

Heißes Eisen Netzausbau

Brandgefahr durch fehlerhafte Aluminiumanschlüsse



©Adobe Stock/Pituk



Die Energiewende in Deutschland benötigt den Netzausbau, da sind sich alle einig. Im Zuge dieses dringend benötigten Netzausbaus werden mehr und mehr Aluminiumkabel verarbeitet. Dieser Trend ist vor allem auf den deutlich geringeren Rohstoffpreis und die geringere Masse im Vergleich zu Kupfer zurückzuführen. Insbesondere bei groß dimensionierten Leitungen, wie sie in Industrie, Photovoltaikanlagen, Ladeinfrastruktur oder im Netzausbau selbst eingesetzt werden, stellen Aluminiumleiter eine wirtschaftlich attraktive Alternative dar.

Während Kupfer nach wie vor als der „Goldstandard“ der elektrischen Leitfähigkeit gilt, bietet Aluminium bei ausreichendem Querschnitt ähnliche Übertragungseigenschaften – jedoch zu einem Bruchteil der Materialkosten. Auch das geringere Gewicht spielt eine wichtige Rolle: Es erleichtert nicht nur den Transport und die Verlegung, sondern reduziert auch die statische Belastung auf Tragkonstruktionen und Anschlusskomponenten.

In der Schadendatenbank des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer (IFS) zeigt sich ein deutliches Bild: Aluminiumkabel stellen bei unsachgemäßer Installation ein ernst zu nehmendes Brandrisiko dar. In der IFS-Schadenda-

tenbank sind inzwischen eine Vielzahl dokumentierter Brandfälle erfasst, bei denen die Ursache eindeutig auf einen erhöhten Übergangswiderstand an direkt, also ohne Kabelschuhe oder Ähnlichem, angeschlossenen Aluminiumleitern zurückzuführen ist. Brände in Zusammenhang mit der Verarbeitung von Kabelschuhen sind hingegen eher selten.

Die Häufung solcher Schadenfälle zeigt, dass der fachgerechte Umgang mit Aluminiumkabeln – insbesondere im Kontext steigender Materialnutzung – nicht nur ein technisches, sondern auch ein präventives Thema mit hoher Relevanz für Installateure, Planer und Prüfer ist.

Verwendung von Aluminiumkabeln und ihre Herausforderungen beim Direktanschluss

Trotz diverser Vorteile bringt der Einsatz von Aluminium auch technische Herausforderungen mit sich. Im Vergleich zu Kupfer ist Aluminium mechanisch weicher, neigt stärker zum Kriechen und bildet beim Kontakt mit Sauerstoff eine elektrisch isolierende Oxidschicht auf der Oberfläche. Diese Faktoren führen dazu, dass die Kontaktstellen bei Direktanschlüssen besonders empfindlich gegenüber Übergangswiderständen sind. Wird ein Aluminiumleiter ohne geeignete Maßnahmen direkt an Klemmen oder Anschlusspunkte angeschlossen, kann es zu geringen Übergangswiderständen kommen. Durch wechselnde Belastungen

im Betrieb verschlechtert sich der Kontakt immer weiter. In der Folge kann sich der Kontaktpunkt erheblich erwärmen – ein schleichender Prozess, der häufig unbemerkt bleibt, bis es zur thermischen Überlastung und zum Brand kommt.^[1]

Um diese Risiken zu minimieren, müssen bei der Installation besondere Arbeitsschritte sorgfältig eingehalten werden.

Dazu gehören beispielsweise die Auswahl geeigneter Kontaktmittel, Klemmen mit Aluminiumfreigabe, das mechanische Vorbehandeln der Leiteroberfläche, die Verwendung von Kontaktfett und das richtige Anzugsmoment der Klemmverbindung. Nur wenn diese Aspekte beachtet werden, lässt sich der sichere Betrieb von Aluminiumkabeln langfristig gewährleisten.

Die vorliegenden Schadenfälle zeigen typische Muster: unsachgemäß vorbereitete Leiterenden, fehlende Kontaktmittel, ungeeignete Klemmen oder nicht richtig angezogene Schraubverbindungen.

FALL 1

Zweimal die falsche Klemme

Nachdem es innerhalb eines Monats zweimal in der Elektroverteilung eines Metallbaubetriebs gebrannt hatte, sollte ein Gutachter des IFS die Sache unter die Lupe nehmen. Vor Ort fand der Gutachter einen vom Brand betroffenen Verteilerschrank im elektrischen Betriebsraum der Firma vor. Da der Brand früh gelöscht wurde und somit nur ein begrenzter Schaden entstand, konnte der Brandentstehungspunkt schnell ausfindig gemacht werden. Dieser befand sich an einem Klemmenblock, der aus vier Klemmen bestand. An diesen waren einerseits Kupfer- und andererseits Aluminiumleitungen angeschlossen. Über diese Klemmen speiste die ein Jahr zuvor installierte PV-Anlage den produzierten Strom ins Netz ein (**Bild 1**).

So gelingt der direkte Anschluss von Aluminiumleitern^[2]

1. Geeignete Klemmen und Anschlussmaterialien

Für den Anschluss von Aluminiumleitern dürfen ausschließlich zugelassene Klemmen verwendet werden, die explizit für den Aluminiumkontakt freigegeben sind (meist gekennzeichnet mit „Al“ oder „Al/Cu“). Diese Klemmen verfügen über besondere Kontaktflächen oder Spanntechniken, die einen ausreichenden Anpressdruck sicherstellen, auch über längere Zeiträume hinweg. Außerdem wird eine Kontaktkorrosion vermieden.

2. Vorbehandlung der Leiterenden

Vor dem Anschluss müssen die blanken Enden des Aluminiumleiters sorgfältig mechanisch bearbeitet werden, um die Oxidschicht zu entfernen. Dies geschieht üblicherweise durch Abkratzen mit einem Messer. Beim Verwenden von Feilen, Schleifpapier oder Drahtbürsten besteht die Gefahr, dass Abrieb auf den Leiterenden verbleibt und den Kontakt stört. Unmittelbar nach dem Abschaben muss ein geeignetes Kontaktmittel (Kontaktfett), das die erneute Oxidation unterbindet, aufgebracht werden.

3. Montage und Sicherung

Beim Festziehen der Klemme muss ein Drehmomentschlüssel verwendet werden und das vom Hersteller vorgegebene Drehmoment eingehalten werden. Aluminiumleiter sind weniger flexibel als Kupfer und reagieren empfindlich auf mechanische Beanspruchungen (z. B. Zug, Vibration, Biegung). Es ist daher zwingend erforderlich, den Leiter spannungsfrei zu verlegen und durch geeignete Maßnahmen (z. B. Zugentlastungen oder Leitungshalter) gegen Bewegung zu sichern.

4. Regelmäßige Kontrolle und Wartung^[3]

Elektrische Anlagen sind einer regelmäßigen Prüfung zu unterziehen. Insbesondere bei Direktanschlüssen in Anlagen mit hohen Dauerströmen oder häufigen Lastwechseln ist eine zusätzliche regelmäßige Sichtprüfung und Temperaturmessung der Anschlussstellen sinnvoll. Zur Temperaturmessung der Klemmenstellen im Betrieb hat sich mittlerweile die Thermografie als Methode der Wahl etabliert.^[4]

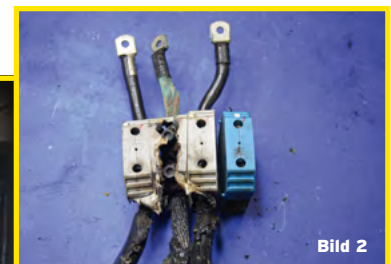


Bild 1 / Der brandbetroffene Verteilerschrank verfügte über vier Reihen. Unten in Reihe 3 (Pfeil) befanden sich die Klemmen der PV-Anlage. Dort entstand der Brand.

Bild 2 / Diese Klemmen waren bereits zwei Wochen vor dem größten Brandschaden überhitzt. Der Elektriker hatte sie einfach gegen den gleichen Klemmentyp ausgetauscht, obwohl der Hersteller diese Klemmen nicht für den angeschlossenen Leitertyp freigegeben hat.

Bereits etwa zwei Wochen vor dem Brand waren an genau derselben Stelle die Klemmen überhitzt. ►

Dieser Brand war allerdings in der Entstehungsphase direkt gelöscht worden. Auch diese Klemmen standen für eine Untersuchung zur Verfügung (**Bild 2**). Es stellte sich heraus, dass der Hersteller die Klemmen nur für die Verwendung mit sektorförmigen eindräftigen Aluminiumleitungen freigegeben hatte. Die verwendeten Aluminiumleitungen waren jedoch rund und mehrdrahtig. Beide Brände entstanden zudem zu Zeiten einer hohen PV-Stromproduktion, nämlich zur Mittagszeit im Sommer. Damit war eindeutig belegt, dass es aufgrund der Verwendung der falschen Klemme-Leitung-Kombination zu einem Übergangswiderstand kam, der sich durch den Stromfluss so weit erhitzte, dass es zum Brand kam.

Dass der Elektriker offensichtlich zweimal die falschen Klemmen gewählt hatte, zeugt davon, dass er sich der besonderen Anforderungen von Aluminiumleitern nicht bewusst war.

FALL 2

Montageanleitung nicht korrekt gelesen

In der etwa sechs Monate alten Trafostation eines großen Holzhandels kam es zu einem Brand in der Niederspannungsverteilung. Durch das schnelle Eingreifen der Feuerwehr konnte der Brand auf einen kleineren Teil der Niederspannungsverteilung begrenzt werden. Die Trafostation versorgte den Betrieb mit Strom und diente auch als Einspeise-

punkt für die neu montierte PV-Anlage auf den Hallendächern. Der entsandte Gutachter konnte den Brandentstehungsort an dem Anschluss der Leitungen der PV-Anlage an eine NH-Sicherungsschaltleiste lokalisieren. An dieser Stelle war ein Erdkabel mit Aluminiumleitern über sogenannte V-Klemmen direkt angeschlossen worden (**Bild 3**).

Beim Ortstermin gab der ausführende Elektriker an, dass selbstverständlich kein Fett an den Aluminiumleitern verwendet worden sei. Dies sei laut Hersteller nicht nötig, da in der Montageanleitung ein durchgestrichenes Ölkännchen zu sehen sei.

Dieses Ölkännchen ist in der Montageanleitung tatsächlich zu finden, es deutet jedoch auf die Schraube zum Festziehen der Klemme und nicht auf den Aluminiumleiter hin. Die Schraube darf nicht geschmiert werden. Im Textteil der Anleitung steht: „Anschluss von Aluminiumleitern: Oxid-Schicht unmittelbar vor dem Kontaktieren von den Leiterenden mechanisch entfernen und mit säure- und alkalifreiem Fett behandeln.“

Der Brand war ebenfalls zur Mittagszeit, also zu einer Zeit mit hoher PV-Stromproduktion, entstanden. Die Klemmen wiesen außerdem die typischen Spuren einer Überhitzung infolge eines Übergangswiderstands auf (**Bild 4**). Der Schaden ist demnach auf einen Fehler des Elektrikers zurückzuführen, der nicht mit der genauen Anschlussprozedur für Aluminiumleiter vertraut war.

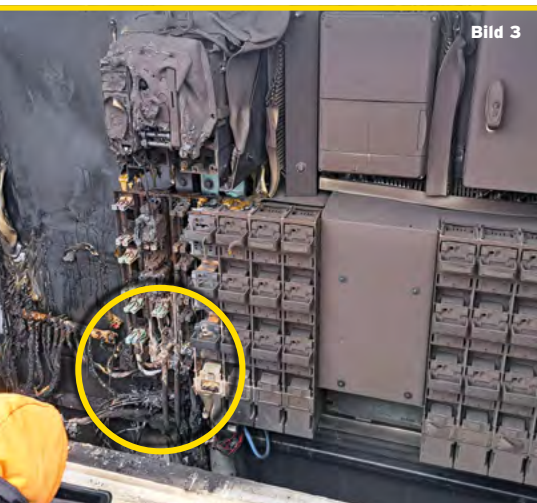


Bild 3



Bild 4



Bild 5

FALL 3

Durch Nachziehen wird eine schlechte Verbindung nicht besser

Die in diesem Fall betroffene elektrische Anlage war bereits drei Jahre alt. Der Brandort war eine Niederspannungshauptverteilung (NSHV) eines Großhandels für Bäckereien und Konditoreien.

Der Brand beschränkte sich weitgehend auf einen Schrank der NSHV. Dort lagen die tiefsten Brandschäden wieder im Bereich des Anschlusses von Aluminiumleitern an NH-Sicherungsschaltleisten vor. Von dort war der Brand, mit all seinen Folgen, ausgegangen (**Bild 5**).

Die Aluminiumleiter waren direkt in V-Klemmen angeschlossen worden. Die Klemmen zeigten typische Spuren einer Überhitzung infolge eines Übergangswiderstands. Damit war bewiesen, dass ein unzureichender Anschluss brandursächlich war.

Interessant war jedoch die Vorgeschichte, die der Gutachter ermitteln konnte. In bereits zwei erfolgten Wartungen der Anlage wurden in beiden Fällen die gegenständlichen Klemmen nachgezogen. Eine Thermografie der Klemmen wurde allerdings nicht dokumentiert.

Bild 3 / Übersicht über die Niederspannungsverteilung der Trafostation des Holzhandels. Der Brandentstehungspunkt liegt an den Anschlüssen der NH-Sicherungsschaltleisten (gelbe Markierung).

Bild 4 / Die Klemme eines Außenleiters weist Spuren einer Überhitzung infolge eines Übergangswiderstands auf. Auch die vorliegenden Schmelzperlen infolge von Lichtbögen im Bereich der Klemmfläche sind typisch für Brände durch Übergangswiderstände.



Bild 5 / Übersicht der NSHV: Der Brand entstand im Anschlussbereich der NH-Sicherungsschaltleisten an der linken Seite (Pfeil).

worden, oder es war ein Teil der Isolierung mit eingeklemmt worden. Es lag aber zweifelsfrei ein Fehler beim Einbau vor. Interessant an diesem Fall ist, dass die beiden benachbarten NH-Sicherungsschaltleisten, die den normalen Stromanschluss der Firma darstellten, sehr gut erhalten waren. Insbesondere die Anschlüsse waren sehr gut erhalten. Hier ist zum Erstellungszeitpunkt auch eine andere Anschlussmethode gewählt worden. Anstatt eines direkten Anschlusses in V-Klemmen, sind auf die Leitungsenden Kabelschuhe mit Schraubösen gepresst worden (**Bild 7**).

Das Nachziehen der Klemmen ist laut Hersteller bei korrekt erstellter Klemmverbindung nicht nötig. Es ist demnach davon auszugehen, dass die Klemmverbindungen von Beginn an nicht korrekt erstellt waren und man versucht hat, das Problem durch Nachziehen zu lösen. Sinnvollerweise hätten die Verbindungen erneut und korrekt erstellt werden müssen.

FALL 4

Kabelschuh als Alternative

Ein Hersteller für Kunststoffbauteile ließ auf seinem Hallendach eine PV-Anlage nachrüsten. Da die Firma bereits über einen Mittelspannungsanschluss mit einer vier Jahre alten Trafostation verfügte, wurde die PV-Anlage an die Niederspannungsverteilung der Trafostation angeschlossen. Im folgenden Sommer kam es an einem sonnigen Tag um 12:30 Uhr zu einem Brand in der Niederspannungsverteilung der Trafostation.

Der Brandschwerpunkt lag offensichtlich an den Anschlüssen der NH-Sicherungsschaltleiste für die PV-Anlage. Die Aluminiumleiter des Erdkabels waren hier in V-Klemmen direkt angeschlossen gewesen (**Bild 6**).

Die Klemme eines Außenleiters wies die typischen Spuren einer Überhitzung durch einen Übergangswiderstand auf. Da die Klemmen bis zum Eintreffen des IFS-Gutachters allerdings verändert worden waren, konnte der genaue Einbaufehler nicht mehr festgestellt werden. Die Klemme war entweder nicht mit dem richtigen Drehmoment angezogen

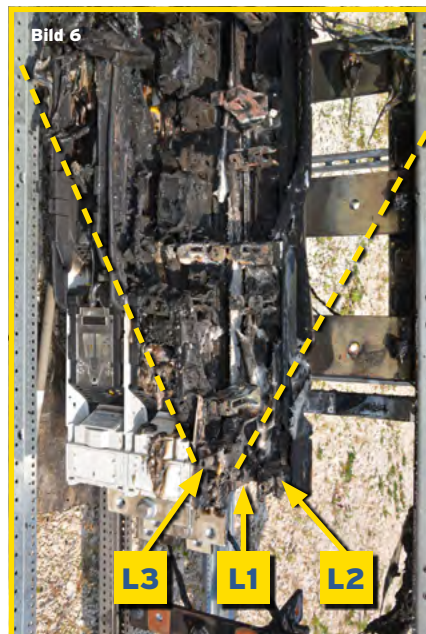


Bild 6 / Der Brandentstehungspunkt liegt im Fuß des Trichters. Dort befinden sich die Anschlussklemmen für die Aluminiumleitungen der PV-Anlage. Die Bezeichnungen L1 - L3 stehen für die drei Außenleiter.

Bild 7 / Im Vergleich: Die Anschlüsse der Kabelschuhe sind sehr gut erhalten (unten), während die direkt angeschlossenen Klemmen überhitzt sind (oben).

FAZIT

Der zunehmende Einsatz von Aluminiumleitern im Zuge des Netzausbaus und der Energiewende bietet zwar ökonomische und praktische Vorteile, bringt jedoch auch sicherheitstechnische Herausforderungen mit sich. Die in der IFS-Schadendatenbank dokumentierten Brandfälle verdeutlichen eindrücklich, dass unsachgemäße Direktanschlüsse von Aluminiumkabeln ein ernst zu nehmendes Brandrisiko darstellen. Dabei kommt es häufig zu Fehlern im korrekten Anschlussprozess.

Die geschilderten Fälle zeigen, dass der sichere Einsatz von Aluminiumleitern kein triviales Thema ist, sondern fundiertes Fachwissen, die genaue Beachtung von Herstellerangaben und konsequente Qualitätskontrollen erfordert. Selbst kleinere Abweichungen – wie das Übersehen eines Symbols in der Montageanleitung oder das Nachziehen fehlerhafter Verbindungen ohne weitere Prüfung – können verheerende Folgen haben.

Ein besonders wirkungsvoller Schutz vor Brandrisiken kann durch den Verzicht auf Direktanschlüsse zugunsten der Verwendung von Kabelschuhen erreicht werden, wie der vierte Fall exemplarisch zeigt. Insgesamt zeigt sich: Der fachgerechte Anschluss von Aluminiumleitern muss als sicherheitskritischer Vorgang betrachtet werden. In Zeiten des rasanten Netzausbaus ist es daher unerlässlich, Schulung, Sensibilisierung und Qualitätskontrolle auf diesem Gebiet zu stärken. ▲

Lorenz Wiegleb
von der Industrie- und Handelskammer München
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Brand- und Explosionsursachen;
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V., München

LITERATUR | QUELLENANGABEN

- [1] Eine „heimtückische“ Brandgefahr: Die fehlerhafte elektrische Verbindung, Schadenprisma 3/2015
- [2] Der Elektro-Tipp, 4/2010, Gustav Hensel GmbH & Co KG
- [3] DIN VDE 0150-100:2015-10 Betrieb von elektrischen Anlagen Teil 100: Allgemeine Festlegungen, Kapitel 5.3.3
- [4] VdS 2871:2020-03 Prüfrichtlinien nach Klausel SK 3602 Hinweise für den anerkannten Elektrosachverständigen, VdS Schadenverhütung GmbH