

Sind Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen in Holzgebäuden notwendig?

1 Einleitung

Die statistische Auswertung einer Schadensdatenbank des Instituts für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e. V. ergibt für die Jahre 2002–2019, dass 32 % aller untersuchten Brände auf die Ursache „Elektrizität“ zurückzuführen sind, vgl. Abbildung 1 [1].



Abbildung 1 Brandursachenstatistik für die Jahre 2002–2019 [1]

Genauere Auswertungen geben Rückschlüsse auf die Unterteilung der elektrischen Brandursachen. Dabei ist der Großteil der elektrotechnisch verursachten Brände eindeutig auf die Elektrogeräte zurückzuführen [2]:

- 53 % durch Elektrogeräte (z. B. Wäschetrockner, Waschmaschinen, Kühl- und Gefrierschränke und Geschirrspüler)
- 27 % durch Elektroinstallation (z. B. Überlastung, Mehrfachsteckdosen, fehlerhafte Klemmverbindungen, Kabelbruch und Beschädigung von elektrischen Leitungsisolationen)
- 20 % durch Anlagen bzw. Sonstiges (z. B. Energiespeicher (Lithium-Ionen) und Fotovoltaikanlagen)

Bei vielen Brandereignissen ist jedoch eine genaue Zuordnung der Brandursache durch den hohen Zerstörungsgrad oder durch Löscharbeiten oft nur schwer ermittelbar.

2 Brandschutztechnische Risikobeurteilung für Elektrobrände in Holzgebäuden

Um speziell die Gefahr von Elektrobränden in Holzgebäuden, insbesondere die Hypothese, dass der brennbare Baustoff Holz das Risiko durch ein höheres Schadensausmaß bzw. eine schnellere Ausbreitung erhöht, zu untersuchen, ist es notwendig, eine Differenzierung der Brandursachen hinsichtlich ihrer Relevanz für die brennbare Konstruktion vorzunehmen.

Für die Untersuchung der Brandgefahr durch Elektroinstallationen in modernen mehrgeschossigen Holzgebäuden sind daher nur die Fälle maßgebend, die in direktem Zusammenhang mit der Wand- und Deckenkonstruktion stehen. Bei einem Brand infolge der Überhitzung einer Waschmaschine ist es bspw. zunächst irrelevant, ob es sich bei dem Gebäude um eine brennbare (Holz) oder nichtbrennbare (Stahlbeton) Konstruktion handelt. Die brennbare Einrichtung im Raum steuert primär die Brandentwicklung zu Beginn. Wird dagegen ein Brand innerhalb einer Holztafelbauwand durch die Elektroinstallation ausgelöst, kann das Brandverhalten der Konstruktion einen entscheidenden Einfluss auf den Brandverlauf nehmen [3].

Gliedert man die Brandursachen für Elektrobrände nach dem Ort des Auftretens, ergeben sich folgende drei Kategorien:

- Brand außerhalb des Gebäudes resp. im Freien
- Brand innerhalb des Raums
- Brand innerhalb der Konstruktion bzw. des Bauteils

Der Baustoff Holz nimmt bei Elektrobränden außerhalb des Gebäudes keine signifikante Rolle ein. Eine brennende Werbetafel an der Außenwand bspw. wird unabhängig vom Baustoff der Konstruktion durch die allgemeinen bauordnungsrechtlichen Vorgaben an Außenwandbekleidungen begrenzt.

Ein Elektrobrand innerhalb des Raums findet „vor der Steckdose“ statt, also außerhalb der brennbaren Konstruktion. Die Einrichtung im Raum führt unabhängig vom Baustoff zu einem entwickelten Raumbrand.

Ein Elektrobrand innerhalb der Konstruktion, hervorgerufen durch technische Defekte und Beschädigungen von Versorgungsleitungen und Klemmstellen, weist die größte Relevanz für die zu untersuchende Thematik auf. Im Falle eines Brands kann so die Brennbarkeit der eingesetzten umgebenden Baustoffe mitverantwortlich für den Verlauf und die Auswirkungen sein.

Innerhalb der Konstruktion kann ein Brand durch folgende Ursachen entstehen:

- beschädigte Leitungsisolierung durch Nägel, Schraube, Nagetier etc.
- Leitungsquetschung durch zu eng geschlagene Befestigungsklammern
- Kabelbruch durch zu enge Verlegeradien
- lose Kontakte durch schlecht montierte Schalter, Steckdosen etc.

Die letzten drei Aspekte lassen sich auf eine fehlerhafte Ausführung der Elektroinstallation zurückführen, die beim Einsatz von Fachfirmen eine Ausnahme und nicht die Regel darstellen.

3 Brandentstehungsmechanismen im Bereich des Hausanschlusses

Als grundlegende brandauslösende Mechanismen gelten bei Elektrobränden die Lichtbögen und Kontaktfehler, die aufgrund von Kriechstromwärme oder Gasentladung entstehen [4]

Als Hauptursachen für die Entstehung von Lichtbögen in einem Stromkreis gelten die folgenden Aspekte [4, 5]:

- Karbonisation/Verkohlung der Isolierung zwischen den gegeneinander isolierten Leitungen oder innerhalb einer einzelnen Leitung
- Kurzschlüsse
- Kondenswasserbildung (Feuchtigkeit)
- Trennung stromdurchflossener Kontakte
- Schmelzen eines stromdurchflossenen Leiters

Abbildung 2 zeigt die verschiedenen Phasen 1–5 von der Entstehung bis hin zur Entzündung eines Fehlerlichtbogens.

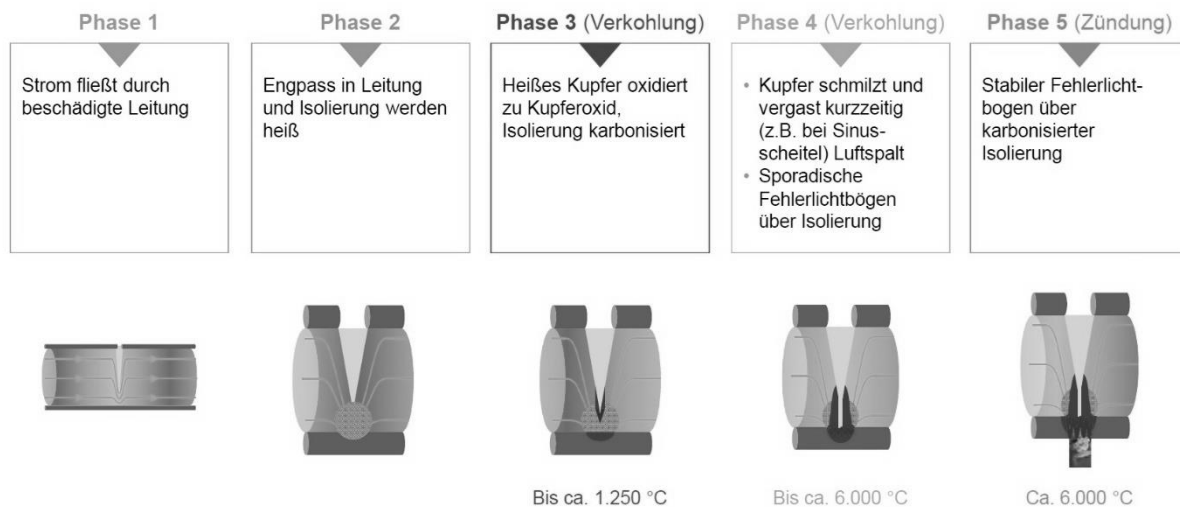


Abbildung 2 Entstehung von Fehlerlichtbögen innerhalb der Elektroinstallation [6]

Bei einer Stromstärke von 16 A, wie bei Hausanschlüssen im Niederspannungsbereich üblich, ergibt sich für einen Fehlerlichtbogen eine Temperatur von ca. 8 300 °C [10].

Lichtbögen lassen sich in serielle und parallele (Fehlerlicht-)bögen unterscheiden. Je nachdem ob es sich um einen parallelen oder seriellen Fehlerlichtbogen handelt lösen unterschiedliche Sicherheitseinrichtungen eines Hausanschlusses aus.

Die typischerweise in Niederspannungsanlagen anzutreffenden FI-Schalter und LS-Schutzeinrichtungen („Sicherung“) lösen nur bei einem Teil der möglichen parallelen Lichtbögen und nicht bei seriellen Lichtbögen aus, da die Stör- bzw. Überströme nicht detektiert werden können [7]. In den Fällen, bei denen die FI-Schalter und LS-Schutzeinrichtungen nicht auslösen kann ein Fehlerlichtbogen ungehindert auftreten und auf die Konstruktion wirken.

Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen, auch „Brandschutzschalter“ genannt, könnten diese detektieren, die Stromzufuhr unterbrechen und Fehlerlichtbögen frühzeitig stoppen.

4 Forderung nach Fehlerlichtbogen–Schutzeinrichtungen gemäß DIN VDE 0100-420

Mit Einführung der DIN VDE 0100-420:2016-02 im Jahr 2016 wurden pauschal für Neuanlagen, Erweiterungen und Änderungen an Bestandsanlagen Fehlerlichtbogen–Schutzeinrichtungen bei „Gebäuden, die überwiegend aus brennbaren Baustoffen bestehen (z. B. Holzhäuser und Gebäude in Leichtbauweise/Fertighäuser)“ gefordert [8]. Auch wenn diese Norm keine bauaufsichtliche Forderung darstellt, wurde sie durch die Fachplaner über eine Vermutungserwähnung im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) § 49 nahezu konsequent umgesetzt. Dies führte zu deutlichen Mehrkosten bei Holzgebäuden. Im Oktober 2019 wurde diese Forderung zwar mit Neuerscheinung der Norm gestrichen bzw. nur noch für Räume, deren Bauteile keinen planmäßigen Feuerwiderstand aufweisen, empfohlen und fortan eine Risikobewertung gefordert [9]. Die grundlegende Frage, welchen Einfluss ein brennbarer Baustoff bei Elektrobränden innerhalb der Konstruktion einnimmt, blieb jedoch in den Köpfen bestehen.

5 Versuchsreihe zur Untersuchung der Brandgefahr durch Elektroinstallationen in Holzbauelementen

Das Ziel der Untersuchungen [3, 10] war es nachzuweisen, ob der Baustoff Holz eine Brandentstehung innerhalb der Konstruktion bzw. des Bauteils begünstigt und ob folglich Fehlerlichtbogen–Schutzeinrichtungen in modernen Standardgebäuden in Holzbauweise über den bisherigen Sachstand hinaus zu

einer weiteren signifikanten Erhöhung des brandschutztechnischen Schutzniveaus beitragen. Zu beachten ist, dass brennbare Dämmstoffe nicht Teil des Untersuchungsumfangs war.

Im Rahmen der Untersuchung wurde eine mittlere Zeitspanne von 20 s bestimmt, in der ein Fehlerlichtbogen auftritt, bis die Isolierungen der anderen Leiter durch die auftretenden hohen Temperaturen versagen und der FI-Schalter bzw. die LS-Schutzeinrichtung auslöst [10].

Weiter wurde die Einwirkung eines Lichtbogens auf Konstruktionsvollholz (KVH), Holzwerkstoffplatten und auf nichtbrennbare Dämmungen untersucht. Alle Prüfkörper wiesen zwar nach den Versuchen Verkohlungsflächen (KVH und OSB) bzw. Schmelzbereiche (Dämmstoff) auf, verhielten sich jedoch insgesamt nach Ende der Einwirkung des Lichtbogens und einer Beobachtungszeit als selbstverlöschend [10], vgl. Abbildung 3.



Abbildung 3 Prüfkörper nach Versuch (v.l.n.r.): KVH, OSB und Dämmung [3]

Darüber hinaus wurde auch die Einwirkung eines Lichtbogens in Verbindung mit einem brennbaren Kabel in verschiedenen Einbausituationen auf KVH untersucht. Auch hier trat nach Abbruch der Stromzufuhr, auf Grund der Komplettschädigung des Kabels, ein Selbstverlöschend auf [10], vgl. Abbildung 4. Als Installationsleitungen kamen bei diesem Versuch sowohl PVC-Kabel als auch halogenfreie Kabel zum Einsatz. Der Fehlerlichtbogen hielt bei den halogenfreien Kabeln deutlich kürzer an und die Entflammungszeit und die Rauchentwicklung waren deutlich geringer.

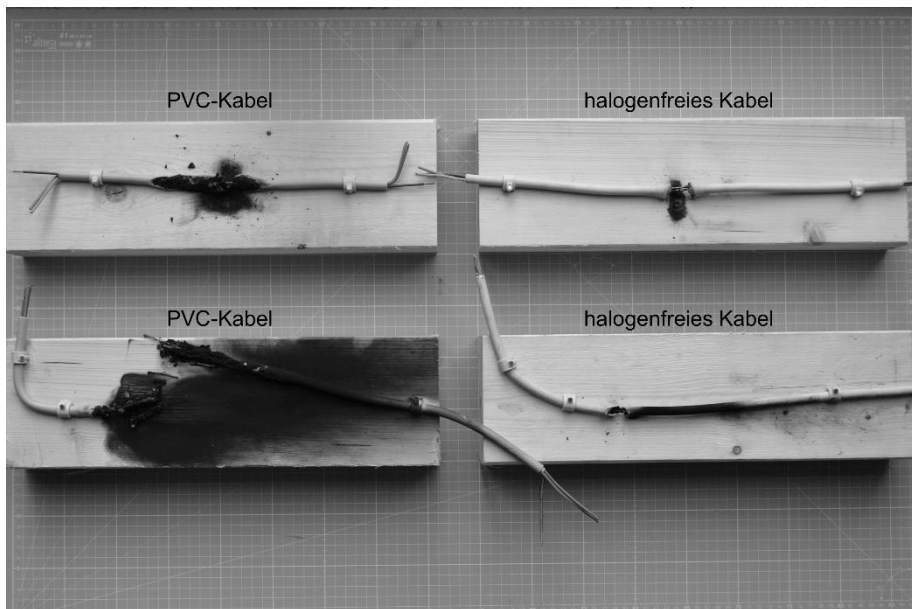


Abbildung 4 Prüfkörper nach Lichtbogenerzeugung [3]

Abschließend wurde noch ein Fehlerlichtbogen in verschiedenen Einbauvarianten und Kabelarten innerhalb einer Holztafelbaukonstruktion erzeugt. Die Einwirkung wurde versuchstechnisch deutlich länger aufrechterhalten als dies in der Realität der Fall wäre. Trotzdem trat auch hier ein Selbstverlöschend bei allen untersuchten Varianten auf. Auch in dieser Versuchsreihe verhielten sich halogenfreie Kabel gutmütiger als PVC-Kabel [10].

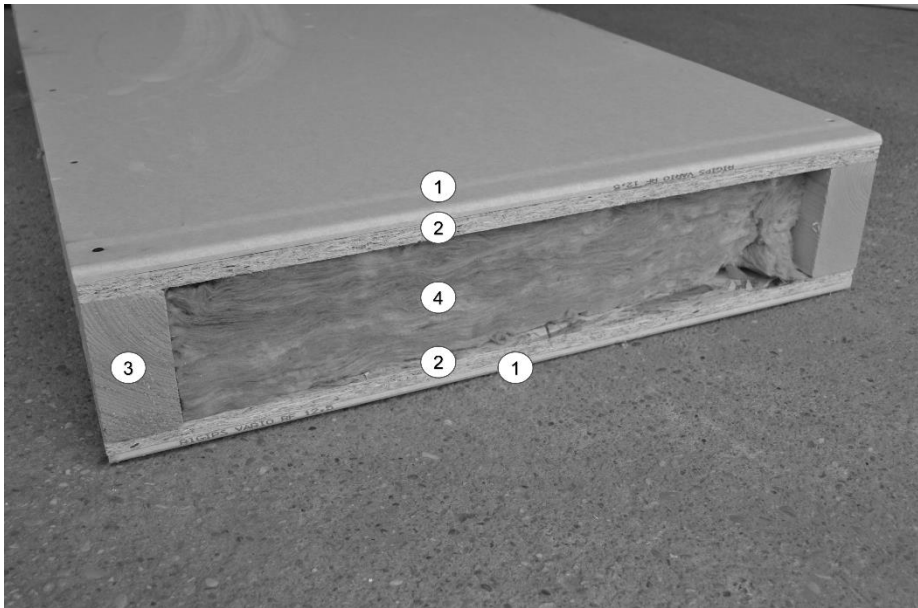


Abbildung 5 Aufbau der Holztafelbauwand: (1) Gipskartonplatte 12,5 mm, (2) OSB 15 mm, (3) KVH 60 × 120 mm, (4) Mineralwolle Dämmstoff (nichtbrennbar) [3]



Abbildung 6 Prüfkörper mit mittig verlegtem PVC-Kabel nach Öffnung und Lichtbogeneinwirkung [3]

6 Fazit

Ein Großteil der Elektrobrände gehen von Elektrogeräten aus bzw. werden durch überlastete Mehrfachsteckdosen oder beschädigte Kabel innerhalb der Nutzungseinheit ausgelöst. In diesen Fällen trägt insbesondere die Einrichtung im Raum zur Raumbrandentwicklung bei. Brennbare Konstruktionen, wie z. B. sichtbare Wände oder Decken aus Holz, können dies zwar begünstigen, erhöhen aber nicht das Brandentstehungsrisiko.

Anders könnte sich dies bei Elektrobränden innerhalb einer brennbaren Konstruktion verhalten. Spätestens seit Einführung der DIN VDE 0100-420 wird die Frage, welchen Einfluss ein brennbarer Baustoff bei Elektrobränden innerhalb der Konstruktion einnimmt, stark diskutiert.

Im Rahmen der Untersuchung [10] wurde diese Fragestellung für moderne mehrgeschossige Gebäude (Gebäudeklassen 4–5) aus Holz untersucht. Diese Differenzierung ist insbesondere deshalb notwendig, da brennbare Dämmstoffe nicht Teil des Untersuchungsumfangs waren.

Im Rahmen der Untersuchung konnte nachgewiesen werden, dass das Risiko eines Auftretens von Elektrobränden innerhalb der Konstruktion verhältnismäßig gering ist. Weiter decken die vorhandenen Schutzeinrichtungen eines Hausanschlusses einen Teil möglicher Defekte bereits ab. Entscheidend ist somit die Frage, wie sich ein brennbarer Baustoff bei Auftreten eines Lichtbogens innerhalb der Konstruktion verhält. Bei allen durchgeführten Versuchen, die mit konservativ anzusehenden Einwirkungszeiten durchgeführt wurden, trat immer ein Selbstverlöschen auf. Es entstand kein weiterführender Brand um den Initialbereich der Entzündung nach Ende der Einwirkung in oder an der brennbaren Konstruktion [10].

Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen sind wichtige Bestandteile, um den Brandschutz in Gebäuden mit besonderem Schutzniveau (z.B. Sonderbau wie Krankenhaus oder Pflegeheim) oder Gebäuden mit Kulturschätzen zu verbessern. Eine Notwendigkeit für Standardholzgebäude mit nichtbrennbarer Dämmung lässt sich mit Blick auf die Versuche jedoch nicht ableiten [10].

Eine weitere entscheidende Erkenntnis war, dass halogenfreie Installationsleitungen bei Lichtbögen, aufgrund des Nichtvorhandenseins von PVC-Schmelze, deutlich gutmütiger reagieren.

Literatur

- [1] INSTITUT FÜR SCHADENVERHÜTUNG UND SCHADENFORSCHUNG DER ÖFFENTLICHEN VERSICHERER E. V. [HRSG.] (2020) URSACHENSTATISTIK – BRANDSCHÄDEN 2019. KIEL.
- [2] HOYER, J. (2018) BRÄNDE IN ELEKTROVERTEILUNGEN IN: SCHADENPRISMA 2018/02, S. 12–17.
- [3] MOOSMÜLLER, K. (2019) UNTERSUCHUNG DER BRANDGEFAHR DURCH ELEKTROINSTALLATIONEN IN HOLZGEBÄUDEN [MASTER-THESIS]. TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN.
- [4] DAHMOUNI, Y. (1999) BRANDENTSTEHUNG IN NIEDERSPANNUNGSANLAGEN [DISSERTATION]. UNIVERSITÄT HANNOVER.
- [5] BABRAUSKAS, V. (2003) IGNITION HANDBOOK. PRINCIPLES AND APPLICATIONS TO FIRE SAFETY ENGINEERING, FIRE INVESTIGATION, RISK MANAGEMENT AND FORENSIC SCIENCE. ISSAQUAH: FIRE SCIENCE PUBLISHERS.
- [6] KRAUSE, S. (2017) INVESTITIONS-, BRAND- UND PERSONENSCHUTZ GEMÄß DIN VDE 0100-420. VERSION 9. SIEMENS AG [HRSG.], MÜNCHEN.
- [7] ERNST GRANZOW GMBH & Co. KG [HRSG.] (2017) SCHUTZ BEI SERIELLEN UND PARALLELEN FEHLERLICHTBÖGEN – DIE NEUEN AFDD BRANDSCHUTZSCHALTER QSE960D UND QSE966D VON HAGER [ONLINE]. ERNST GRANZOW GMBH & Co. KG, LEONBERG. [HTTPS://SICHERHEITSTECHNIK.GRANZOW.DE/AFDD_BRANDSCHUTZSCHALTER_VON_HAGER](https://sicherheitstechnik.granzow.de/afdd_brandschutzschalter_von_hager) [ZUGRIFF AM: 30. JUNI 2020]
- [8] DIN VDE 0100-420 VDE 0100-420:2016-02 (2016) ERRICHTEN VON NIEDERSPANNUNGSANLAGEN TEIL 4-42: SCHUTZMAßNAHMEN – SCHUTZ GEGEN THERMISCHE AUSWIRKUNGEN. BERLIN: BEUTH.
- [9] DIN VDE 0100-420 VDE 0100-420:2019-10 (2019) ERRICHTEN VON NIEDERSPANNUNGSANLAGEN TEIL 4-42: SCHUTZMAßNAHMEN – SCHUTZ GEGEN THERMISCHE AUSWIRKUNGEN. BERLIN: BEUTH.
- [10] ENGEL, T.; MOOSMÜLLER, K.; WERTHER, N. (2020) BRANDGEFAHR DURCH ELEKTROINSTALLATIONEN IN MODERNEN MEHRGESCHOSSIGEN HOLZGEBÄUDEN. BAUTECHNIK. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/BATE.202000076](https://doi.org/10.1002/BATE.202000076)