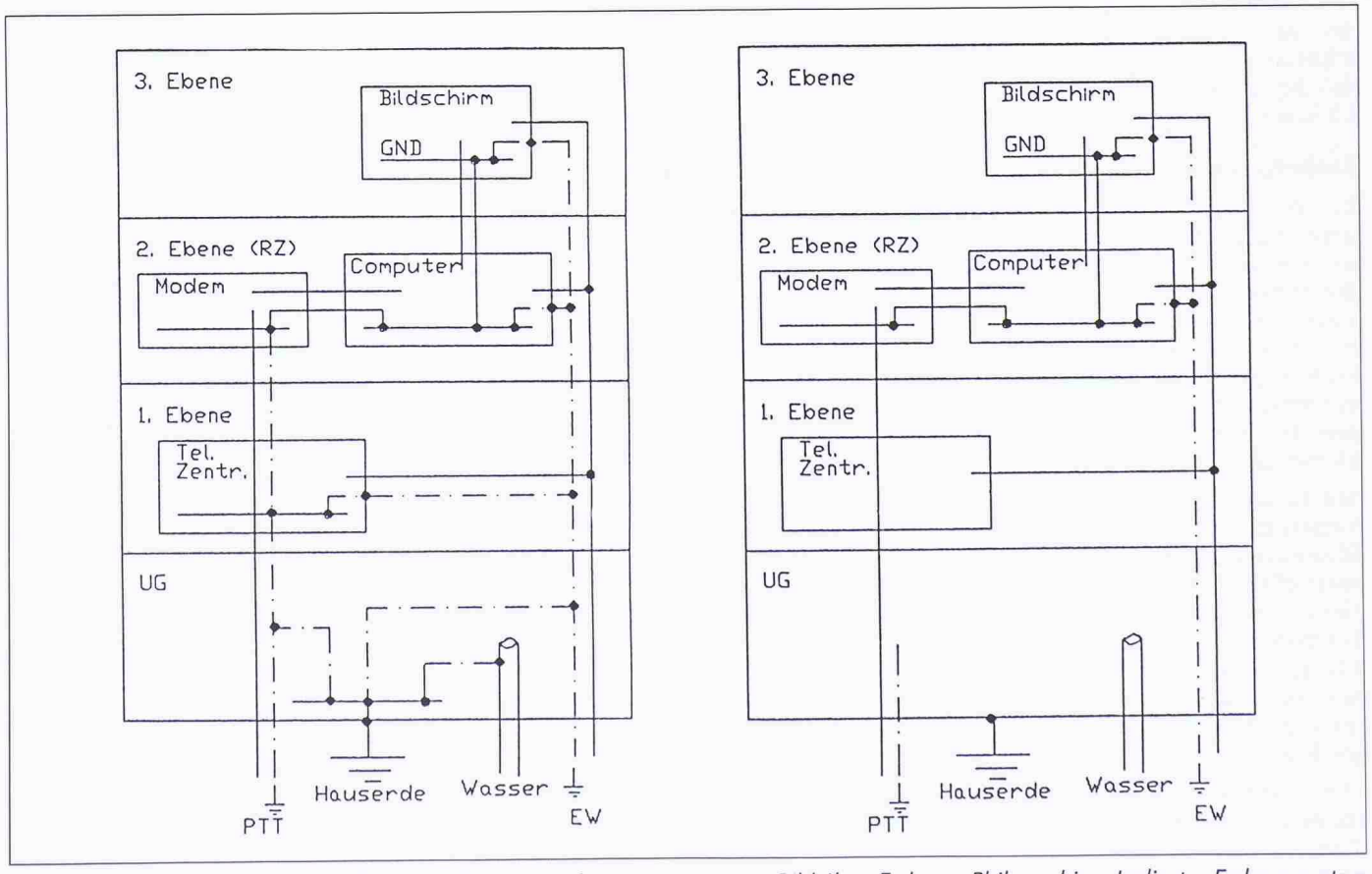

Bild 6a. Erdungs-Philosophien: Zentraler Erdungspunkt

Bild 6b. Erdungs-Philosophien: Isoliertes Erdungssystem

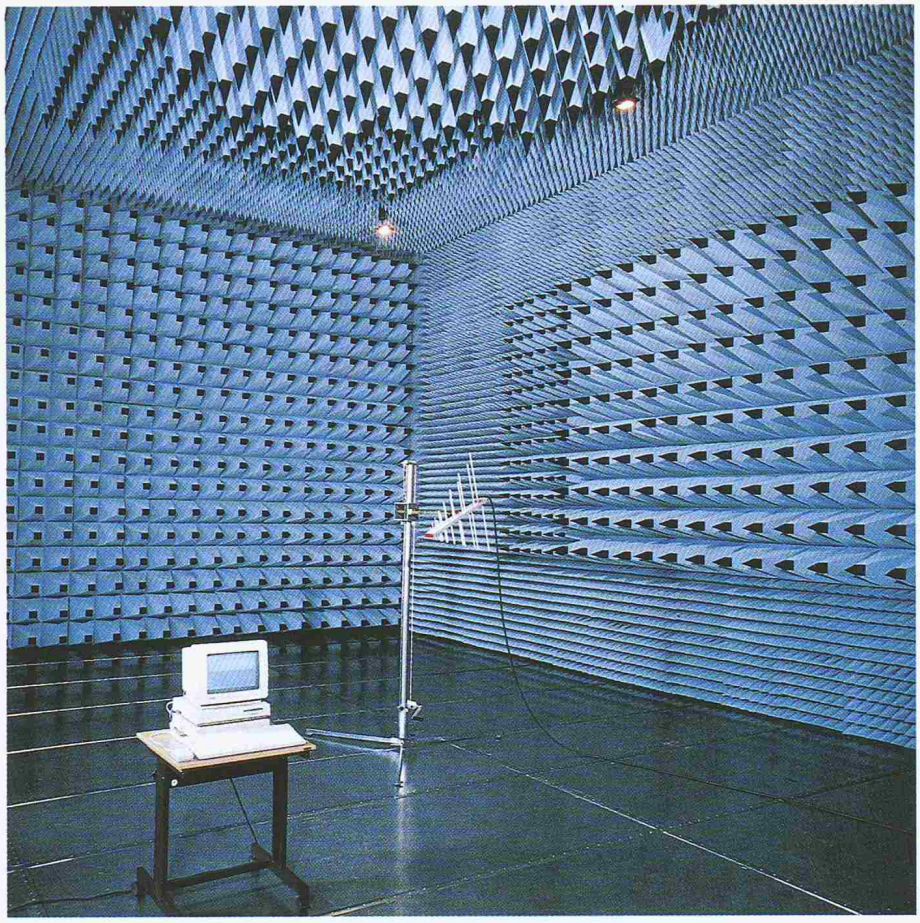

Bild 7. Störfestigkeitsprüfung eines Personal Computers bei EMC Fribourg SA in Rossens

Bild 8. Blitzschutzprüfung des neuen Kontrollturms des Flughafens Lugano-Agno anhand einer hochfrequenten Stromeinspeisung

schränkt zutreffend. Tatsächlich beträgt der Dämpfungsfaktor einer solchen Armierung im allerbesten Fall, das heisst, wenn die Knoten verschweisst sind, 20 dB [4]. Das bedeutet, dass bei einer äusseren Feldstärke von 1 kA/m noch 0,1 kA/m hineindringt.

Rechenzentrum

Ein gutes äquipotentielles Erdungssystem ist das A und O des Stör- und Zerstörschutzes eines Rechenzentrums. Bewerkstelligt wird es am besten mit einer Kupferfläche, die unter dem Doppelboden den ganzen Raum bedeckt. Eine befriedigende Lösung kann auch mit einem Maschengitter erreicht werden. Die Lösung ist um so besser, je kleiner die Maschenweite gewählt wird.

Mit einem solchen Erdungssystem verhindert man, dass durch das di/dt eines Blitzschlages unzulässige Potentialunterschiede zwischen den einzelnen Geräten des Raumes entstehen (Bild 5). Gleichermassen entsteht eine minimale Fläche zwischen den Verbindungskabeln der Geräte und der Erdung, was bewirkt, dass die induzierten Spannungen begrenzt werden.

Die Verbindungen eines Rechenzentrums mit der Aussenwelt bestehen aus digitalen Schnittstellen, Modem-Leitungen, dem Stromversorgungsnetz, Lüftungskanälen, Wasserleitungen usw. Die meisten dieser Verbindungen sind am anderen Ende schon mit einem Erdungssystem verbunden (Bild 6). Man hat im Prinzip die Wahl, sie am Hauseingang niederimpedant an den Blitzschutzerdungspunkt zu schliessen oder sie gegenüber dem eigenen Erdungssystem zu isolieren. Die erste Lösung bezweckt die Reduzierung der Fläche der Induktionsschleifen und somit vor allem den Schutz der eigenen Anlagen. Die übergeordnete Telephonzentrale (Quartierzentrale) zum Beispiel könnte allerdings bei einer solchen Lösung unter Umständen stark gefährdet sein. Mit der zweiten Lösung will man vermeiden, dass der Induktionsstromkreis sich schliessen kann. Die Spannungsfestigkeit der Isolation muss so ausgelegt werden, dass sie oberhalb der maximalen eingekoppelten Spannung liegt. Ist dies nicht der Fall, so kommt es bestimmt zu schlimmeren Schäden als bei der ersten Lösung. Dafür werden Überspannungsableiter als Begrenzer installiert wie z.B. auf den Telefonleitungen.

Vorgehensweise eines beratenden Ingenieurbüros

Die meisten Risiken, die bei Blitzeinschlägen entstehen, können rechnerisch vorausgesehen werden. Es gibt mittlerweilen spezialisierte Unternehmen, die sich eingehend mit diesem Thema befassen und die in der Lage sind, ein Blitzschutzkonzept auszuarbeiten, das den spezifischen Anforderungen, wie z.B. denjenigen eines Rechenzentrums, gerecht wird. Hierzu sollte folgende oder eine ähnliche Vorgehensweise eingeschlagen werden:

- Berechnung der Gebäude-Erde, der Stromverteilung im Fangsystem und der eingekoppelten Spannungen
- Festlegung des erforderlichen Schutzgrades für die einzelnen Anlagen (durch Überprüfung oder Pflichtenheft-Spezifikationen)
- Erstellen eines Pflichtenheftes, das die Erdungs-Philosophie berücksichtigt. Das heisst, dass entweder Geräte, die für hohe Störströme oder Geräte, die für hohe Störspannungen ausgelegt sind, gewählt werden.
- für die Fälle, bei welchen es unumgänglich ist, Auslegung von Ableitern oder Filtern
- Erstellung eines an die Anforderungen angepassten Niederspannungs-Erdungskonzepts
- Erstellung eines an die Anforderungen angepassten EDV-Erdungskonzepts
- Erstellung eines an die Anforderungen angepassten Kommunikations-Erdungskonzepts (Schnittstelle mit den PTT-Anlagen)
- Überprüfung der Festigkeit einzelner Anlagen oder Geräte im Labor (Bild 7) oder beim Hersteller oder am Betriebsort (Bild 8).

Schlusswort

Dank umfangreicher Blitzforschung, wie z.B. am Monte San Salvatore im Tessin oder in St. Privat d'Allier in Frankreich, kennt man heute die Eigenschaften und Parameter, die zur Bewerkstelligung eines Schutzes notwendig sind. Computeranlagen erleichtern dank spezifischen Softwares die rechnerische Voraussage, und die Resultate der sogenannten EMV-Prüfungen gestatten es, den angepassten Schutzfaktor zu definieren, damit es zwischen den Anlagen und dem Blitz zu einem Verträglichkeitsverhältnis kommt. Blitzschutz von EDV-Anlagen darf nicht dem Zufall überlassen werden. Jede Massnahme muss wissenschaftlich fundiert sein, sonst kommt es, wie dies leider heutzutage zu oft der Fall ist, zu sehr kostspieligen Schadenfällen. Die Anwendung einer Norm allein ist leider noch keine Garantie für einen zuverlässigen Schutz.

Adresse der Verfasser: *W. Hirschi* und *H. Sauvain*, EMC-Fribourg SA, 1728 Rossens.

Literatur

[1] Prof. Dr. *P. Leuthold:* Compatibilité électromagnétique, Grundlagen der elektromagnetischen Verträglichkeit (Kapitel 1), Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1983

[2] *G. Meyer:* NEMP-Schutz von elektronischen Geräten, Kapitel 5, Gruppe für Rüstungsdienste, Bern, 1983

[3] *Michel Aguet und Mircea Ianovici:* Traité d'Electricité-HAUTE TENSION (Tome XXII), Editions Georgi, St-Saphorin, 1982

[4] *W. Hirschi und H. Sauvain:* Krieg im Äther, Folge XXVI, Kapitel 2, Bern, 1987

Machbarkeit und Eignung von Farbtönen für den Aussen-einsatz an Metallfassaden

In den letzten Jahren ist eine zunehmende Farbtonvielfalt bei der Gestaltung von Metallfassaden feststellbar. Bestimmt wirken Farbsysteme wie z.B. NCS in dieser Hinsicht stimulierend. Dabei zeigt sich die Gefahr, dass Farbtöne im Pastellbereich zur Anwendung kommen, die die in der Schweiz in Bezug auf Farbtonhaltung traditionellen Langzeiterwartungen nicht erfüllen können. In der vorliegenden Arbeit wird zuerst der Aufbau des NCS-Farbsystems beschrieben und dann auf die obgenannte Problematik ausführlich eingegangen. Es wird aufgezeigt, wo die Begrenzungen liegen.

Einleitung

Bis vor wenigen Jahren wurden Farbtöne für Metallfassaden hauptsächlich aus Farbkollektionen wie etwa dem RAL-Register oder ähnlichen ausgelesen. Diese - meist willkürlichen und von der Anzahl her beschränkten - Sammlungen von Farbtönen waren von der Lackindustrie her längst klassiert nach geeigneten und ungeeigneten Farbtönen.

VON JÜRG CONRAD, KILLWANGEN

Obwohl z.B. das RAL-Register eine willkürliche Auswahl darstellt, sind darin hauptsächlich Farbtöne enthalten, die in Beschichtungsstoffen herstellbar und für den Ausseneinsatz geeignet sind. Beim *RAL-Register* sind von gesamthaft 185 Farbtönen nur deren 14 mit wettertauglichen Pigmenten nicht exakt, sondern bestenfalls annähernd nachstellbar und 15 für den Ausseneinsatz ungeeignet. Diese Einschränkungen sind bekannt und werden auch allgemein akzeptiert.

Schon immer war mancherorts der Wunsch nach Farbtönen ausserhalb der relativ eingeschränkten Farbkollektionen zu vermerken. Früher wurden in solchen Fällen Farbtonmuster erstellt. Da solche oft in Zusammenarbeit mit einem spezialisierten Lackhersteller ausgearbeitet wurden, kam es kaum zur Wahl von nicht machbaren oder ungeeigneten Farbtönen.

Seit vielen Jahren stehen aber auch schon Farbsysteme zur Verfügung, die weit umfassender sind als etwa die in der Schweiz übliche RAL-Kollektion. So kennen wir seit 1960 das Farbsystem nach *DIN 6164* und schon länger das vorab im angelsächsischen Raum verbreitete *Munsell-System*.

Diese Systeme konnten aber bisher keine nennenswerte Anwendung in der Schweiz finden. Ganz anders das *NCS-System* (Natural Colour System), das 1981 durch CRB-Color in der Schweiz eingeführt wurde. Die intensive Promotion, verbunden mit einem umfangreichen Sortiment an Informations- und Hilfsmitteln für den Benutzer dürfte für die in den letzten Jahren gewachsene Bedeutung dieses Systems ausschlaggebend gewesen sein. Um die Grenzen von Farbsystemen für die Auswahl von aussentauglichen Farbtönen z.B. an Bauelementen für Metallfassaden zu erkennen, muss die Kenntnis des oder der Farbsysteme vorausgesetzt werden. Deshalb wollen wir uns im nächsten Abschnitt mit dem NCS-System näher auseinandersetzen. Der Kenner dieses Systems kann den nächsten Abschnitt überspringen.

Das NCS-Farbsystem

NCS steht für Natural Colour System. 1968 hat *Anders Hård*, Farbforscher am Psychologischen Institut der Universität Göteborg, in Zusammenarbeit mit dem Skandinavischen Farbinstitut die Entwicklungsarbeiten am NCS-System abgeschlossen. Die Basis dafür fand er in der vom deutschen Physiologen *Ewald Hering* 1874 entwickelten Theorie, dass es drei Gegenfarbpaare gibt, nämlich Schwarz-Weiss, Gelb-Blau und Grün-Rot. SIS, die schwedische Standardisierungskommission erklärte das System mit Wirkung ab dem 1. Januar 1979 zur Norm SIS 01 91 00.

NCS baut auf der Erkenntnis auf, dass der Mensch sechs Grundfarben als reine Farben empfindet. Es sind dies die bunten Grundfarben Gelb, Rot, Blau und Grün sowie die unbunten Grundfarben Weiss und Schwarz. Diese Grundfarben werden so definiert, dass sie als einzige keine Verwandtschaften zu anderen Farben aufweisen. Alle an-