



Eine „heimtückische“ Brandgefahr: Die fehlerhafte elektrische Verbindung

„Heimtücke ist die bewusste Ausnutzung der auf Arglosigkeit beruhenden Wehrlosigkeit des Opfers durch den Täter, sodass es die Tat weder vorhersehen noch erwarten kann.“¹

Die Erfahrung bei der Brandursachenforschung in elektrotechnischen Anlagen zeigt, dass ein sehr großer Teil der brandursächlichen Defekte auf fehlerhafte elektrische Verbindungen zurückzuführen ist. Elektrische Verbindungen verbinden die elektrischen Leiter einer Elektroanlage und stellen somit einen wesentlichen und unverzichtbaren Bestandteil einer solchen Anlage dar. Die wohl wichtigsten Anforderungen an eine elektrische Verbindung sind ein dauerhaft ausreichender Kontaktdruck und ein niedriger Übergangswiderstand. Liegt dagegen ein zu geringer Kontaktdruck bzw. ein zu hoher Übergangswiderstand an einer elektrischen Verbindung vor, etwa als klassischer „Wackelkontakt“, so erhöht sich bei einem Stromfluss an der Verbindungsstelle die Verlustleistung. Diese Verlustleistung tritt in Form von Wärme auf und kann an einer fehlerhaften Verbindungsstelle je nach Höhe des Übergangswiderstandes und der vorherrschenden Stromstärke ($P=I^2 \cdot R$) brandgefährliche Temperaturen von bis zu 800 °C erzeugen.² Eine Verlustleistung an solchen Übergangswiderständen über 60 Watt gilt als akut brandgefährlich.³ In Fachkreisen werden teilweise jedoch schon deutlich geringere Verlustleistungen als brandgefährlich eingestuft.

Elektrische Verbindungen sind als Press-, Quetsch- und vor allem als Klemmverbindungen in sämtlichen elektrotechnischen Einrichtungen, z. B. als Anschlussklemmen und Verbindungsklemmen, sehr zahlreich und zudem in unterschiedlichsten Konstruktionen bzw. Ausführungsvariationen vorzufinden. Sie werden – zumindest in der elektrischen Gebäudeinstallation – vorwiegend individuell und in Handarbeit erstellt.

Diese elektrischen Verbindungen müssen dabei über die gesamte Lebensdauer einer elektrischen Anlage ihre fehlerfreie Funktion behalten. In dieser Zeit können sie unter Umständen zahlreichen elektrischen, mechanischen, thermischen und chemischen Einflüssen ausgesetzt sein. In der Gesamtbetrachtung kann es daher nicht verwundern, dass es an elektrischen Verbindungen nicht selten zu Fehlern kommt und sie somit häufig Brandschäden verursachen.

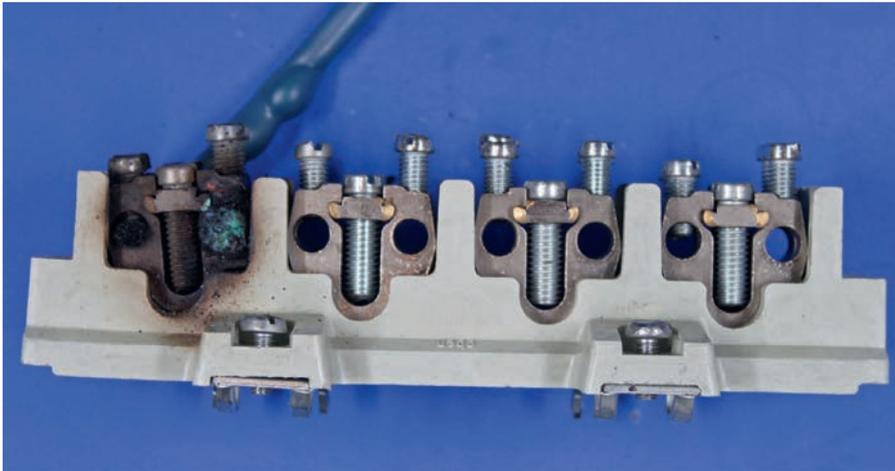
Die häufigsten im Rahmen von Brandursachenermittlungen festgestellten Fehler an elektrischen Verbindungen sind die folgenden:

- Klemmschrauben werden nicht mit dem erforderlichen Drehmoment angezogen, die elektrische Verbindung ist lose.
- Klemmschrauben werden mit einem zu hohen Drehmoment angezogen, die Leiter und/oder der Klemmenkörper werden beschädigt.
- Die elektrischen Leiter werden nicht korrekt in den Klemmenkörper eingeführt, die Leiterisolation wird mit „untergeklemmt“ oder die Kontaktfläche ist zu gering.
- Quetsch- bzw. Pressverbindungen werden mit ungeeignetem Werkzeug ausgeführt, sodass der Leiter und/oder das Verbindungselement beschädigt werden oder einen zu geringen Kontaktdruck haben.
- Aluminiumleiter werden vor dem Anschluss nicht richtig vorbehandelt (Oxidschichten auf dem Leiter müssen zuverlässig verhindert werden).

- Sektorleiter werden nicht passgenau in die vorgesehenen Klemmen eingelegt.
- Das Verbindungselement (Klemme, Presshülse usw.) passt nicht zum Querschnitt und/oder zur Form und/oder zum Material des/der Leiter.
- Das Verbindungselement (Klemme, Presshülse usw.) und/oder der Leiter ist für den Betriebsstrom nicht ausreichend dimensioniert.
- Es sind zu viele Leiter in ein Verbindungselement eingeführt.

Das Ausmaß der Schäden, die durch fehlerhafte elektrische Verbindungen verursacht werden, reicht vom kleinen Schmerschaden – den nahezu jeder Elektrotechniker in seiner Berufspraxis schon einmal gesehen hat – über Wohnungsbrände bis hin zu ausgedehnten Anlagen- und Gebäudebränden. Neben den reinen Sachschäden können dabei auch immer Menschen und Tiere in Gefahr geraten, verletzt werden und schlimmstenfalls zu Tode kommen. Insbesondere wenn im Rahmen eines solchen Brandes Personen zu Schaden kommen, muss der Errichter bzw. Hersteller einer fehlerhaften und brandursächlichen elektrischen Verbindung (häufig ist das der vor Ort tätige Elektroinstallateur-geselle!) mit strafrechtlichen Konsequenzen rechnen.

Darüber hinaus überschreiten die entstandenen Schadenkosten, die neben den reinen Sachschäden mitunter auch Betriebsausfallkosten umfassen, nicht selten die Deckungssumme der Betriebs-Haftpflichtversicherung, insbesondere kleinerer Handwerksunternehmen! ▶



Beispiel 1 | Schmerschaden durch einen überhöhten Übergangswiderstand an einer Hauptleitungs-abzweigklemme – Ursache: Die betreffende Klemmschraube wurde nicht mit dem erforderlichen Drehmoment angezogen.



Beispiel 2 | Kleiner Brandschaden im Bereich eines Elektroherdanschlusses – Ursache: Verwendung einer Drahtbrücke ...



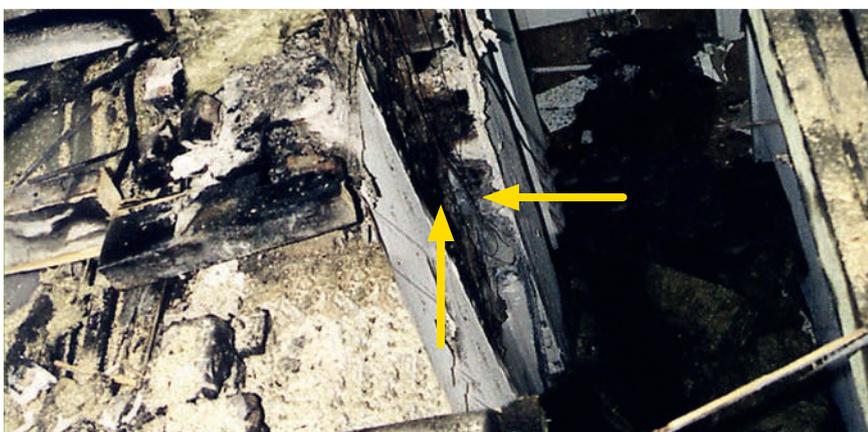
... aus Eisendraht mit zu geringem Querschnitt, die beim gemeinsamen Unterklemmen mit einer Kupferader ausgewichen ist.



Beispiel 3 | Kleiner Brandschaden im Bereich einer Saunasteuerung – Ursache: Eine Klemmschraube ...



... an einer Anschlussklemme wurde nicht mit dem nötigen Drehmoment angezogen.



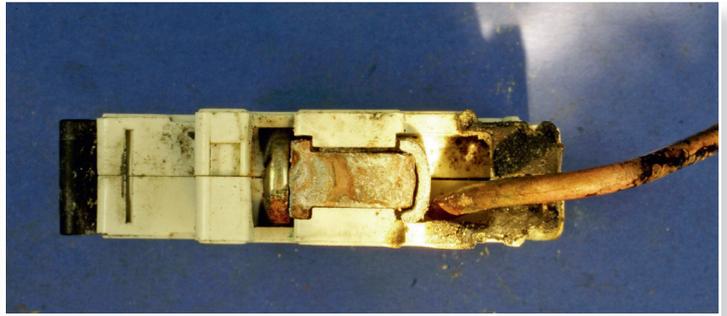
Beispiel 4 | Größerer Brandschaden in einer Wohnung. Die Pfeile deuten auf den ehemaligen Montagebereich der Stromkreisverteilung. Diese war ...



... im Brandverlauf bzw. im Verlauf der Löschnmaßnahmen auf den Boden gefallen (Pfeil) – Ursache des Brandes war...



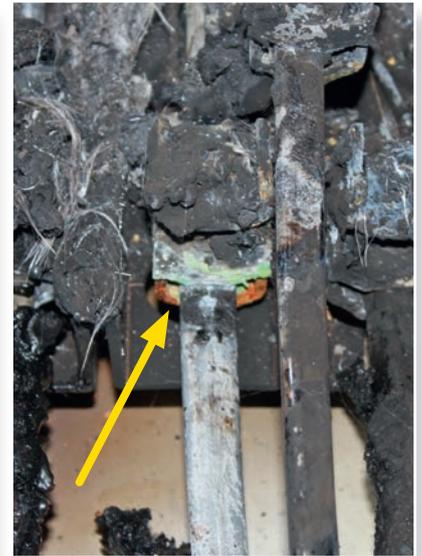
... ein Fehler bei Verdrahtungsarbeiten. Konkret war eine Leitungsader der Wohnungszuleitung nicht wie hier abgebildet in den Zugbügel der Anschlussklemme eines Leitungsschutzschalters, sondern ...



... dahinter gesteckt worden. Somit konnte auch das anschließende Festziehen der Klemmschraube keine sichere Kontaktgabe erzeugen.



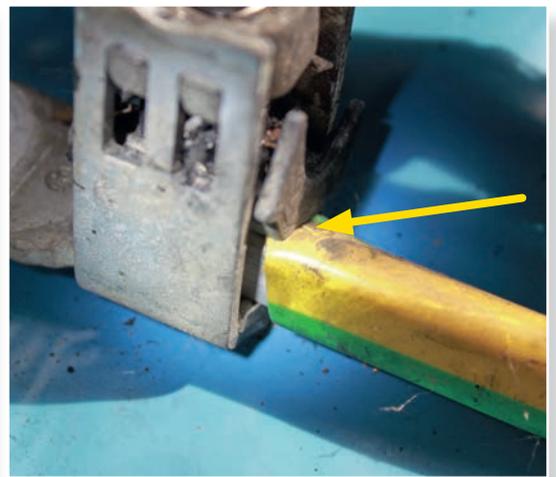
Beispiel 5 | Totalverlust eines Einspeiseschrankes einer größeren Photovoltaikanlage – Ursache: Die Aluminiumader (Pfeil) einer Haupteinspeiseleitung ...



... war nicht weit genug in den Klemmkörper ...



... geführt worden und es wurde zudem ein Teil der Aderisolation mit untergeklammt. Das weiche Isolationsmaterial begann infolge des Anpressdruckes und der Erwärmung bei Stromfluss zu fließen, sodass schlussendlich eine lose Klemmverbindung vorlag.



Auch die Isolierung vom PEN-Leiter des schadenbetroffenen Einspeiseschrankes war mit untergeklammt (Pfeil).



Warum aber stellen fehlerhafte elektrische Verbindungen eine so heimtückische Brandgefahr dar?

Eine fehlerhafte elektrische Verbindung mit einem überhöhten Übergangswiderstand kann näherungsweise als Heizwiderstand betrachtet werden, der in Reihe in einen Stromkreis geschaltet ist. Stromkreise in elektrischen Anlagen werden im Regelfall durch Überstromschutzorgane (z.B. Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter) und häufig zusätzlich durch Fehlerstromschutzschalter (RCD) geschützt. Diese Schutzeinrichtungen sind jedoch nicht geeignet, überhöhte Übergangswiderstände bzw. deren Wirkung zu erkennen und dann darauf zu reagieren.

Vereinfacht dargestellt „erkennen“ Überstromschutzorgane lediglich die Stärke des in dem Stromkreis fließenden Stromes. Sie unterbrechen den Stromfluss beim Erreichen von definierten, maximal zulässigen Stromstärken. Diese definierten Stromstärken können beispielsweise bei einem Kurzschluss oder bei einer Überlast durch den Betriebsstrom eines oder mehrerer parallel betriebener Verbraucher überschritten werden.

Das Vorhandensein eines (in Reihe geschalteten) überhöhten Übergangswiderstandes führt aber gerade nicht zu einer Erhöhung des Stromflusses, vielmehr senkt ein überhöhter Übergangswiderstand den Stromfluss sogar ab ($I=U/R$, wobei $R=R_{\text{Verbraucher}} + R_{\text{Übergangswiderstand}}$). Insofern ist ein Ansprechen von Überstromschutzorganen beim Auftreten eines überhöhten Übergangswiderstandes nicht zu erwarten.

Auch Fehlerstromschutzschalter (RCD) können eine Brandentstehung durch einen überhöhten Übergangswiderstand an einer fehlerhaften elektrischen Verbindung prinzipiell nicht verhindern. Fehlerstromschutzschalter sind den Fehlerstromschutzschutzeinrichtungen zuzuordnen. Vereinfacht dargestellt erkennen sie Erd- bzw. Körperschluss-Fehlerströme ab einer definierten Stromstärke und schalten den fehlerhaften Stromkreis ab. Erd- bzw. Körper-

schluss-Fehlerströme entstehen durch Isolationsfehler in elektrischen Einrichtungen. Fehlerhafte elektrische Verbindungen mit überhöhten Übergangswiderständen stellen jedoch keine Isolationsfehler, sondern – wie oben beschrieben – Heizwiderstände dar. Insofern ist auch ein Ansprechen von Fehlerstromschutzschutzeinrichtungen beim Auftreten eines überhöhten Übergangswiderstandes nicht zu erwarten.

Im Fall eines bereits gezündeten Schadenfeuers sprechen sowohl ein Überstromschutzorgan als auch eine Fehlerstromschutzschutzeinrichtung an, wenn die Isolationsmaterialien in einer elektrischen Anlage verbrennen und es dadurch zu einem Kurzschluss oder zu Erd- bzw. Körperschluss-Fehlerströmen kommt. In derartigen Fällen ist das Feuer aber bereits vorhanden und das Abschalten des Stromkreises durch ein Überstromschutzorgan oder eine Fehlerstromschutzschutzeinrichtung ist damit im Hinblick auf eine Brandverhütung wirkungslos.

Fehlerhafte elektrische Verbindungen mit überhöhten Übergangswiderständen sind also heimtückisch, weil sie von den im Regelfall verwendeten Schutzeinrichtungen nicht detektiert werden. Darüber hinaus verursachen überhöhte Übergangswiderstände in vielen Fällen keine merklichen Funktionsstörungen in der Anlage.

Die Wirkungslosigkeit der üblichen Schutzeinrichtungen soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: Betrachtet wird ein Steckdosenstromkreis ($U=230$ Volt Netzspannung), an dem ein Heizlüfter mit einer Heizleistung von $P=3.000$ Watt angeschlossen ist. Die Heizung des Heizlüfters hat einen Widerstand R_H von etwa $17,633$ Ohm. Dem Stromkreis ist ein RCD mit einem Nenn-differenzstrom von 30 Milliampere sowie ein Leitungsschutzschalter mit einem Nennstrom von 16 Ampere und der Charakteristik B vorgeschaltet. Die Widerstände der Versorgungsleitungen und des Lüftermotors werden im Beispiel vernachlässigt. Aufgrund einer fehlerhaften elektrischen Verbindung an einer Klemmstelle bildet sich ein überhöhter Übergangswiderstand R_U von $0,4$ Ohm an der

betreffenden Klemmstelle aus. Beim Betrieb des Heizlüfters stellt sich folgender Strom I ein, der auch über die fehlerhafte elektrische Verbindung fließt:

$$\begin{aligned} I &= U / (R_H + R_U) \\ &= 230 \text{ V} / (17,633 \Omega + 0,4 \Omega) \\ &= \mathbf{12,75 \text{ A}} \end{aligned}$$

Die Fehlerleistung P_U an dem Übergangswiderstand R_U beträgt dann

$$\begin{aligned} P_U &= I^2 \cdot R_U \\ &= (12,75 \text{ A})^2 \cdot 0,4 \Omega \\ &= \mathbf{65,03 \text{ W}} \end{aligned}$$

Der berechnete Wert für P_U ist größer als 60 Watt und somit als akut brandgefährlich einzustufen. Heimtückisch ist dieser Fehler, da er weder zum Auslösen des vorgeschalteten RCDs (Fehlerstromschutzschalter) noch zum Auslösen des vorgeschalteten Leitungsschutzschalters führt. Der Nennstrom des Leitungsschutzschalters von 16 Ampere wird mit $12,75$ Ampere nicht erreicht und demzufolge auch nicht überschritten. Ein Erd- bzw. Körperschlussfehlerstrom liegt nicht vor. Weiterhin stellt sich keine nennenswerte Funktionsbeeinträchtigung ein, da der Heizlüfter trotz des erhöhten Übergangswiderstandes eine nur unmerklich geringere Heizleistung P_H liefert:

$$\begin{aligned} P_H &= I^2 \cdot R_H \\ &= (12,75 \text{ A})^2 \cdot 17,633 \Omega \\ &= \mathbf{2.866,46 \text{ W}} \end{aligned}$$

Die an dem überhöhten Übergangswiderstand R_U anfallende Fehlerleistung P_U wird an der Kontaktstelle in Wärme umgesetzt. Die freiwerdende Wärmeenergie ist vielfach ausreichend, um umliegendes brennbares Material zu erwärmen, thermisch aufzubereiten und auch zu entzünden. Die fehlerhafte elektrische Verbindung bleibt daher wahrscheinlich so lange unbemerkt, bis es durch die Temperaturerhöhung zu einem verbrannten Geruch, Rauchentwicklung oder im schlechtesten Fall zum Brand kommt! ▶



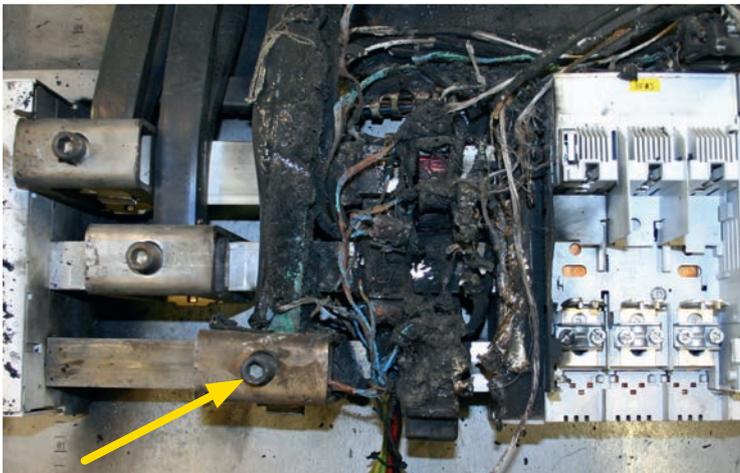
Eine besondere Heimtücke von fehlerhaften elektrischen Verbindungen stellt darüber hinaus die problematische Messbarkeit sowie die mitunter schleichende Entstehung von überhöhten Übergangswiderständen dar. Übergangswiderstände haben im Regelfall keinen konstanten Widerstandswert. Die metallenen Materialien von elektrischen Verbindungen sind elektrische Kaltleiter. Das heißt, mit steigender Temperatur nimmt der Widerstand zu. Hieraus ergibt sich, dass der Übergangswiderstand bei ausgeschalteter Anlage geringer ist als bei einer vorherrschenden Strombelastung. Je größer der fließende Strom, umso höher ist die Verlustleistung, die an der Kontaktstelle in Wärme umgesetzt wird, und umso höher ist die Temperatur, was damit einhergehend zu einer Erhöhung des Übergangswiderstandes führt.

Weiterhin wird das metallene Leitermaterial infolge der hohen Verlustleistung thermisch stark belastet, was im Regelfall zu einer weiteren Verschlechterung der Leitfähigkeit bzw. umgekehrt zu einer Erhöhung des Übergangswiderstandes führt.

Darüber hinaus können Stromlastwechsellvorgänge einen bereits überhöhten Übergangswiderstand noch weiter erhöhen: Wird eine elektrische Verbindung infolge eines überhöhten Übergangswiderstandes bei Stromfluss thermisch stark belastet, so dehnen sich die Verbindungsmaterialien aus und ziehen sich später, bei einem geringeren bzw. abgeschalteten Strom und der damit einhergehenden Abkühlung, wieder zusammen. Diese Ausdehnungs- und Schrumpfungsprozesse können ebenfalls zu einer weiteren Verschlechterung des Kontaktdruckes in einer elektrischen Verbindung führen. Erfahrungsgemäß kann die Ausbildung eines überhöhten Übergangswiderstandes bis zu dessen akuter Brandgefährlichkeit bzw. bis zum Brandausbruch schleichend über einen längeren Zeitraum erfolgen, der durchaus Monate oder gar Jahre umfassen kann! ▶



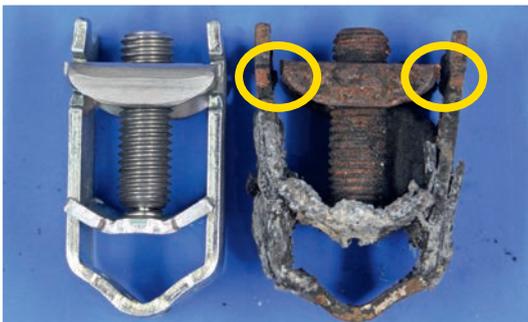
Beispiel 6 | Brandschaden am Einspeisefeld eines Schaltschrankes für eine große Klimaanlage – Ursache: An einer Hauptanschlussklemme (Pfeil) ...



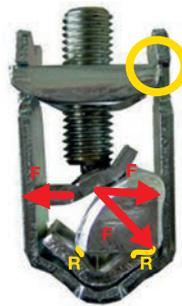
... war die Klemmschraube (Pfeil) nicht mit dem nötigen Drehmoment angezogen worden.



Beispiel 7 | Totalverlust einer 630-kVA-Mittelspannungs-transformatorenstation – Ursache: Im Bereich der Niederspannungs-verteilung ...



... war ein Aluminiumsektorleiter nicht richtig ausgerichtet worden, wodurch es zum Aufbiegen (Ellipsen) der Anschlussklemme und zum Verlust des Kontaktdruckes kam.



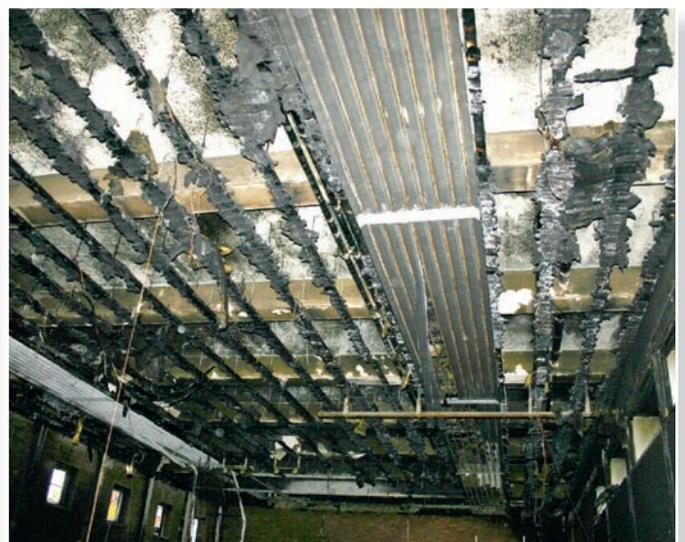
Fehlerhafter Anschluss eines Sektorleiters. Durch das falsche Einlegen des Sektorleiters kann es zum Aufspreizen des Klemmenrahmens kommen. Das Drehmoment kann nicht erreicht werden. Weiterhin ist die Kontaktfläche zur Anschluss-lasche reduziert und ein erhöhter Übergangswiderstand ist die Folge. (Quelle: Technik Info TI-K004, Firma Jean Müller)



Korrekter Anschluss eines Sektorleiters (Quelle: Technik Info TI-K004, Firma Jean Müller)



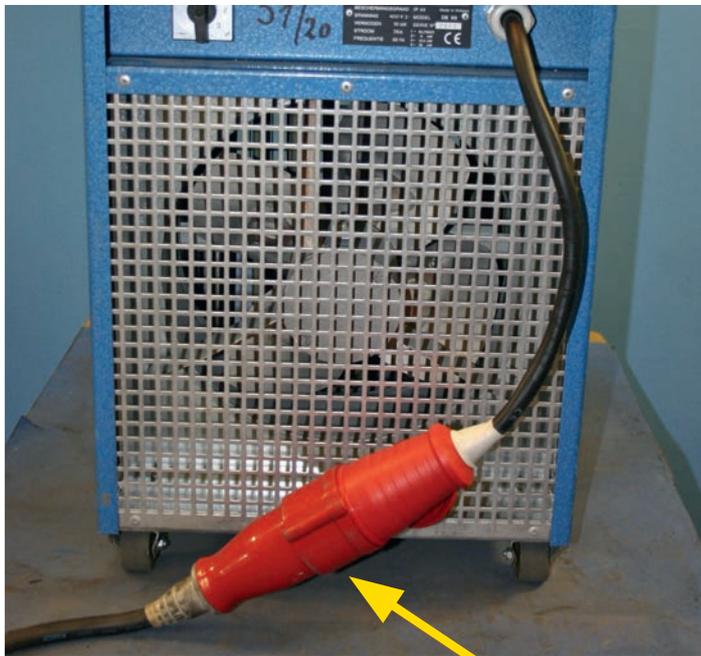
Beispiel 8 | Großschaden in einer Sporthalle



Wie vorherige Abbildung – jedoch Kameraschwenk nach oben – Ursache: Fehlerhafte Klemmverbindung in ...



...der 32A-CEE-Anschlusssteckverbindung (Ellipse) eines zum Schadenzeitpunkt in Betrieb befindlichen Elektroheizers.



Vergleichsaufnahme eines unbeschädigten Elektroheizers mit 32A-CEE-Steckverbindung (Pfeil)



Beispiel 9 | Fehlerhafte Crimpverbindungen an Gleichspannungsleitungen einer Photovoltaikanlage: Die Leiterquerschnitte sind für die verwendeten Verbindungselemente zu groß. Weiterhin wurde mit dem falschen Werkzeug gepresst bzw. gecrimpt, sodass die Verbindungselemente beschädigt wurden (Pfeile).

Wie also kann man sich gegen brandgefährliche erhöhte Übergangswiderstände an elektrischen Verbindungen schützen?

Um einem überhöhten Übergangswiderstand möglicherweise „auf die Schliche“ kommen zu können, ist eine regelmäßige und aufmerksame Überprüfung der elektrischen Verbindungen in einer Anlage und ggf. ein Nachziehen von Verbindungsschrauben sowie die Messung der Schleifen- bzw. Netzwidestände am Ende sämtlicher Stromkreise erforderlich. Werden im Rahmen einer Erstprüfung an einzelnen Stromkreisen erhöhte Widerstandswerte gemessen, so kann dies auf das Vorhandensein eines erhöhten Übergangswiderstandes hindeuten und die Anlage sollte diesbezüglich genauer untersucht werden. Bei regelmäßigen Wiederholungsprüfungen können von Prüfung zu Prüfung ansteigende Schleifen- oder Netzwidestände auf die Entwicklung eines überhöhten Übergangswiderstandes hindeuten. Allgemein ist aber eine Erfassung von überhöhten Übergangswiderständen mittels Messungen nicht einfach und zu 100 % auch nicht möglich.

Aufgrund der problematischen Messbarkeit von Übergangswiderständen an elektrischen Verbindungen sowie der fehlenden Erfassung durch die üblicherweise verbauten Schutzeinrichtungen ist in den vergangenen Jahren die Thermografie von elektrischen Anlagen als ein ergänzender Lösungsansatz angewandt worden. Allgemein ist die Thermografie ein bildgebendes Verfahren zur Anzeige der Oberflächentemperaturen von Objekten. Dabei wird mittels einer Wärmebildkamera die Intensität der Infrarotstrahlung, die von einem Punkt ausgeht, als Maß für dessen Temperatur gedeutet.⁴ Übertragen auf elektrische Anlagen können z. B. in einer Stromkreisverteilung markant hohe Temperaturen, wie sie bei Strombelastung an überhöhten Übergangswiderständen auftreten, detektiert werden. Gleichwohl ist aber zu berücksichtigen, dass nur offen zugängliche elektrische Verbindungen zuverlässig geprüft werden können. Die zahlreichen unzugänglichen elektrischen Verbindungen,



etwa in geschlossenen Abzweigdosen, gehören nicht dazu. Darüber hinaus ist die temporäre Überprüfung von elektrischen Verbindungen mittels Wärmebildkamera nur eine Momentaufnahme des augenblicklich vorherrschenden Belastungszustandes. Eine fehlerhafte elektrische Verbindung mit einem überhöhten Übergangswiderstand kann mittels Thermografie nicht detektiert werden, wenn sie zum Zeitpunkt der Prüfung nicht bzw. nur mit einem geringen Strom belastet ist.

Eine weitere Maßnahme zur Feststellung von fehlerhaften elektrischen Verbindungen ist die regelmäßige, aufmerksame Inaugenscheinnahme von Verbindungen und deren Umgebung. Wie bereits angeführt erhöhen sich die Übergangswiderstände oft schleichend, sodass auch die damit einhergehende Wärmeentwicklung schleichend zunimmt. Im Rahmen von regelmäßigen Besichtigungen elektrischer Anlagen sind thermische Belastungen mitunter schon frühzeitig anhand von Verfärbungen und Verformungen der umliegenden Isolationsmaterialien und Kunststoffabdeckungen erkennbar. Weiterhin ist natürlich auf angebrannte Gerüche, Rauchentwicklung sowie auf Farb- und Oberflächenveränderungen der Leitermaterialien zu achten. Sämtliche genannte Veränderungen bzw. Erscheinungen lassen auf eine akute Brandgefahr schließen, sodass deren Ursache unverzüglich und konsequent auf den Grund zu gehen und zu beseitigen ist!

Aus dem Vorgenannten ergibt sich zusammengefasst, dass fehlerhafte elektrische Verbindungen mit überhöhten Übergangswiderständen auch bei regelmäßigen und umfangreichen Prüfungen und Messungen nicht zu 100 % detektiert werden können. Daraus leitet sich die wichtigste Maßnahme zum Schutz gegen solche brandgefährlichen elektrischen Verbindungen ab: **Die sach- und fachgerechte Erstellung!**

LITERATURVERWEISE

¹ Heimtücke – Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Heimtücke>, 12.08.2015

² Die vorschriftsmäßige Elektroinstallation 19., neu bearbeitete Auflage, Hösl, Ayx, Busch

³ schadenprisma, Heft 4 1996, Fehlerstromschiebung als Brandschutz, Adalbert Hochbaum

⁴ Thermografie – Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Thermografie>, 12.08.2015

Eine sach- und fachgerechte Erstellung einer elektrischen Verbindung erfordert

- ein umfangreiches Fachwissen,
- handwerkliches Geschick,
- Erfahrung,
- das richtige Verbindungsmaterial,
- das richtige Werkzeug (Quetsch-, Presswerkzeug, Drehmomentschlüssel, Ausrichtwerkzeug für Sektorleiter, Abisolierwerkzeug usw.)
- und vor allem Sorgfalt!

Insbesondere bei neuen Verbindungstechniken ist es auch für erfahrene Fachleute unerlässlich, die zugehörige Montageanleitung zu studieren und die entsprechenden Anforderungen korrekt umzusetzen. Aus dem Vorgenannten ergibt sich weiter, dass die Erstellung von elektrischen Verbindungen nur von ausgebildeten Fachhandwerkern, im Regelfall von Elektroinstallateuren, ausgeführt werden sollten. Tatsächlich werden in der Praxis elektrische Verbindungen immer wieder auch von fachfremden Handwerkern, z. B. von Dachdeckern beim Errichten von Photovoltaikanlagen, von Gas-Wasser-Installateuren, z. B. beim Austausch elektrisch betriebener Elektrodurchlauferhitzer, oder von Schreibern beim Küchenaufbau mit dem Anschluss des Elektroherdes ausgeführt.

Im Hinblick auf mögliche Personen- und Sachschäden sollten sich daher fachfremde Handwerker und vor allem auch Heimwerker vergegenwärtigen, dass nach § 13 der Niederspannungsanschlussverordnung elektrische Anlagen nur vom Netzbetreiber und von einem in das Installateurverzeichnis des Netzbetreibers eingetragenen Installationsunternehmen errichtet, erweitert und geändert werden dürfen!

Fazit

Fehlerhafte elektrische Verbindungen mit einem überhöhten Übergangswiderstand stellen eine heimtückische Brandgefahr dar, weil

- sie von den im Regelfall in elektrischen Anlagen verbauten Schutz-einrichtungen (z. B. Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter, Fehlerstromschutzschalter) nicht erfasst werden,
- sie häufig nicht zu merklichen Funktionsstörungen führen,
- sie wie ein Heizwiderstand wirken und ihre schädliche Heizwirkung nur temporär beim Betrieb des betreffenden Anlagenteils auftritt,
- sich ihr Widerstandswert je nach Betriebszustand der Anlage verändern kann,
- sie über Monate und Jahre hinweg schleichend entstehen können
- und sie messtechnisch nur schwer bis gar nicht zu erfassen sind.

Die Maßnahmen zur Vermeidung eines Brandes durch eine fehlerhafte elektrische Verbindung mit einem überhöhten Übergangswiderstand sind

- in erster Linie eine sach- und fachgerechte Erstellung von elektrischen Verbindungen,
- eine regelmäßige und sorgfältige Prüfung und Wartung der elektrischen Anlage,
- eine regelmäßige Thermografie. ■