

Brandgefahr elektrischer Anlagen verringern

Typische Mängel elektrischer Anlagen

H. Bluhm, Duisburg

Im ersten Teil des Beitrags [1] wurden die rechtlichen Grundlagen bei der Begutachtung elektrischer Anlagen hinsichtlich einer Brandgefährdung erläutert. Nachfolgend wird auf konkrete Gefahrenpotentiale eingegangen. Durch mangelhafte Planung und Installation sowie unzureichende Prüfung und Wartung von Elektroanlagen ergibt sich eine erhebliche Brandgefahr. Diesbezügliche Aufklärung stellt einen großen Sicherheitsbeitrag dar.

1 Brandursachen und Brandgefahren in elektrischen Anlagen

Oftmals werden Brandgefahren in elektrischen Anlagen aufgrund mangelnder Sachkenntnis im Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln nicht rechtzeitig oder gar nicht erkannt. Zur Beurteilung von Brandgefahren ist daher zunächst die Kenntnis über mögliche Brandursachen in elektrischen Anlagen notwendig.

Diese Ursachen lassen sich in drei Gruppen unterscheiden:

- unvorschriftsmäßige Planung oder Errichtung elektrischer Betriebsmittel,
- nicht bestimmungsgemäßer Gebrauch elektrischer Betriebsmittel und
- technischer Defekt an elektrischen Betriebsmitteln.

Im Hinblick auf die Vermeidbarkeit lassen sich Brandursachen, die in einer unvorschriftsmäßigen Planung oder Errichtung und/oder in einem nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch elektrischer Betriebsmittel begründet liegen, als vermeidbare Brandursachen einstufen. Dem gegenüber gelten Brandursachen, die in einem technischen Defekt an elektrischen Betriebsmitteln begründet liegen, allgemein als nicht vermeidbar.

2 Planung, Errichtung und Verwendung elektrischer Betriebsmittel

In einer unvorschriftsmäßigen Planung bzw. Errichtung und/oder in einem nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch elektrischer Betriebsmittel begründete, häufig anzutreffende Beispiele für Brandursachen und damit auch für Brandgefahren in elektrischen Anlagen werden im Folgenden er-

läutert. Die getroffene Auswahl an allgemeingehaltenen oder konkreten Praxisbeispielen ließe sich durch zahlreiche weitere Beispiele ergänzen und besitzt daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In vielen Beratungsgesprächen mit Geschäftsführungen von Betrieben unterschiedlicher Größen hat sich gezeigt, dass oftmals Brandgefahrenschwerpunkte in der elektrischen Anlage des eigenen Betriebes aufgrund der Unwissenheit über mögliche Brandgefahren nicht erkannt werden.

Mangelhafter Isolationsfehlerschutz

Isolationsfehler sind in elektrischen Anlagen mit die am häufigsten vorkommenden Brandursachen. Dabei lässt sich der Isolationsfehler fast immer zurückführen auf

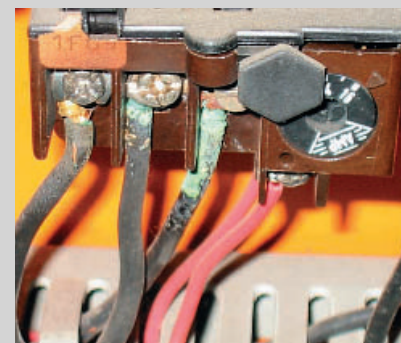
- elektrische Einwirkungen, z. B. Überspannungen, Überströme usw.,
- mechanische Einwirkungen, z. B. Schlag, Stoß, Biegung, Beschädigung usw. oder
- umweltbedingte Einwirkungen, z. B. Licht, Wärme, Feuchtigkeit, Strahlung (UV), Chemie usw.

Die Zerstörung bzw. Beschädigung des Isolierstoffes, insbesondere bei Kabeln und Leitungen, hat je nach Art der Schädigung verschiedene Fehlerströme zur Folge:

- geringe und kleine Fehlerströme,
- Glimmentladungsströme,
- unvollkommene Kurzschlussströme (Lichtbögen) oder
- vollkommene Kurzschlussströme.

Die Auswirkung von Fehlerströmen aufgrund von Isolationsfehlern kann verheerende Ausmaße annehmen. So kann ein kleiner Isolationsfehler über Monate und sogar Jahre hinweg unbemerkt bleiben, bis aus ihm dann schließlich ein äußerst energiereicher Lichtbogen entsteht, der dann sofort einen Brand auslösen kann.

Abhilfe kann hier ein vorschriftsmäßig dimensionierter Isolationsfehlerschutz, z. B. in Form eines RCD ohne Hilfsspannungsquelle (engl. residual current protective device, Fehlerstrom-Schutzschalter) schaffen, der bereits kleinste Isolationsfehler erkennt und eine Abschaltung veranlasst.



❶ Ausgeglühte Einzeladerverbindung an einem Bimetall-Auslöser

Überlastung elektrischer Leiter

Die Überlastung von elektrischen Leitern, z. B. in Form von ausgeglühten Leitungsadern, stellt heute keine Seltenheit mehr dar (Bild ❶). Häufig liegt der Überlastung eine Erweiterung einer elektrischen Anlage zugrunde, ohne dass zuvor überprüft wurde, inwieweit diese entsprechend ihrer Dimensionierung weitere Verbraucherlasten aufnehmen kann. Die Folge sind Überlasterscheinungen an Kabeln, Leitungen oder anderen elektrischen Betriebsmitteln wie z. B. ausgeglühte Leitungsadern oder verschmorte Klemmen, die dann eine potentielle Brandgefahr darstellen.

Unzureichende Schutzart

Die Schutzart elektrischer Betriebsmittel wird gemäß DIN VDE 0470-1:1992-11 durch den so genannten IP-Code angegeben. Der IP-Code besteht aus den Code-Buchstaben IP (engl. international protection) sowie zwei Kennziffern.

Die erste Kennziffer trifft eine Aussage über den Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern, während die zweite Kennziffer das elektrische Betriebsmittel im Hinblick auf den Schutz gegen schädliche Wirkungen durch Eindringen von Wasser einstuft. Für beide Kennziffern gilt: je höher die Kennziffer des IP-Codes, desto höher die Schutzart des elektrischen Betriebsmittels im entsprechenden Bereich. Sollen elektrische Betriebsmittel in spezifischen Umgebungen – z. B. in Feuchträumen oder in feuergefährdeten Betriebsstätten – eingesetzt werden, so ist zunächst zu prüfen, ob sie in ihrer vom Hersteller angegebenen Schutzartausführung den entsprechenden behördlichen Vorschriften, den DIN VDE-Bestimmungen sowie den Sicherheitsvorschriften der Feuerversicherer (VdS-Richtlinien) genügen. Wird den Forderungen aus diesen Vorschriften bzw. Bestimmungen nicht genügt, so ist in den meisten Fällen das Entstehen eines Brandes unausweichlich. Oftmals müssen die Interessen von Arbeitnehmern zu Gunsten der Brand- und Perso-

Autor

Dipl.-Ing. Holger Bluhm, Duisburg, ist VdS-anerkannter Sachverständiger zum Prüfen elektrischer Anlagen

nenschadenverhütung zurückgestellt werden. So ist zum Beispiel der Einsatz von Kühlschränken in einer Produktionshalle für Spanplatten (feuergefährdete Betriebsstätte) aus Sicht der Arbeitnehmer durchaus nachvollziehbar. Die Brandgefahr, die in diesem konkreten Fall aufgrund der zu geringen Schutzart und damit der Möglichkeit der Selbstentzündung von Holzstaubablagerungen (Wärmestau) im Bereich des Verdichters von dem Kühlschrank ausgeht, steht jedoch in keinem Verhältnis zur Notwendigkeit des Nutzens des Kühlschranks durch den Arbeitnehmer.

Mangelhafte Wartung und Instandhaltung

Elektrische Anlagen sind keine starren Gebilde, die nach ihrer Errichtung für immer unverändert bleiben. Vielmehr sind sie als dynamische Systeme anzusehen, die auf elektrische, mechanische, oder umweltbedingte Veränderungen reagieren. Um die Betriebssicherheit elektrischer Anlagen im Sinne der DIN VDE 0105-100 elektrischer Anlagen sowie die Schutzmaßnahmen innerhalb elektrischer Anlagen gewährleisten zu können, müssen elektrische Betriebsmittel regelmäßig gewartet werden.

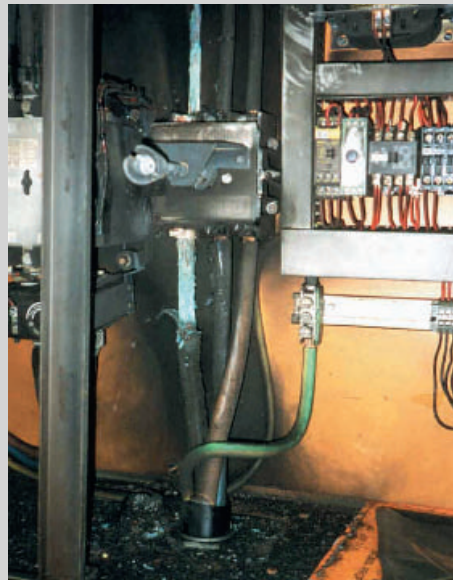
Ein Zuwiderhandeln kann im Schadensfall (Bild 2) im Hinblick auf die Festlegungen des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) zu strafrechtlichen Konsequenzen führen. Durch kontinuierliche Wartungsintervalle lassen sich Brandgefahren in elektrischen Anlagen frühzeitig erkennen und abstellen. Einsparungen im Bereich der Wartung und Instandhaltung elektrischer Betriebs- oder Verbrauchsmittel erhöhen dagegen das Schadenrisiko um ein Vielfaches.

Provisorische Elektroinstallationen

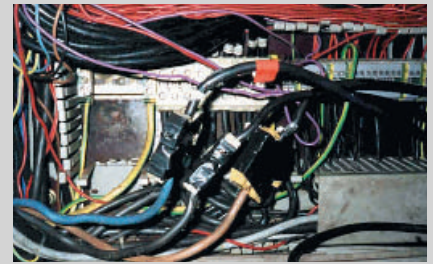
„Nichts hält länger als ein Provisorium“. Diese Aussage ist keine Banalität, sondern kennzeichnet vielmehr den Praxisalltag einer Elektrofachkraft. Immer wieder verlangen Betreiber die „schnelle, provisorische Inbetriebnahme“ von Maschinen und Anlagen. Oftmals ist die Elektrofachkraft auch gezwungen, Anschlüsse und Änderungen innerhalb elektrischer Anlagen unter Spannung durchzuführen.

Grund hierfür ist fast immer die durch den Betreiber angeordnete unbedingte Aufrechterhaltung der Produktion. Die Abschaltung einer elektrischen Anlage kann meist nur an Feiertagen oder Wochenenden erfolgen.

Das Ergebnis solcher nicht fachgerechten Eingriffe in elektrische Installationen sind häufig brand- und unfallgefährliche Provisorien, die aufgrund von z. B. schlechten Leitungsverbindungen und unzulässiger Verlegung von Kabeln und Leitungen, durch unzureichende Befestigung von Betriebsmitteln und auch durch falsche Aus-



2 Kabelbrand aufgrund loser Anschlussklemmen am Hauptschalter



3 Provisorisch durchgeführte Elektroinstallationen



4 Verschmorte ortsveränderliche Mehrfachsteckdosenleiste

wahl von Betriebs- oder Verbrauchsmitteln schnell zur Brandursache werden können (Bild 3).

Unzulässige Verwendung ortsveränderlicher Mehrfachsteckdosenleisten

Die Verwendung ortsveränderlicher Mehrfachsteckdosenleisten und Verlängerungsleitungen als Ersatz für eine unzureichende Elektroinstallation stellt eine erhöhte Brandgefahr in elektrischen Anlagen dar (Bild 4), insbesondere die unsachgemäße Auswahl (z. B. preisgünstigere Haushaltstischverteiler statt robuster Industriesteckdosenleisten mit höherer Kurzschlussfestigkeit) und Anwendung (z. B. unzulässige Erhöhung der Schleifenimpedanz durch mehrfaches Hintereinanderstecken von Steckdosenleisten und Verlängerungsleitungen). Preisgünstig über Baumärkte zu beziehende ortsveränderliche Mehrfachsteckdosenleisten und Verlängerungsleitungen für den temporären Einsatz im Haushalt mit Anschlussleitungen vom Typ 03VV und 05VV finden immer wieder den Weg in die Werksmagazine industrieller Betriebe. Deshalb sei an dieser Stelle auf DIN VDE 0620:1992-05 (3.4.26) verwiesen, wonach ortsveränderliche Mehrfachsteckdosen nach DIN 49440 Teil 2 als Ersatz für ortsfeste Installationen – einschließlich Installationen in Kanälen, Leuchten, Möbeln und Caravans – nicht zulässig sind. Sollten dennoch ortsveränderliche Mehrfachsteckdosen benötigt werden, so sind unter Beachtung der für den Einsatzort gültigen behördlichen Vorschriften, DIN VDE-Bestimmungen sowie Sicherheitsvorschriften der Feuerversicherer (VdS-Richtlinien) robuste Steckdosenleisten bzw. Industriesteckdosenleisten in entsprechender Ausführung einzusetzen.



5 Im Dauereinschaltzustand befindliche L-Lampe

Mangelhafte Sicherheitsabstände zu brennbaren Stoffen

Falsch geplante, errichtete oder betriebene Beleuchtungsanlagen stellen in der Praxis ebenfalls eine Brandgefahr dar. Gerade bei LL-Leuchten (Leuchtstofflampen-Leuchten) – im Sinne des Brandschutzes oft als harmloses „kaltes Licht“ fehlinterpretiert – können schon im normalen Betrieb außen an den Lampenelektroden Temperaturen zwischen 60 °C und 70 °C erreicht werden. Im Fehlerfall – z. B. im Dauereinschaltzustand – erreichen L-Lampenelektroden außen Temperaturen bis 160 °C, wobei die Temperaturen innerhalb der L-Lampe an den Elektroden zwischen 600 °C und 800 °C betragen können (Bild 5). Auch können im Bereich der Vorschaltgeräte – sofern keine elektronischen Vorschaltgeräte (EVG) mit verminderter Oberflächentemperatur eingesetzt sind – im normalen Betrieb am äußeren LL-Leuchtengehäuse Temperaturen bis 85 °C auftreten.



⑥ Unzulässige Montage elektrischer Betriebsmittel auf brennbarem Material



⑦ Beschädigte Anschlussleitung (unvollkommener Kurzschluss)



⑧ Unzulässig hohe Temperatur an einem NH-Sicherungselement aufgrund schlechter Kontaktgabe

Es wird deutlich, dass bei Unterschreitung von Sicherheitsabständen zu brennbaren Stoffen durch normale Betriebstemperaturen von LL-Leuchten bereits die Zündtemperaturen von brennbaren Stoffen erreicht werden. Häufig anzutreffende Brandgefahren in Verbindung mit LL-Leuchten sind daher u. a. falsche Auswahl der Schutzart, unzureichende Wartung (z. B. Wechsel defekter L-Lampen, Reinigung von Staubablagerungen, usw.), Lagerung brennbarer Materialien (z. B. Verpackungsmaterial) bis unmittelbar unter LL-Leuchten oder Nichtbeachtung der vorschriftsmäßigen Durchgangsverdrahtung.

Aber auch andere elektrische Betriebsmittel können bei Nichteinhaltung geforderter Sicherheitsabstände Brandgefahren darstellen, z. B. Batterieladegeräte, Heizgebläse, Ventilatoren, Nachtspeicheröfen, Halogenstrahler und viele mehr. Eine Vielzahl von Brandgefahren lauern in der Kombination elektrischer Betriebsmittel mit brennbaren Stoffen (in fester und flüssiger Form nach VbF-Klassifizierung), wobei die normale Betriebstemperatur eines elektrischen Betriebsmittels in Bezug auf den benachbarten brennbaren Stoff schon die Zündtemperatur sein kann.

Unzulässige Montage elektrischer Betriebsmittel auf brennbaren Materialien

Elektrische Betriebsmittel wie z. B. Steckdosen und Schalter, die ohne vorgeschriebene Brandschutzvorkehrungen (z. B. Brandschutzunterlagen, flammwidrige Hohlwanddosen) auf oder in brennbare Baustoffe (z. B. Holz, Hohlverkleidungen, Möbel usw.) montiert werden, sind als brandgefährlich einzustufen (Bild ⑥).

Ohne die vorgeschriebenen Brandschutzvorkehrungen ist der Sicherheitsabstand der elektrischen Betriebsmittel zu brennbaren Baustoffen nicht mehr ausreichend. Im Fehlerfall, z. B. bei einem Kurzschluss, kann infolge eines Lichtbogens die Zündtemperatur des brennbaren Baustoffs schon vor der Abschaltung durch das Überstromschutzorgan erreicht werden.

Montage und Reparatur durch elektrotechnische Laien

Nicht häufig – aber dennoch in der Praxis anzutreffen – sind Elektroinstallationen, die durch elektrotechnische Laien vorgenommen wurden. Solche Elektroinstallationen berücksichtigen zum einen keine geltenden Vorschriften, zum anderen werden Sie mit elektrotechnisch ungeeigneten

Materialien ausgeführt und sind fast immer brand- und unfallgefährlich.

Klare Kernaussage der DIN VDE 1000-10:1995-05 sowie diverser behördlicher Vorschriften ist, dass Arbeiten in elektrischen Anlagen nur durch Elektrofachkräfte vorgenommen werden dürfen, womit einem elektrotechnischen Laien die Montage und Reparatur elektrischer Betriebsmittel nicht zuletzt im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes untersagt ist. Bei Zuwiderhandeln können zumindest im Schadensfall strafrechtliche Konsequenzen folgen.

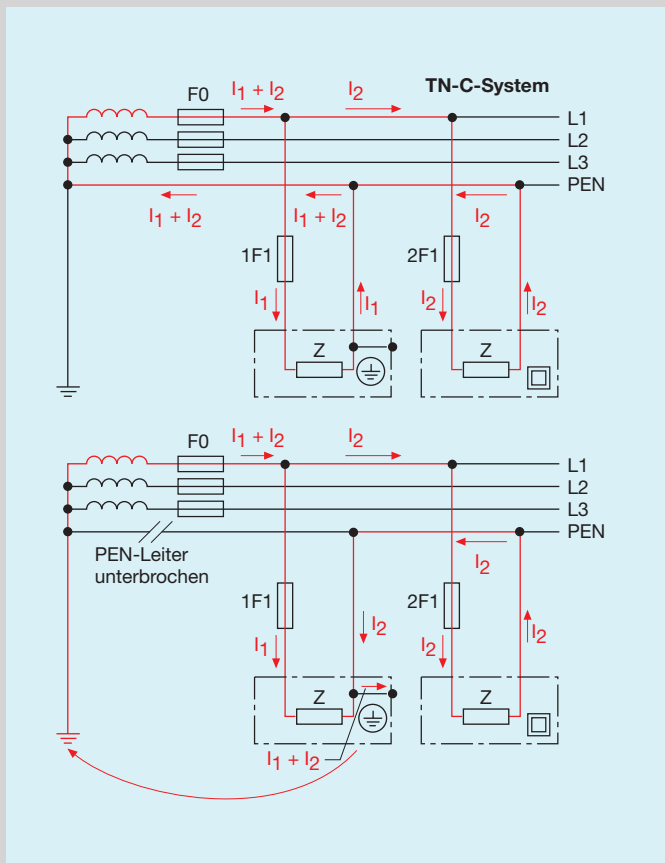
3 Technische Defekte

Brände, die als Brandursache einen technischen Defekt an elektrischen Betriebsmitteln haben, sind nicht ohne weiteres erkennbar und auch nicht in jedem Fall im Vorfeld vermeidbar. In einem technischen Defekt begründete Beispiele für Brandursachen bzw. Brandgefahren werden im Folgenden dargelegt.

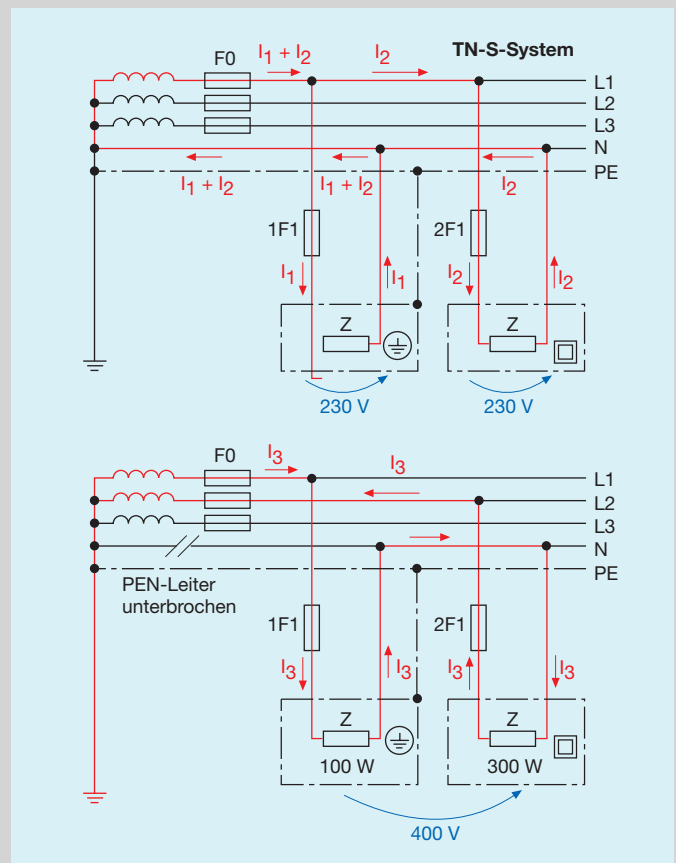
Unvollkommene Kurz- oder Erdschlüsse

Im Falle eines unvollkommenen Kurz- oder Erdschlusses (Bild ⑦) ist der entstehende

Anzeige



9 Stromfluss im ungestörten Betrieb (oben) und bei PEN-Leiterunterbrechung (unten) im TN-C-System



10 Stromfluss im ungestörten Betrieb (oben) und bei N-Leiterunterbrechung (unten) im TN-S-System

Fehlerstrom nicht groß genug, um ein vorgeordnetes Überstromschutzorgan zur Abschaltung zu bringen. Die Folge hiervon ist eine stetig ansteigende Erwärmung der Leiterisolation bis zu deren Entzündung. Der unvollkommene Kurz- oder Erdschluss ist eine heimtückische Brandgefahr, da zwischen Auftreten eines Fehlerstromes und Entzündung der Leiterisolation Tage, Wochen und sogar Monate liegen können. Empirisch wurde nachgewiesen, dass bereits Fehlerströme ab 100 mA eine genügend große Wärmeleistung erzeugen, um brennbare Materialien wie z. B. Holz im direkten Umfeld der Fehlerstelle zu entzünden.

Mangelhafte elektrische Anschlüsse oder Verbindungen

Mangelhafte Kontaktgabe an aktiven Teilen einer elektrischen Anlage erhöhen den Übergangswiderstand. Daraus resultiert immer eine Wärmeentwicklung, die wiederum eine Überhitzung und Entzündung der Leiterisolation zur Folge haben kann (Bild 8). Je nach Stromlastfluss und der damit verbundenen Wärmeentwicklung dehnen sich Leiter aus oder ziehen sich zusammen. Zwar geschieht dies in sehr kleinen Dimensionen, hat aber im Bereich von Leitungsverbindungen Auswirkungen auf eine einwandfreie Kontaktgabe, z. B. an Klemmen und Steckverbindern. Eine turnusmäßige Überprüfung der Kontaktgabe an solchen Verbindungsstellen ist daher

eine weitere brandschutztechnische Forderung an das Wartungs- und Instandhaltungspersonal.

Unterbrechung von Neutralleitern (PEN- oder N-Leiterunterbrechung)

Die Unterbrechung von Neutralleitern kann in einer elektrischen Anlage zu erhöhten Spannungen und Strömen an elektrischen Betriebsmitteln führen. Der Schutzleiter elektrischer Verbrauchsmittel ist im Leiterquerschnitt nicht für die Aufnahme des Laststromes dimensioniert. Die Folge ist eine Überlastung des Leiters in Form einer Überhitzung und einer möglichen Entzündung der Leiterisolation.

Bild 9 (unten) zeigt gegenüber einer mangelfreien elektrischen Anlage (oben) eine Überlastung des Schutzleiters am elektrischen Verbrauchsmittel aufgrund einer PEN-Leiterunterbrechung.

Die in Bild 10 (unten) dargestellte Unterbrechung des Neutralleiters führt zur Reihenschaltung der elektrischen Verbrauchsmittel, die jetzt an der Außenleiterspannung (400 V statt 230 V) liegen. In dieser Reihenschaltung liegt an dem elektrischen Verbrauchsmittel mit der kleineren Leistung die höhere Spannung. Ein elektrisches Verbrauchsmittel kann so mit einem Vielfachen der Bemessungsspannung versorgt werden, was zu einer Zerstörung von Bauteilen mit Brandfolge führen kann.

Überlastung elektrischer Betriebsmittel

Elektrische Betriebsmittel, die elektrisch dauerhaft in Anspruch genommen werden, zeigen nach einer gewissen Zeit betriebsbedingte Ermüdungserscheinungen. In der Regel sollten diese im Rahmen der Wartung und Instandhaltung gewechselt werden. Erfolgt kein Austausch solcher elektrischer Betriebsmittel, ist die einwandfreie Funktionsweise nicht länger gewährleistet und es können unerwartet Isolationsfehler, Überhitzungen und Entzündungen an und in elektrischen Betriebsmitteln auftreten.

Wärmestau an elektrischen Betriebsmitteln

Durch starke Beaufschlagung von Staub- und Produktionsrückständen können Betriebsmittel nicht mehr ausreichend durch die umgebende Luft gekühlt werden. Die Folge hiervon ist ein Wärmestau an elektrischen Betriebsmitteln, was zu einer unzulässigen Erhöhung der Betriebstemperatur führt. Bauteile des Betriebs- oder Verbrauchsmittels werden auf diese Weise überhitzt und können so zur Zündquelle eines Brandes werden.

Literatur

- [1] Blum, H.: Brandgefahr elektrischer Anlagen verringern. Gesetzliche Grundlagen und Allgemeines. Elektropraktiker Berlin 57(2003)5, S. 372-375