

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 60 (1969)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Neue Gefahrenmomente von Elektrobränden  
**Autor:** Purt, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916132>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)  
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Neue Gefahrenmomente von Elektrobränden

Von G. Puri, Männedorf  
2512 - 2515

614.841.245

*In der Elektroindustrie werden in steigendem Umfang Kunststoffe verwendet, die bei höheren Temperaturen stark korrosive Gase abspalten. Bereits im Anfangsstadium eines Brandes, z. B. durch Überlastung, ist die potentielle Gefahr sehr bedeutender Folgeschäden an empfindlichen Geräten oder Einrichtungen gegeben. Es ist deshalb äusserst wichtig, so früh als möglich geeignete Gegenmassnahmen zu ergreifen.*

*L'industrie de l'électricité a de plus en plus recours aux matières plastiques qui, sous l'effet d'une certaine température, dégagent des gaz très corrosifs. Même la première phase d'un incendie, une surcharge p. ex., fait surgir le risque de dégâts consécutifs considérables aux appareils et installations sensibles. Il importe donc que l'on intervienne le plus rapidement possible dans des cas de ce genre.*

Brände lassen sich in überaus vielen Fällen auf Zündquellen elektrischer Natur zurückführen. Oft sind es eingeschaltet gebliebene Heizgeräte, wie Bügeleisen, Tauchsieder, Heizelemente usw., die durch Strahlungswärme für ihre Umgebung zu Brandursachen werden. Unter «Elektrobränden» versteht man demgegenüber jedoch Brände, die im wesentlichen auf elektrische Einrichtungen beschränkt bleiben. Solche können Anlagen der Nachrichten- und Fernmelde-technik wie Fernsprechvermittlungen, Sende-Einrichtungen usw. oder Starkstromanlagen sein. Diese Unterscheidung ist im Prinzip nur für die Löschtechnik von Belang, da das Löschmittel und die Löschtechnik entsprechend anzupassen sind. Fig. 1 und 2 geben typische Beispiele von Elektrobränden.

In seltenen Fällen werden Elektrobrände durch artfremde Zündquellen ausgelöst. Wahrscheinlicher ist schon das Übergreifen eines Brandes benachbarter Betriebseinrichtungen auf die elektrische Anlage. Meistens jedoch wird sich ein Elektrobrand aus der Anlage selbst entwickeln. Solche «inneren» Zündquellen werden nach zwei Gruppen unterschieden [1] <sup>1)</sup>:

Zur ersten Gruppe zählt man Brände, die durch die Überlastung von Leitungen und Bauelementen, Funkenbildung von unfachgemässen Installationen oder sonstige fahrlässige Handlungen herbeigeführt werden. Die zweite, wichtigere Gruppe umfasst Brände, die durch Kurzschluss oder Erdschluss infolge Isolationsdefekten entstehen. Unter Kurzschluss versteht man im Prinzip den direkten Schluss zweier Leiter, wohingegen ein Erdschluss mehrere Übergangswiderstände aufweist und der Fehlerstrom über die Erde fliesst. Er ist bedeutend geringer als der Kurzschlussstrom, weshalb im Fall von Erdschlüssen auch eine normale 6-A-Sicherung von Niederspannungsnetzen nicht zur Ausschaltung der Brandgefahr genügt [1]. Im folgenden sollen die speziellen Gefahrenmomente aller Art von Elektrobränden näher beleuchtet werden.

Die besondere Bedeutung dieses Problems wurde durch die in den letzten Jahren in ungeheurem Ausmass gestiegene Verwendung der Kunststoffe in allen Bereichen des mensch-

lichen Lebens ausgelöst. Man rechnet dass im Jahr 1967 ca. 18 Mill. t Kunststoffe erzeugt wurden, wovon wahrscheinlich der Anteil des Polyvinylchlorids (PVC) mehr als ein Drittel betrug. Vergleichsweise wird die gesamte Weltproduktion an Aluminium auf weniger als die Hälfte geschätzt.

Halogenhaltige Kunststoffe, vorwiegend PVC, werden heute bereits in grossem Umfang in der Elektroindustrie eingesetzt. Durch seine Preiswürdigkeit und vorzüglichen elektrischen Eigenschaften wird PVC in bedeutendem Masse auch für die Isolation von Niederfrequenzkabeln verwendet. Schätzungen beziffern diesen Anteil auf etwa 10 % der gesamten PVC-Produktion [2].

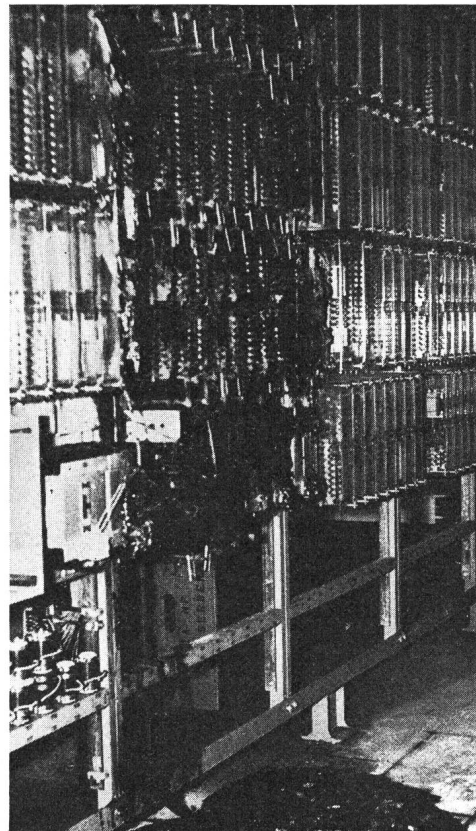


Fig. 1  
Brand in einer Telephonzentrale  
(BLS-Bahn, Spiez)

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

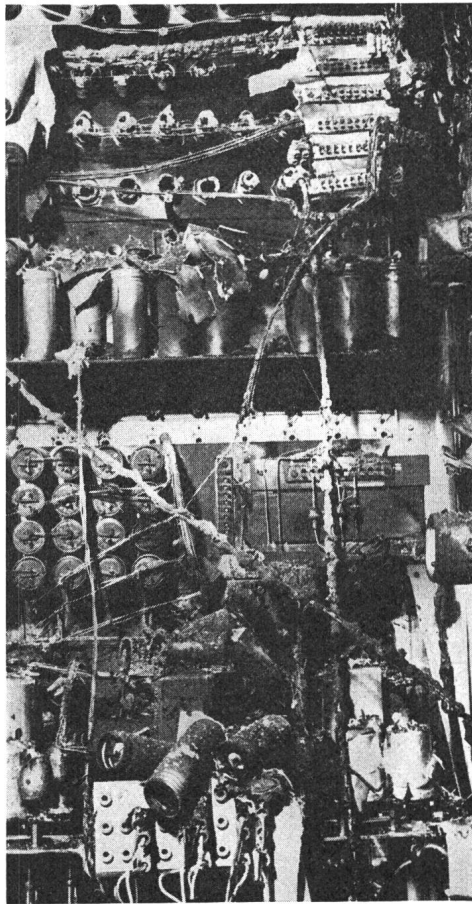


Fig. 2  
Brand durch Überlastung einer Dauertest-Einrichtung in einem  
Laboratorium

Bei Bränden, in die PVC verwickelt war, zeigten sich des öfters erhebliche Folgeschäden. Sie übertrafen meist das ursprüngliche Schadenausmass um ein Mehrfaches und konnten gewöhnlich erst geraume Zeit nach der Löschung in vollem Umfang übersehen werden. Erste Berichte der Sachversicherer über diese Tatsache liegen schon geraume Zeit zurück. In letzter Zeit häufen sich aber diese Hinweise [3...7]. Sie betrafen bis jetzt nur Schadenfeuer der Kunststoffindustrie oder Brände von Objekten, an denen PVC in grösserem Umfang bautechnisch (Verkleidungen, Bodenbelag) Verwendung fand. Es ist aber durchaus zu erwarten, dass sich auch bei Elektrobränden eine ähnliche Entwicklung anbahnt. Die Brandfolgeschäden sind fast in allen Fällen die Korrosionswirkungen der Verbrennungsprodukte des PVC. Durch thermische Abspaltung bei höherer Temperatur wird aus diesem Material Salzsäuregas in Freiheit gesetzt, das Metalle und andere Werkstoffe, wie Mauerwerk usw., chemisch sehr stark angreift.

Neben den hervorragenden Isolationseigenschaften des PVC hat man bis vor kurzem auch seine geringe Brandneigung und selbstverlöschende Eigenschaft als vorteilhaft angesehen. Beides ist aber nur bedingt richtig. So liegt zwar die Grenze des Chlorgehaltes, der die Selbstlöschung durch die Inhibitionswirkung des Chlors auf Flammen bewirkt, bei etwa 30 Gew.-% des Kunststoffes [8]. Kabelisolationen aus PVC enthalten aber normalerweise 25 % Weichmacher, für flexible Typen setzt man sogar bis 40 % zu [7]. Weichmacher sind meist schwerentflammbare Ester, die aber bei 200..300 °C schon eine merkliche Verdampfung aufweisen. Durch den Zusatz von Weichmachern wird der Anteil des

Chlors im PVC von normal etwa 58 % bereits in die Nähe des Grenzwertes für Selbstlöschung gebracht. Andererseits sind auch die Esterdämpfe brennbar, wodurch Flammen auf der Oberfläche des PVC-Materials unterhalten werden. Damit brennt auch die PVC-Isolation meist ungehindert mit ab [9]. Dazu kommt noch, dass PVC nicht einmal brennen muss. Das Material ist an sich bei höheren Temperaturen schon wenig stabil. Bereits bei ca. 120 °C werden merkliche Mengen Salzsäuregas abgespalten. Bei 160 °C umfasst dies bereits etwa die Hälfte der vorhandenen Menge [10]. Der Vorgang ist autokatalytisch.

Welches sind nun die Gefahren dieser unter Umständen beträchtlichen Salzsäuregas-Abspaltung? Einmal ist es die nicht unerhebliche toxische Wirkung. So wird bereits bei Zersetzung von 1 kg chlorhaltigem Plastikmaterial in einem Raum von 2,5 × 3 × 2,75 m eine gefährliche Giftgaskonzentration (<50 ppm) erreicht, die für das Löschpersonal sehr behindernd ist [11]. Dazu kommt noch gewöhnlich die starke Russentwicklung, die sogar die Verstopfung der Filter von Atemschutzgeräten verursachen kann.

Eine weitere, oft noch viel gravierendere Sekundärerrscheinung ist die erwähnte Korrosion durch das Salzsäuregas. Schon bei sehr geringen Mengen verbranntem oder verschmortem Material kann dadurch ein erheblicher Schaden auftreten, der oft erst mit einer Verzögerung von Tagen oder Wochen in vollem Umfang erkennbar ist.

Eine einfache Rechnung zeigt, dass der Chlorgehalt von einem Meter eines handelsüblichen PVC-isolierten Leiters vom Querschnitt 1 mm<sup>2</sup> genügt, um etwa 1,35 Normalliter Salzsäuregas zu erzeugen. Diese Menge ist ausreichend, um an ca. 2 m<sup>2</sup> geätzter gedruckter Schaltungsplatten den Kupferleiter vollkommen zu lösen. Es wurde hierbei eine Ausnutzung des Leiteranteils der Schaltungsplatte von 50 % angenommen. Diese trifft aber nur bei vorgefertigten Schaltungsplatten zu. In den andern Fällen ist dieser Ausnutzungsgrad höchstens etwa 25 %, wodurch die Fläche des zerstörten Materials auf ca. 4 m<sup>2</sup> steigt. Oft kann aber auch schon eine Abätzung des aufkaschierten Kupferleiters von üblicherweise 35 µm Dicke auf die Hälfte wegen der geringeren Belastbarkeit verheerende Folgen haben.

In elektrischen und elektronischen Einrichtungen finden sich aber auch noch andere empfindliche Teile als die gedruckten Schaltungsplatten. So sei z. B. auf die sehr empfindlichen Kontakte von Relais hingewiesen. Die Korrosionsprodukte genügen meist, um bei Schwachstromgeräten einen so hohen Übergangswiderstand zu erzeugen, dass das Relais

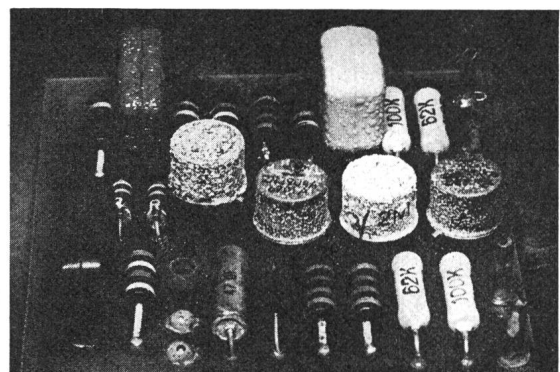


Fig. 3  
Korrosionserscheinungen an elektrischen Bauelementen  
(Tröpfchenkondensat von Salzsäure)

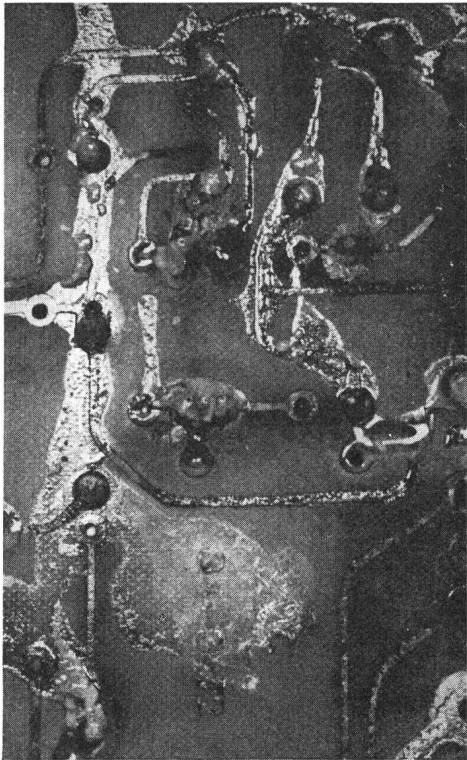


Fig. 4

**Korrosionserscheinungen durch Salzsäure an einer gedruckten Schaltplatte**  
Das hygroskopische Kupferchlorid verläuft und bildet Nebenpfade für den Strom

nicht mehr richtig arbeitet. Auch Aluminium, z. B. bei Bechern von Kondensatoren, ist sehr anfällig gegen Salzsäuredämpfe. Die Korrosionsprodukte, wie Chloride des Eisens, Kupfers, Aluminiums usw. sind ausserdem sehr hygroskopisch. Es entstehen daher später Salzsolen auf den dem Salzsäuregas ausgesetzten Geräteteilen, die nicht nur Kurzschlüsse herbeiführen können, sondern zumindest Nebenpfade für den Strom herstellen, wodurch zusätzlich weitere tertiäre Schäden, meist durch elektrolytische Korrosion, auftreten können (Fig. 3, 4).

Diese Tatsachen gelten aber nicht nur für PVC oder sonstige chlorhaltige Kunststoffe. Auch der Gehalt an anderen Halogenen, wie Fluor, Brom oder Jod führt in der Pyrolyse solcher Kunststoffe zu den sehr korrosiven Wasserstoffverbindungen. So entsteht beispielsweise aus Teflon (fluorhaltiges Produkt), das als vorzügliches Isolationsmaterial eingesetzt wird, bei schon ca. 450 °C eine merkliche Menge Fluorwasserstoff. Hochwertige gedruckte Schaltungen aus Epoxi-Glasfasergeweben enthalten oft einige Prozente Brom, um ihnen bessere Eigenschaften zu geben. Im Brandfall, oder bei genügend hohen Temperaturen, entsteht auch hier Bromwasserstoffgas, das auch stark korrosiv wirkt. Andere Isolationsmaterialien, wie Polyester etc., werden oft zur Verbesserung ihrer Eigenschaften mit halogenhaltigen Verbindungen versetzt [12]. Die Gefahren werden damit ähnlich.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass schon bei Kleinstapparaten durch grosse Wärme erhebliche Zerstörungen möglich sind. Bei grösseren Anlagen ist diese Tatsache noch offensichtlicher.

Wie kann man sich gegen solche Vorkommnisse schützen? Die einfachste Massnahme ist sicher die Vermeidung von halogenhaltigen Kunststoffen in elektrischen und elektronischen Anlagen. Dieser Weg ist aber nicht gangbar. Einmal

kann man nicht auf die vorzüglichen Eigenschaften von z. B. PVC oder anderen Kunststoffen verzichten, andererseits ist es auch nicht möglich, jedem Kunststoff seinen Chlor- oder sonstigen Gehalt an Halogenen anzumerken. So gibt es beispielsweise mehr als 200 marktgängige PVC-Typen, die unter Handels- oder Markennamen vertrieben werden. Andere halogenhaltige Kunststoffe sind nicht einmal der Art nach als solche erkennbar. Man ist hier also sehr dem Zufall ausgeliefert. Es besteht zwar die Möglichkeit, alle zu verwendenden Produkte der sehr empfindlichen Beilsteinprobe <sup>2)</sup> zu unterziehen, die Halogene in organischen Produkten gut nachweisen lässt. In den meisten Fällen ist dies aber zu kompliziert oder gar nicht durchführbar.

Es bleibt somit nur die genaue Kontrolle und Sanierungsarbeit nach einem Brandfall. Sie muss unverzüglich stattfinden und mit geeigneten Mitteln vorgenommen werden.

Für wertvolle Geräte oder umfangreiche Anlagen sollten aber auch Präventivmassnahmen ergriffen werden. Für solche bieten sich die sehr empfindlichen Brandgasmelder an. Sie reagieren bereits auf geringste Mengen von Brandgasen und lösen entsprechende Alarmeinrichtungen aus. Meistens werden Melder nach dem Ionisationsprinzip vorzuziehen sein. Ihre Arbeitsweise wurde bereits vor mehr als 15 Jahren an dieser Stelle beschrieben [13]. Inzwischen haben sie eine umfassende Bewährungsprobe bestanden.

Für einen optimalen Schutz von elektronischen oder elektrischen Geräten wird man einen Objektschutz vorsehen. Dies bedeutet, dass der Melder im Objekt selbst oder in seiner unmittelbaren Nähe plaziert werden muss. Im Alarmfall ist die Schnelligkeit der Lösch- oder anderen Gegenmassnahmen von ausschlaggebender Bedeutung. Es ist deshalb ratsam, eine Kombination mit einer sofort auslösenden Lösch-einrichtung ins Auge zu fassen.

Bei der heutigen Wertkonzentration in elektrischen oder elektronischen Anlagen (z. B. Computern) ist die Sicherheit gegen direkte oder indirekte Brandschäden zweifellos ein dominierender Faktor. Nur wenn es möglich ist, Brände, oder besser schon die ersten Anzeichen sich thermisch zersetzender Isoliermaterialien durch Überlastung von Leitern oder Komponenten aufzudecken, ist der drohende Totalverlust der Anlage hintanzuhalten.

#### Literatur

- [1] P. Schnell: Gefahrenschutz in elektrischen Niederspannungsanlagen. STZ 63(1966), S. 480...486.
- [2] G. Buhmann: Kunststoffe in der Kabeltechnik. NTZ 20(1967), S. 38...43.
- [3] E. Lewinsky: Das Verhalten von Kunststoffen im Feuer. Steirisches Feuerwehrblatt -(1965)2, S. 20...23.
- [4] C. Reiter: Chloridschäden durch PVC-Brände. Versicherungswirtschaft 22(1967), S. 1144...1149.
- [5] H. D. Mahl: Grosser Brandfolgeschaden. Brandschutz 22(1968), S. 48...50.
- [6] P. Reynard: Dangers indirects dans les feux de matières plastiques. Face au Risque 9(1968)43, S. 18...20.
- [7] P. Eulenburg: Erfahrung über das Brandverhalten von Kunststoffen. Brandschutz 22(1968), S. 57...64.
- [8] What about flame resistance in plastics. Modern Plastics 37(1959)1, S. 81...84 + 176...178.
- [9] B. R. Hinrichs: Verhalten der Kunststoffisolation an Kabeln und Leitungen bei Bränden. VFDB-Zeitschrift für Forschung und Technik im Brandschutz 11(1963), S. 8...14.
- [10] K. Raffalsky: Das Löschen von Bränden an PVC oder PVC-haltigen Kunststoffen. Brandschutz 22(1968), S. 65...73.
- [11] E. H. Colemann und C. H. Thomas: The products of combustion of chlorinated plastics. J. applied Chemistry 4(1954), S. 379...383.
- [12] D. V. Rosato: The spectre of fire can be controlled. Plastics World 25(1967)2, S. 29...30, 35...36, 38, 40 + 69...70.
- [13] E. Meili: Ionisationsfeuermelder. Bull. SEV 43(1952), S. 933...939.

#### Adresse des Autors:

Dr. G. Puri, Technische Abteilung der Cerberus AG, 8708 Männedorf.

<sup>2)</sup> Beilsteinprobe: Ein Prüfling auf einem ausgeglühten Kupferdraht wird in einer nicht leuchtenden Gasflamme eines Bunsenbrenners erhitzt. Bei Anwesenheit von Halogenen färbt sich die Flamme grün.