



## Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als Brandschutz

### Einführung

Wie heißt es doch immer wieder in den Medien nach einem entsprechenden Brandereignis:

**„Als Brandursache wird ein Kurzschluß in der elektrischen Anlage vermutet.“**

Diese Aussage ist zunächst einmal ziemlich unverfänglich. Denn Elektrizität ist heute überall vorhanden, und als Brandursache ist diese schon grundsätzlich nicht auszuschließen.

Und was gibt es einfacheres, als vor allem den elektrotechnischen Laien die Schnelldiagnose „Kurzschluß“ anzubieten. Auf der anderen Seite kann oft, leider allzu oft, die wirkliche Brandursache auch nicht ermittelt werden. Der Brand hat saubere Arbeit geleistet und alle sachdienlichen Spuren beseitigt.

Wir aber wissen, daß Kurzschluß – gemeint ist der „vollkommene“ Kurzschluß – kaum als Ursache für einen Brand in Frage kommt. Die vorgeschalteten Überstromschutzorgane trennen in solchen Fällen die fehlerhafte elektrische Anlage in der Regel rechtzeitig vom Netz. Brandgefährlich sind die „unvollkommenen“ Kurz- und Erdschlüsse. Um diese zu beherrschen, sind jedoch weitergehende Maßnahmen erforderlich.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, nachfolgend FI genannt, erfassen Erdschluß-Fehlerströme bereits im mA-Bereich und trennen die nachgeschaltete fehlerhafte Anlage vom Netz, bevor diese zur Brandgefahr werden kann.

Überstrom-Schutzeinrichtungen, wie Leitungsschutzschalter oder Sicherungen, benötigen ein Vielfaches ihres Bemessungsstromes (Nennstrom) zur Auslösung. Bei schleichenden Fehlern, d.h. bei nicht vollkommenen, „widerstandsbehafteten“ Erdschlüssen, kann der Brandschutz mit Überstrom-Schutzeinrichtungen nicht gewährleistet werden.

Die Auslösung erfolgt in solchen Fällen entweder zu spät oder gar nicht. Dies trifft ebenso bei Lichtbögen infolge von Erdschlüssen zu.

In den nachfolgenden Ausführungen werden nicht nur brandschutztechnische Belange, sondern auch der Sachschutzprobleme behandelt.

### Brandaufkommen

Die Brandursachen-Statistik des Verbandes der Schadenversicherer e.V. (VdS) wies noch bis vor einigen Jahren etwa 17 % aller Brände durch Elektrizität aus. Inzwischen liegt der Anteil durchschnittlich bei etwa 12 %. Diese Verbesserung ist auf die in der Vergangenheit geleistete Brandschadenverhütung zurückzuführen. Dazu gehört unter anderem, daß vermehrt Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zum Einsatz gekommen sind.

Diese Entwicklung ist erfreulich für die in der Schadenverhütung tätigen Fachleute. Sie kann aber immer noch nicht zufriedenstellen, denn die Aufwendungen der Versicherer für die Brandfälle sind keineswegs in gleichem Maße zurückgegangen. Im Gegenteil, sie sind noch weiter gestiegen.

Grund für diese Entwicklung ist die Zunahme elektrischer Betriebsmittel in den Anlagen und die weiter steigende Konzentration von Sachwerten in den Gebäuden.

Allzuoft werden die Kalkulationen der Versicherer durch die „Millionenbrände“ zunichte gemacht.

Die genannte Statistik zeigt, daß pro Jahr im Durchschnitt mehr als 20 % des Gesamtschadens auf Brandschäden zurückgeht, die durch Elektrizität entstanden sind. Werden die nicht versicherten Risiken und Objekte hinzugezählt, erhöht sich die Gesamtschadenssumme noch beträchtlich.

In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß der entstandene Schaden die Vernichtung von Volksvermögen bedeutet.

Bemerkenswert ist ebenso, daß in der Regel die Brandfolgewirkungen, wie Rauch, korrosive und toxische Brandgase, erheblich zur Schadenerhöhung beitragen.

So ist es vorgekommen, daß ein Schweißbrand an einer PVC-Leitung so gut wie keinen Abbrand, jedoch einen immensen Folgeschaden durch Rauch verursacht hat.

Eine relativ geringe Menge Rauchgas war durch die Gebäudehöhlräume, wie Zwischendecken und Installations-schächte, in mehrere Stockwerke ge-

14

langt. Die in diesem Geschäftshaus ausgestellten hochwertigen Polster-Möbel konnten wegen des angenommenen Rauchgas-Geruches nicht mehr verkauft werden. Totalschaden!

Es kann davon ausgegangen werden, daß bei Einsatz einer FI die elektrische Anlage rechtzeitig vom Netz getrennt worden und die Rauchentwicklung in diesem Ausmaß nicht entstanden wäre. Dies nur ein Beispiel für viele ähnliche Brandereignisse!

Die Anstrengungen, FI einzusetzen, sollten deshalb nicht nachlassen, sondern noch verstärkt werden.

Und nicht vergessen!

Brandschutz ist auch Personenschutz. Die indirekt durch Brandeinwirkung entstandenen Personenschäden sind zwar nicht genau zu ermitteln, dürfen aber keinesfalls unterschätzt werden.

## Brandgefahren

Eine der Eigenschaften des elektrischen Stromes ist die Wärmeerzeugung. Diese ist entweder gewollt (Nutzwärme), oder sie entsteht ungewollt (Verlustwärme), z. B. an einer lockeren Klemme oder einer Isolationsfehlerstelle an einer elektrischen Leitung. Verlustwärme entsteht immer im Fehlerfall. Aus Sicht der Brand-schadenverhütung ist die dadurch verursachte Zündtemperatur von besonderem Interesse.

Bedenkt man, daß die in der Elektrotechnik verwendeten Isolierstoffe fast ausnahmslos organischer Natur (Kunststoffe) und daher brennbar sind, und daß der Sauerstoff (Luft-Sauerstoff) permanent und in unerschöpflicher Menge vorhanden ist, so sind alle für eine Verbrennung (Oxidation) erforderlichen Voraussetzungen erfüllt. Fehlt aber eine dieser Komponenten, ist ein Brand nicht möglich.

In der Brandschadenverhütungsarbeit muß es deshalb darum gehen

- ▶ die thermische Belastbarkeit der Isolierstoffe zu erhöhen,
- ▶ das Brandverhalten der Isolierstoffe zu verbessern (Brandausbreitung/ Weiterleitung verringern),
- ▶ die Entstehung der Zündtemperatur zu verhindern bzw. diese frühzeitig zu erkennen und die Zufuhr der elektrischen Energie abzuschalten.

Die Erhöhung der thermischen Belastbarkeit von Kunststoffen kann mit der Minimierung anderer wichtiger Stoffe verbunden sein. Gleiches gilt auch für die Verbesserung des Brandverhaltens der Isolierstoffe. Hinzu kommt noch die Erschwernis, die Stoffe umweltgerecht zu entwickeln.

Elektrische Betriebsmittel müssen so sicher wie möglich konstruiert, richtig ausgewählt, vorschriftsmäßig errichtet und in ordnungsgemäßem Zustand erhalten werden. Fehler lassen sich trotzdem nicht vermeiden. Brandschutz heißt aber insbesondere, die Entstehung einer Zündtemperatur zu verhindern. Da diese bereits bei sehr geringen Fehlerströmen (mA-Bereich) auftreten kann, bieten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen einen optimalen Brandschutz. Dieser erstreckt sich auch auf Fehlerströme, die zwischen aktiven Leitern entstehen, wenn eine geeignete Führung des Schutzleiters vorgenommen wird (dazu unten mehr).

## Die Fehlerstelle

### Verlustwärme und Brandgefahr

Schon unseren Forscherherren war es gelungen, bestimmte physikalische Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich der Vorgänge an einer Fehlerstelle zu entwickeln, die bis heute kaum etwas von ihrer Gültigkeit eingebüßt haben.

So wurden die Schadenerfahrungen mit elektrischen Wärmegeräten auf Fehlerstellen übertragen. LötKolben mit einer Heizleistung von 100 – 200 Watt werden zu Zündquellen, wenn sie über eine längere Zeit etwa auf einer Holzfläche abgelegt werden. Sehr viel anders sind die Bedingungen auch bei Isolationsfehlern nicht. Die Grenze der brandgefährlichen Fehlerleistung darf demnach nicht höher als 100 Watt sein.

Weiter kann davon ausgegangen werden, daß eine 25 Watt-Lampe bei gleichen Versuchsbedingungen hingegen nicht zur Entzündung von Holz führen wird.

In der Vergangenheit wurden weitere, ähnlich einfache und weitergehende Versuche gemacht, um den Wert der Überlegungen für die praktische Anwendung zu untermauern. Das Ergebnis damals wie heute: Die zulässige Fehlerleistung ist in der Mitte zwischen 25 und 100 Watt, also bei etwa 60 Watt festzulegen. Da Holz immer mehr aus elektrischen Anlagen verbannt wurde



und heute als Werkstoff so gut wie keine Rolle mehr spielt, befindet man sich mit dieser Festlegung gemeinhin auf der sicheren Seite.

Überträgt man diese Festlegung auf Anlagen mit Netzspannung (230 V), so wird sich bei einer Fehlerleistung von 60 Watt ein Strom von etwa 0,26 A einstellen. Es gilt also, einen Fehlerstrom dieser Höhe (und größer) auf Dauer zu verhindern. Die Schadenversicherer haben deshalb schon vor vielen Jahren Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom  $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$  zu Brandschutzzwecken gefordert. Unter Berücksichtigung der Auslösetoleranzen der FI werden bereits Fehlerleistungen von weniger als 35 W abgeschaltet.

Es kann mit sehr großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß Erdschlußfehler an vorschriftsmäßig betriebenen elektrischen Betriebsmitteln beim Einsatz von 300 mA-Schutzeinrichtungen nicht zum Brand führen.

Die normgerechten Gerätekonstruktionen bewirken, daß die Verlustwärme bei geringeren Fehlerleistungen ausreichend abgeführt wird und sich die Entzündungstemperatur nicht einstellen kann.

Die Zündtemperaturen der in der Elektrotechnik verwendeten

- ▶ Thermoplaste, z. B. PVC für Kabel und Leitungen, Verteilerdosen, Rohre, Kanäle und Polyamid für Klemmen,
- ▶ Duroplaste, z. B. Typ 131.5 für Schalter und Steckvorrichtungen, und
- ▶ sonstigen Kunststoffe für elektrische Verbrauchsgeräte

liegen bei mehreren hundert Grad Celsius.



Isolationsfehler an elektrischen Leitungen aufgrund mechanischer Überbeanspruchung

Es dürfen aber nicht nur solche Werkstoffe betrachtet werden. Gerade leichtentzündliche Stoffe, wie brennbare Stäube, Sägemehl, Heu, Stroh, deren Zündtemperatur in der Literatur mit etwa 115°C angegeben wird, bedeuten Brandgefahr, wenn sie sich auf elektrischen Betriebsmitteln ansammeln.

In der gleichen Größenordnung bewegen sich auch die Zündtemperaturen von Hölzern, die thermisch überlastet wurden. Es entsteht also quasi Holzkohle an der Oberfläche des Holzes. Untersuchungen zeigen, daß solche Partien bereits mit einem Strom von 150 mA entzündet werden können. Es genügt demnach bereits eine Fehlerleistung von weniger als 35 W.

### Die Entstehung einer Fehlerstelle

Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, sind als Ursache für die Entstehung von Isolationsfehlern thermische und mechanische Beanspruchungen sowie äußere Einflüsse zu nennen.

### 1 Grenztemperaturen

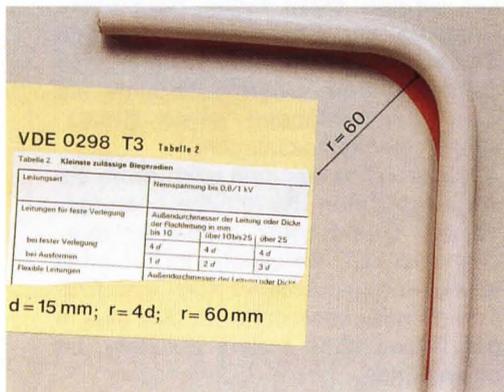
Kabel und Leitungen dürfen sowohl im Normalbetrieb wie im Überlast- und Kurzschlußfall bestimmte Grenztemperaturen nicht überschreiten. Für die wohl bekanntesten und am häufigsten zur Anwendung kommenden Bauarten NYY und NYM, deren Isolierung und Umhüllung (Mantel) aus PVC (Polyvinylchlorid) besteht, beträgt die zulässige maximale Dauertemperatur 70°C. Im Kurzschlußfall sind kurzfristig höhere Temperaturen zulässig. Darüber hinaus sind untere Temperaturgrenzwerte zu beachten. Beim Transport, bei Lagerung und bei der Verlegung, also immer dann, wenn Kabel und Leitungen bewegt werden, dürfen für Leitungen 5°C und für Kabel -5°C nicht unterschritten werden.

Die Einhaltung der Temperaturgrenzen ist deswegen von erheblicher Bedeutung, weil mit deren Über- bzw. Unterschreitung eine beschleunigte Alterung des verwendeten Kunststoffes einhergeht und das Isoliervermögen verringert wird. Es bilden sich unzulässige Ableit- bzw. Kriechströme. Oberhalb der zulässigen Dauertemperatur finden Ausgasungen der Weichmacher statt. Der Kunststoff wird spröde, in Verbindung mit Feuchtigkeit und Staub entstehen Kriechstrecken. Die auftretenden Fehlerströme können Temperaturen hervorrufen, die zur Entzündung des Kunststoffes führen.

Bei unzulässig tiefen Temperaturen wird der Weichmacher hart, so daß bei Bewegung der Kabel und Leitungen mit Materialrissen bzw. Materialbrüchen zu rechnen ist. Die Folgen sind ähnlich den zuvor genannten.

## 2 Mechanische Beanspruchungen

Unzulässig hohe mechanische Beanspruchungen werden z. B. durch Zug, Druck und Biegung der Kabel und Leitungen hervorgerufen. Besondere Zugbelastungen entstehen beim Ein- oder Nachziehen von Kabeln in Schächten und Kanälen. Auch zu geringe Biegeradien, die in der Praxis nicht selten anzutreffen sind, führen zu übermäßigen mechanischen Belastungen. Im Bereich des oberen Bogens wird eine unzulässige Materialstreckung, im unteren Bereich eine Stauchung verursacht. In beiden Fällen kommt es zu Veränderungen im Aufbau des Kabels oder der Leitung und damit zur Reduzierung des Eigenschaftensprofils mit bekannter Folgewirkung.

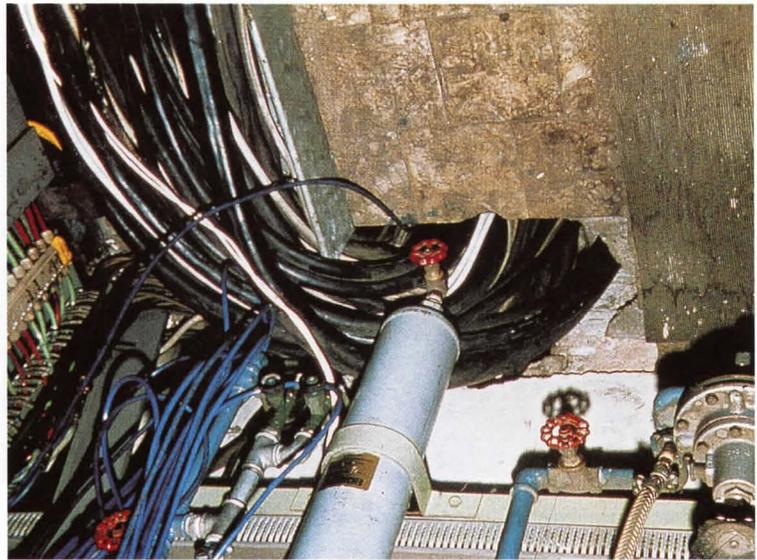


Kleinster zulässiger Biegeradius

Ebenso ist es erforderlich, Kabel und Leitungen ordnungsgemäß zu befestigen und in die elektrischen Betriebsmittel einzuführen. Bei durchhängenden Kabeln und Leitungen entstehen Druckstellen, die über kurz oder lang zu Isolationsfehlern führen. Bei nicht sachgemäßen Einführungen sind Materialbeschädigungen unausweichlich.

An den Einführungsstellen mobiler elektrischer Geräte wird die Anschlußleitung immer wieder Biegungen ausgesetzt. Die elektrischen Leiter an diesen Stellen drohen zu brechen. Es entsteht ein Lichtbogen. Brandgefahr!

Besondere Maßnahmen sind auch zu ergreifen, wenn Vibrationen, Schwingungen oder Rüttelungen auf elektrische



Unzureichende Befestigung elektrischer Kabel und Leitungen

Betriebsmittel einwirken. Hier muß mit Leiterbrüchen und der Lockerung der Klemmen gerechnet werden. Bei Unterbrechung des Schutzleiters ist die Funktion der Schutzmaßnahme nicht mehr gewährleistet; bei stromführenden Leitern muß wegen der Verringerung des Leiterquerschnitts an dieser Stelle mit einer übermäßigen Erwärmung und bei Unterbrechung mit Lichtbogenercheinungen gerechnet werden.

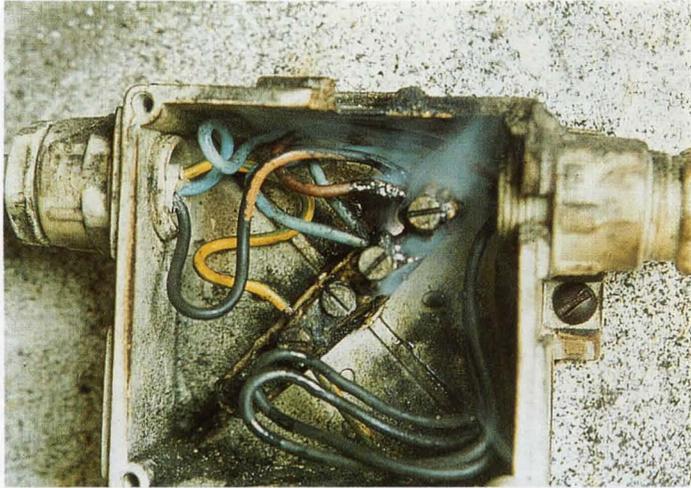
## 3 Weitere Fehlerursachen

Die Anschlußenden von Kabeln und Leitungen müssen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden. Ansonsten verlieren sie ihre Isolierfähigkeit. Weiterhin dürfen Kabel nicht direkt der Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden, weil sie dann verspröden.

Eine weitere im Zunehmen begriffene Ursache für Isolationsfehler ist der Tierfraß. Hier muß besonders die Landwirtschaft genannt werden. In diesen Bereichen, aber auch in anderen Gebäuden – vor allem in Gebäudehohlräumen wie Zwischenbodenräumen, Kanälen und Schächten – fressen insbesondere Mäuse und Ratten die Kabel und Leitungen an.

Isolationsfehler entstehen auch dann, wenn die Schutzart elektrischer Betriebsmittel nicht gegeben ist, z. B. bei mechanischen Beschädigungen der Umhüllung. Durch Staub und Luftfeuchtigkeit bilden sich Kriechwege und führen zur lokalen Erhitzung der Isolierstrecken.

Übermäßige Staubablagerungen auf elektrischen Betriebsmitteln bewirken einen Wärmestau im Innern.



Kriechstrombildung in einer defekten Installationsdose

Eine unzulässige thermische Beanspruchung des Isolierstoffes ist die Folge. Auch auf die elektrische Anlage einwirkende Überspannungen können eine Vorschädigung der Isolierungen hervorrufen. Isolationsfehler sind dann vorprogrammiert.



Wärmestau durch Ablagerungen leichtentzündlicher Stoffe

### Probleme bei der Fehlermessung

Die beschriebenen Vorgänge können sich über sehr lange Zeiträume erstrecken. Sie sind deshalb optisch aber auch meßtechnisch nur sehr schwer feststellbar. Zum Zeitpunkt der Isolationswiderstandsmessung kann die Fehlerstelle durch äußere Einflüsse (hohe Umgebungstemperatur, geringe Luftfeuchte) wieder ausgetrocknet sein. Der gemessene Isolationswiderstand ist sehr hoch. Die Anlage wird für intakt befunden, obwohl ein Fehler vorhanden ist.

Ein solcher Irrtum kann aber durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vermieden werden: Sie garantieren eine permanente Überwachung des Isolationswiderstandes und entdecken den Fehler, wenn er eine wirkliche Gefahr darstellt.

## Anwendung der FI

### Allgemeines

Die Forderung nach Anwendung von FI aus Gründen des Brandschutzes ist im VDE-Vorschriftenwerk auf Bereiche besonderer Gefährdung, wie feuergefährdete Bereiche und landwirtschaftliche Betriebe, sowie auf einige besondere Anwendungsfälle beschränkt.

Werden FI zur Gewährleistung des Schutzes bei direktem oder indirektem Berühren vorgeschrieben, wird damit gleichzeitig auch der Brandschutz im Falle von Isolationsfehlern verbessert.

FI müssen hierfür in elektrischen Anlagen eingesetzt werden, die in Bereichen besonderer Personengefährdung betrieben werden. Dazu zählen Baustellen, Camping- und Anlegeplätze, fliegende Bauten, Wagen und Wohnwagen nach Schaustellerart, Unterrichtsräume mit Experimentierständen sowie Ersatzstrom-Versorgungsanlagen.

Ansonsten übernehmen nach Norm die vorgeschalteten Überstromschutzorgane den Brandschutz, wobei entsprechend der VDE-Philosophie im Fehlerfall immer ein vollkommener Kurz- bzw. Erdschluß vorausgesetzt wird. Das dies in der Praxis aber anders aussieht, ist unumstritten.

Dabei könnte mit relativ geringen Kosten der Brand- und Unfallschutz erheblich erhöht werden, wenn grundsätzlich auch in TN-Systemen FI eingesetzt würden.

Die sogenannte „Schnelle Nullung“, bei der Überstrom- und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Serie geschaltet sind, stellt mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Mitteln ein Optimum an Sicherheit dar.

Das oft angeführte Argument, die Verfügbarkeit der Anlagen würde zu stark herabgesetzt, läßt sich durch entsprechende Auswahl der Schutzschalter (Nennfehlerstrom, S-Schalter) und durch Errichtung einer dem Risiko angepaßten Anzahl von Stromkreisen voll entkräften. Bei richtiger Planung erfolgt dann die Abschaltung nur in einem Teilbereich der elektrischen Anlage, wenn wirklich ein Fehler ansteht.

Der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen rechnet sich darüber hinaus auch dann noch, wenn die Kosten für Dienstleistungen im Rahmen der Instandhaltung und Revision elektrischer Anlagen berücksichtigt werden.

Ein weiteres Argument für den Einsatz von FI erhält zunehmende Bedeutung: Isolationswiderstandsmessungen können heute sehr oft nicht mehr durchgeführt werden, da die elektrischen Einrichtungen aus betrieblichen Gründen nicht abgeschaltet werden dürfen. Die Gutachten der vom VdS anerkannten Sachverständigen zum Prüfen elektrischer Anlagen belegen diese Feststellung eindrucksvoll.

Als weitere Gründe für die Nichtdurchführung von Isolationswiderstandsmessungen werden genannt

- ▶ das Abklemmen der elektrischen Verbraucher,
- ▶ fehlende Neutralleiterklemmen,
- ▶ Beschädigung elektronischer Einrichtungen,
- ▶ keine aufschlußreichen Meßergebnisse bei Vorhandensein von Überspannungsableitern

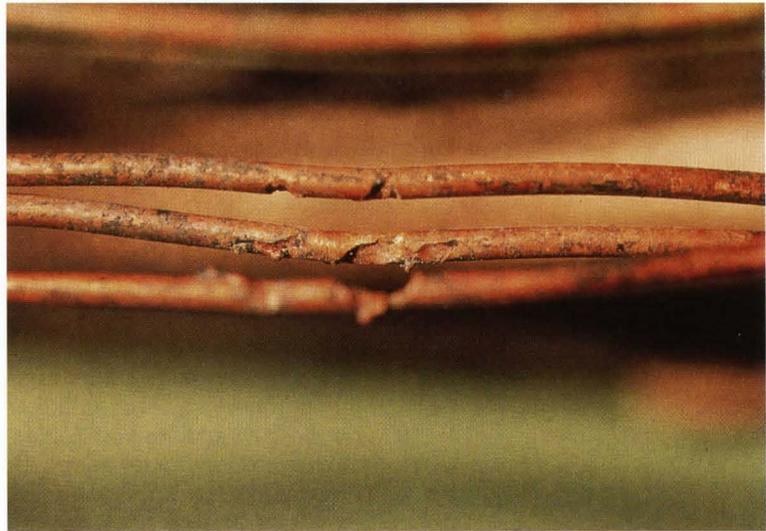
Es stellt sich die Frage nach gleichwertigen Ersatzlösungen. FI können in weiten Bereichen die gestellten Anforderungen erfüllen.

#### Feuergefährdete Betriebsstätten

In diesen Bereichen muß mit besonderen Brandgefahren gerechnet werden, da hier erhebliche Mengen an brennbaren Stoffen konzentriert sind und diese bei Entzündung zu einer Brandausweitung beitragen. In feuergefährdeten Betriebsstätten werden große Mengen brennbarer Stoffe gelagert, verarbeitet oder ausgestellt. Es kommt deshalb ganz besonders darauf an, Isolationsfehler zu verhindern oder nach Eintreten eines Isolationsfehlers für eine schnelle und sichere Abschaltung der Anlage zu sorgen.

Zum Schutz gegen die Folgen von Isolationsfehlern sind nach DIN VDE 0100 Teil 720 Fehlerstrom- und Überstrom-Schutzeinrichtungen zulässig.

Gemäß der Norm dürfen Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom  $I_{\Delta n} \leq 0,5 \text{ A}$  eingesetzt werden. Die Praxis zeigt jedoch, daß der Trend zu 300 mA oder 100 mA-Schutzeinrichtungen geht. Dieser Wert wird sich nach den heutigen Erkenntnissen auch in einer



Thermische Beschädigungen infolge eines Lichtbogenkurzschlusses zwischen den stromführenden Leitern eines Kabels

zukünftig, in Europa harmonisierten Norm durchsetzen und so zu einer Verbesserung des Brandschutzes in elektrischen Anlagen beitragen.

Beim Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist darauf zu achten, daß innerhalb der Umhüllung aller Kabel und Leitungen, also auf allen Kabel- und Leitungswegen der Schutzleiter mitgeführt wird. Damit ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, daß von Isolationsfehlern ausgehende gefährliche Fehlerströme frühzeitig erfaßt werden und die fehlerhafte Anlage abgeschaltet wird. Bei Einsatz von Überstrom-Schutzeinrichtungen fordert die Norm im Fehlerfall die Abschaltung innerhalb von fünf Sekunden. Wie dieses Schutzziel jedoch im Fall von Isolationsfehlern in der Praxis erfüllt werden kann, darüber werden in der Norm keine Angaben gemacht. Es wird vorausgesetzt, daß sich im Fehlerfall grundsätzlich ein vollkommener Kurz- oder Erdschluß zwischen den Leitern in einem Kabel oder in einer Leitung ausbildet. Tatsache aber ist, daß oft zunächst erst unvollkommene, widerstandsbehaftete Schlüsse entstehen. Überstrom-Schutzeinrichtungen wie Sicherungen oder Leitungsschutzschalter können deshalb den Brandschutz nicht garantieren.

Die derzeit beste Möglichkeit, Brandschutz zu betreiben, besteht darin, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom  $I_{\Delta n} < 300 \text{ mA}$  einzusetzen und den Schutzleiter möglichst in unmittelbarer Nähe der aktiven Leiter mitzuführen.



In den zukünftig anzuwendenden harmonisierten Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten (Teil 482 von DIN VDE 0100) werden Überstromschutzorgane für den Brandschutz nicht mehr zulässig sein.

Die Schadenversicherer haben sich bereits auf die neuen Normen eingestellt und die Richtlinien VdS 2033 entsprechend gefaßt. Sie werden nachfolgend auszugsweise wiedergegeben:

Für den Brandschutz sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen von wesentlicher Bedeutung. Bei Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als Abschalt-einrichtung genügen im allgemeinen Einrichtungen mit einem Nennfehlerstrom  $I_{\Delta n} = < 300 \text{ mA}$ . In bestimmten Fällen können jedoch im Fehlerfall geringere brandgefährliche Ströme ( $< 300 \text{ mA}$ ) fließen. So müssen z. B. bei Deckenheizungen mit Flächenheizelementen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem  $I_{\Delta n} = < 30 \text{ mA}$  vorgesehen werden.

Es sind nur Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nach DIN VDE 0664 ohne Hilfsspannungsquelle zulässig. Dadurch ist gewährleistet, daß auch bei Phasenausfall oder Neutralleiterbruch die Schutzwirkung erhalten bleibt.

Zur Gewährleistung der Schutzwirkung muß auf allen Kabel- und Leitungswegen, möglichst in unmittelbarer Nähe der stromführenden Leiter, der Schutzleiter mitgeführt werden. Als Schutzleiter dürfen verwendet werden:

- ▶ Leiter in mehradrigen Kabeln und Leitungen
- ▶ isolierte oder nichtisolierte Leiter in Elektroinstallationsrohren oder Elektroinstallationskanälen
- ▶ konzentrische Leiter von Kabeln und Leitungen
- ▶ metallene Gehäuse von Stromschienen-Systemen
- ▶ metallene Elektroinstallationsrohre oder Elektroinstallationskanäle.

Es ist darauf zu achten, daß der verwendete Schutzleiter einen genügend großen Querschnitt aufweist und daß insbesondere bei der Verwendung metallener Gehäuse von Stromschienen-Systemen, metallener Elektroinstallationsrohre und -kanäle eine durchgehende elektrische Verbindung sichergestellt ist. Der Hersteller muß hierzu Angaben machen. Es wird empfohlen, in Bereichen mit besonderer Gefährdung, z. B. bei besonde-

ren mechanischen Beanspruchungen, Kabel und Leitungen mit konzentrischem Leiter, z. B. NHX CHX, zu verwenden. Bei diesen Kabeln und Leitungen ist die Wahrscheinlichkeit größer, daß im Fehlerfall die Schutzeinrichtung abschaltet. Bei Verwendung von Kabeln, bei denen jede Ader von einer metallenen Umhüllung abgeschirmt ist, ist die Schutzwirkung noch größer. Schutzleiter sind auch in schutzisolierte elektrische Betriebsmittel ein- bzw. durch diese hindurchzuführen. Der Schutzleiter darf dabei die Schutzmaßnahme Schutzisolierung nicht aufheben.

### TN-S und TT-System

Es sind Fehlerstrom- (FI-) Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom  $I_{\Delta n} < 300 \text{ mA}$  einzusetzen.

### IT-System

Verwenden von

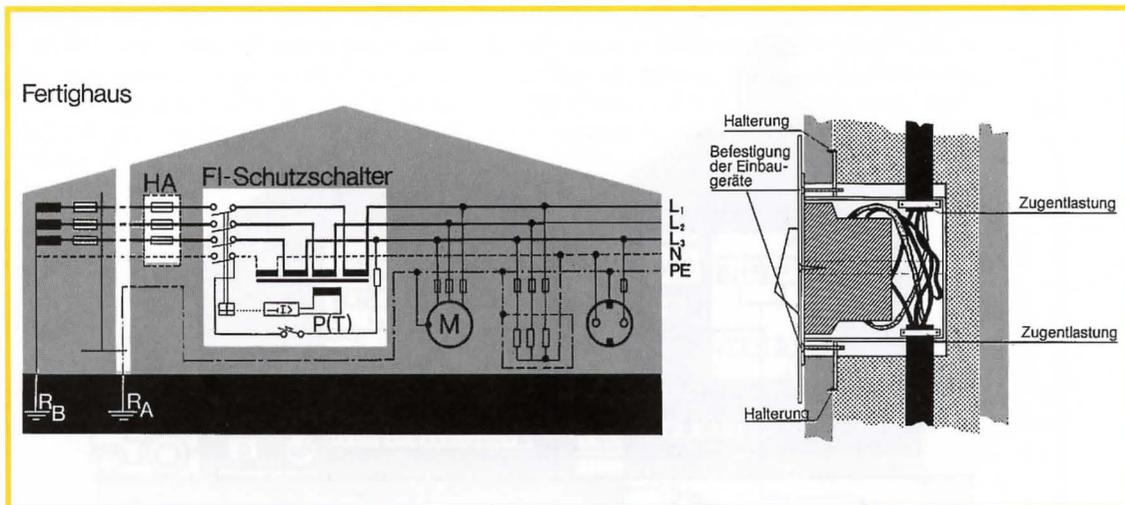
- ▶ Isolations- Überwachungseinrichtungen, die bei Unterschreitung der vorgeschriebenen Isolationswerte den ersten Fehler melden. Der Fehler muß so schnell wie möglich beseitigt werden.
- ▶ Überstrom-Schutzeinrichtungen, die die Anlage bei einem zweiten Fehler innerhalb 5 s abschalten.
- ▶ Kabel oder Leitungen mit konzentrischem Leiter. Der konzentrische Leiter muß mit dem Schutzleiter verbunden werden.

Diese Festlegungen gelten ebenso für feuergefährdeten Betriebsstätten gleichzustellende Risiken. Solche Risiken sind z. B. Archivräume, Ausstellungen, Bahnhöfe, Bars, Burgen, Diskotheken, EDV-Räume, Einkaufszentren, Hotels, Krankenhäuser, Kühlhäuser, Kaufhäuser und Laboratorien.

Hier steht der Schutz besonders wertvoller und unersetzbarer Güter im Vordergrund.

### Gebäude aus vorwiegend brennbaren Baustoffen

Die Anforderungen an die Errichtung elektrischer Anlagen sind in DIN VDE 0100 Teil 730 „Verlegen von Kabeln und Leitungen in Hohlwänden sowie in Gebäuden aus vorwiegend brennbaren Baustoffen“ aufgenommen. Unter den Geltungsbereich dieser Norm fallen u.a. Fertighäuser, Holzhäuser, Baracken, Holzwände und -decken, Raumteiler aus Kunststoff, Holztäfelungen, Gipskartonplatten mit Schaumstoff und Hohlwände.



Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in einem Fertighaus

Hohlwände sind im allgemeinen Rahmenkonstruktionen, die mit Span-, Gipskarton-, Holzplatten oder Blech abgedeckt sind.

Die elektrischen Installationsgeräte ragen in die Hohlwände hinein. Kabel und Leitungen können fest oder beweglich in den Wänden verlegt werden.

Die Beispielsammlung zeigt, daß aufgrund des brennbaren Materials in diesen Bereichen auch mit erhöhten Brandgefahren gerechnet werden muß, wenn die elektrische Anlage fehlerhaft ist.

In der genannten nationalen Norm sind für diesen Fall jedoch keine weitergehenden Maßnahmen – ähnlich den in feuergefährdeten Bereichen – vorgeschrieben. In der internationalen Normung wird aber darüber diskutiert, auch für Gebäude aus vorwiegend brennbaren Baustoffen Maßnahmen zum Schutz bei Isolationsfehlern festzuschreiben. Der VdS hat dies in seinen Richtlinien (VdS 2023) schon seit Jahren getan.

#### Landwirtschaftliche und gartenbauliche Anwesen

Nach den in 1992 neu herausgegebenen harmonisierten Errichtungsbestimmungen DIN VDE 0100 Teil 705 müssen in elektrischen Anlagen – zum Schutz gegen thermische Einflüsse – aus Brandschutzgründen FI vorgesehen werden. Der Nennfehlerstrom darf höchstens 0,5 A betragen.

Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nicht eingesetzt werden können, muß eine Isolationsüberwachungseinrichtung das Auftreten eines ersten Isolationsfeh-

lers optisch und akustisch melden. Dies wird in IT-Systemen sicher die Maßnahme sein.

Im Abschnitt 4.2.2.9 des Teils 705 gibt es weitere Festlegungen hinsichtlich des mitzuführenden Schutzleiters. Diese sind jedoch mißverständlich formuliert.

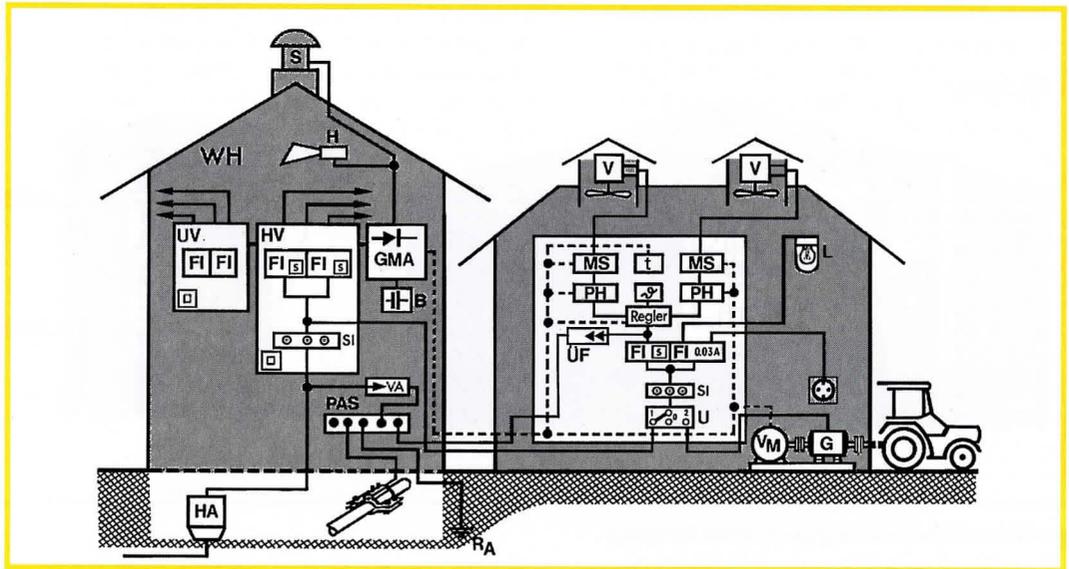
#### Es heißt wie folgt:

**„Ein isolierter Überwachungsleiter, z. B. ein Schutzleiter, darf in den Kabeln oder Leitungen der entsprechenden Stromkreise enthalten sein, es sei denn, diese Kabel oder Leitungen haben eine metallische Umhüllung, die mit dem Schutzleiter verbunden ist.“**

Auch wenn metallische Umhüllungen vorhanden sind, wie konzentrische Leiter an Kabeln, gut leitende durchgehende Elektro-Installationsrohre oder -kanäle, darf doch das separate Mitziehen eines Schutzleiters nicht verboten sein.

Es kann also davon ausgegangen werden, daß hier eine unglückliche Übersetzung der Original-Publikation HD 384-7-705 der Grund für diese Formulierung sein dürfte. Es sollte daher sehr wohl ein separater Schutzleiter (Überwachungsleiter) in Kabeln und Leitungen mitgezogen werden können.

Für Steckdosen-Stromkreise sind zum Schutz gegen gefährliche Körperströme FI mit  $I_{\Delta n} < 30\text{mA}$  vorgeschrieben. Für Bereiche, die für die Tierhaltung bestimmt sind, muß die Erdungsanlage so ausgeführt sein, daß im Fehlerfall die Berührungsspannung größer 25 VAC nicht bestehen bleiben kann. Die Ab-



Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Intensivtierhaltungsbetrieben

schaltzeiten müssen DIN VDE 0100 Teil 410 genügen. Diese FI müssen in TN-, TT-, IT-Systemen vorgesehen werden. In IT-Netzen dürfte diese Maßnahme allerdings in der Praxis Probleme bereiten, da aufgrund der zur Stromquelle hin fehlenden Erd- und galvanischen Verbindung bei einem Fehler der kapazitive Fehlerstrom für die Auslösung des FI maßgebend ist. Es bedarf deshalb einer besonderen Planung und Errichtung insbesondere der Leitungsanlage.

In DIN VDE 0100 Teil 705 sind keine Anforderungen für elektrische Einrichtungen in Räumen für Intensivtierhaltung gestellt. Der Hinweis in einer Anmerkung, DIN VDE 0100 Teil 560 sei zu beachten, ist völlig unzureichend.

Konkrete Maßnahmen können den Druckstücken VdS 2057 und VdS 2067 entnommen werden.

Bei der Auswahl von FI sind die besonderen Bedingungen des Tierschutzes zu berücksichtigen, d.h. es muß für eine ausreichende und dauerhafte Luftzufuhr gesorgt werden.

### Einsatz von FI zum Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom

Nach DIN VDE 0100 „Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom“ (Überlast und Kurzschluß) sind FI zur Vermeidung von Brandgefahren durch unzulässige Erwärmung der Leiter vorgesehen.

In TT-Systemen ohne Neutralleiter darf in einem Außenleiter auf die Überstrom-Schutzeinrichtung verzichtet werden, wenn der Stromkreis durch eine FI geschützt ist und bei Körperschluß alle

Außenleiter abgeschaltet werden.

In TT-Systemen sind im allgemeinen zum Schutz bei indirektem Berühren FI notwendig. Die Norm nennt für diesen Anwendungsfall keinen maximal zulässigen Nennfehlerstrom. Es kann im Falle eines Isolationsfehlers also durchaus ein brandgefährlicher Fehlerstrom zum Fließen kommen. Hier sollte deshalb eine FI mit einem Nennfehlerstrom  $\leq 300\text{mA}$  ausgewählt werden.

Nach der gleichen Norm muß in IT-Systemen mit Neutralleiter dieser in jedem Stromkreis zusätzlich durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung geschützt werden.

Es kann auf sie allerdings auch verzichtet werden. Dann muß der Stromkreis aber durch eine FI geschützt werden, und alle aktiven Leiter einschließlich des Neutralleiters sind im Falle des zweiten Fehlers abzuschalten.

### Einsatz von FI in informationstechnischen Anlagen

In vielen Gebäuden gibt es heute vernetzte informationstechnische Anlagen, z. B. EDV-Anlagen in Bürogebäuden oder computergestützte Werkzeugmaschinen-Steuerungen in Fabrikationsanlagen. Ebenso werden in diesen Gebäuden elektronische Betriebsmittel wie Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten, PC u.a.m. betrieben, die das Versorgungsnetz, sprich die sinusförmige Netzspannung, mit Oberschwingungen überlagern.

Ungleiche Netzbelastungen (Unsymmetrie) führen in TN-C-Systemen dann zu Arbeitsströmen auf dem PEN-Leiter, die

zur Überlastung und damit zur unzulässigen Erwärmung führen können. Es sind aber auch Störungen, Vorschädigungen oder Zerstörungen der sensiblen elektronischen Einrichtungen möglich, was für die auf die elektronischen Systeme angewiesenen Betriebe sehr problematisch ist. Bei Untersuchungen von Schadenfällen werden höherfrequente Ströme gemessen. Diese Ströme fließen nicht nur über den PEN-Leiter selbst, sondern auch über Kabelschirme, Gerätegehäuse, Rohrleitungen, und induzieren zerstörerische Spannungen in die elektronischen Systeme.

Nach DIN VDE 0100 Teil 540 (A 3:1993-05) werden deshalb TN-S-Systeme gefordert. In diesen Systemen fließen die Arbeitsströme nur über den Neutralleiter. Wird dieser entsprechend dimensioniert und durchgängig isoliert durch die Anlage geführt, können die Störungen und Zerstörungen reduziert werden.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen überwachen diese Voraussetzung und tragen so erheblich zum Brand- und Sachschutz bei.

Diese wenngleich wichtige Maßnahme ersetzt natürlich nicht den Einsatz von Überspannungsschutzgeräten (Überspannungsableiter).

## Zusammenfassung

Die Brandereignisse – durch Elektrizität verursacht – nehmen in der Brandursachen-Statistik einen der vorderen Plätze ein.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (FI) sind prädestiniert, brandgefährliche Isolationsfehler rechtzeitig zu erkennen und die fehlerhafte Anlage abzuschalten. Isolationsfehler entstehen auf die vielfältigste Weise: durch thermische und mechanische Beanspruchungen sowie durch äußere Einflüsse wie Feuchte, Staub, Überspannung usw.

Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Brandschadenverhütungsarbeit zeigen, daß Isolationsfehler-Leistungen größer 60 W eine akute Brandgefahr bedeuten. Zum Schutz der Anlagen werden deshalb FI eingesetzt, die bereits bei Fehlerströmen von weniger als 300 mA ansprechen und die fehlerhafte Anlage abschalten.

Diese Schutzeinrichtungen sind vor allem für elektrische Anlagen in Bereichen mit besonderer Gefährdung vorgeschrieben, z. B. in feuergefährdeten Betriebs-

stätten und in der Landwirtschaft, in Gebäuden aus vorwiegend brennbaren Baustoffen und in bestimmten Fällen auch zum Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom und FI werden auch als Abschalteneinrichtungen zum Schutz bei direktem und indirektem Berühren eingesetzt und wirken so zur Verbesserung des Brandschutzes bei.

Einen optimalen Schutz bietet die „Schnelle Nullung“, bei der eine Überstrom- und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung in Serie geschaltet ist.

FI leisten auch einen bedeutenden Beitrag zum Sachschutz in modernen informationstechnischen Anlagen.

Dipl. Ing. Adalbert Hochbaum, VdS, Köln

### Literatur

Gefahrenschutz in elektrischen Anlagen  
Schwenkhagen/Schnell

20 Jahre Fehlerstrom-Schutzschaltung  
de-Sonderdruck aus Heft 16/1978

30 Jahre Fehlerstrom-Schutzschalter  
Sonderheft de/VdS

**DIN VDE 0100** „Errichten von Starkstromanlagen mit  
**Teil 430** „Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom“  
**Teil 482** „Brandschutz“  
**Teil 540** „Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter“  
**Teil 705** „Landwirtschaftliche und gartenbauliche Anwesen“  
**Teil 720** „Feuergefährdete Betriebsstätten“  
**Teil 730** „Verlegen von Kabeln und Leitungen in Hohlwänden sowie in Gebäuden aus vorwiegend brennbaren Baustoffen“

**VdS 2023** „Elektrische Anlagen in Gebäuden aus brennbaren Baustoffen“

**VdS 2031** „Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen“

**VdS 2033** „Feuergefährdete Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken“

**VdS 2057** „Starkstromanlagen in landwirtschaftlichen Betrieben“

**VdS 2067** „Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft“