

D-A-CH - Sitzung, Lübeck-Travemünde, DE
18.-19. August 2016

***Störlichtbogen in Niederspannungs -
Schaltgerätekombinationen
Gefährdungsbeurteilung gemäß EN 50110-1:2014***

Ein Diskussionsbeitrag

Alfred Mörx



diam-consult
Ingenieurbüro für Physik
Pretschgasse 21/2/10
A-1110 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-769-67-50-12
Fax.: +43-(0)1-769-67-50-20
Email: management@diamcons.com
www.diamcons.com



Inhalt

1	EINLEITUNG	3
2	ANLAGENVERANTWORTLICHE	3
3	STÖRLICHTBOGEN	5
3.1	Störlichtbogen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	5
3.2	Störlichtbogenschutzsysteme	6
3.3	Auswahl von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA).....	6
4	GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG	6
5	ZUSAMMENFASSUNG	7
6	LITERATURHINWEISE	8

Zum Autor:

Eur.Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx, ÖVE, IEEE Section Reliability, Inhaber von diam-consult, Ingenieurbüro für Physik, 1110 Wien; Vorsitzender des Technischen Komitees *Elektrische Niederspannungsanlagen* sowie des Technischen Sub Komitees *IS 23 E Schutzschalter* des ÖVE. www.diamcons.com; E-Mail: am@diamcons.com



1 Einleitung

In der Europäischen Norm 50110-1:2013 wurde dem Lichtbogenschutz (Störlichtbogenschutz) beim Betrieb elektrischer Anlagen (ohne Einschränkung hinsichtlich der Nennspannung!) besondere Aufmerksamkeit zuerkannt.

Gleichzeitig wurde dem Anlagenverantwortlichen (jetzt in neuer Definition, siehe Abschnitt 2) praktisch die *Verpflichtung zur Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen* vor dem Beginn (und falls notwendig auch während) der Arbeiten in elektrischen Anlagen und die damit einhergehende Verantwortung übertragen.

Daraus ergibt sich u.a die Frage, wie und auf welcher Basis die Gefährdung von Arbeitnehmer/-innen durch das Auftreten von (Stör-)Lichtbogen an oder in der Nähe von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen mit zeitlich zumutbarem Aufwand ermittelt werden kann.

In diesem Diskussionsbeitrag soll keine (vollständige) Antwort auf die Frage gegeben werden. Dies ist aufgrund der Komplexität der Fragestellung und der oft widersprüchlichen Ansichten von Fachleuten derzeit nicht möglich. Es werden einige Fakten dargestellt, die Basis für weitere Überlegungen sein können.

2 Anlagenverantwortliche

Jede elektrische Anlage, an der gearbeitet wird, muss unter der Verantwortung eines Anlagenverantwortlichen stehen.

Der Anlagenverantwortliche ist eine Person, die beauftragt ist, während der Durchführung von Arbeiten die unmittelbare Verantwortung für den sicheren Betrieb der elektrischen Anlage zu tragen. Unter Verantwortung versteht man die Aufgabe, während der Durchführung von Arbeiten für den sicheren Betrieb der elektrischen Anlage zu sorgen.

Der Anlagenverantwortliche vergibt für diesen Teil der Anlage die Durchführungserlaubnis an den Arbeitsverantwortlichen¹.

Der Anlagenverantwortliche hat in einer Gefährdungsbeurteilung²

- die möglichen Auswirkungen der Arbeiten auf die elektrische Anlage oder die Teile davon, die in seiner Verantwortung stehen sowie
- die Auswirkungen der elektrischen Anlage auf die Arbeitsstelle und die arbeitenden Personen zu beurteilen.

Erforderlichenfalls können einige mit dieser Verantwortung einhergehende Verpflichtungen vom Anlagenverantwortlichen auf andere Personen übertragen werden.

¹ Der Arbeitsverantwortliche ist eine Person, die beauftragt ist, die unmittelbare Verantwortung für die Durchführung der Arbeit an der Arbeitsstelle zu tragen.

² Bei einer Gefährdungsbeurteilung werden alle Gefahren betrachtet, die in einem Arbeitsbereich auftreten können.

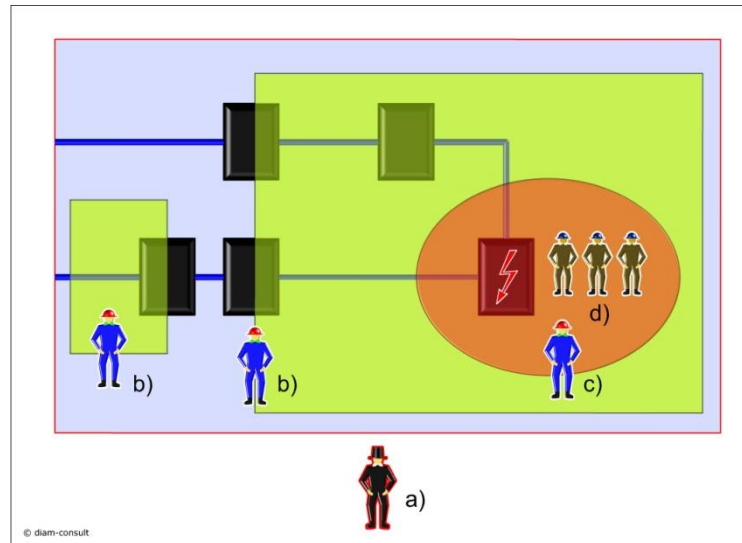


Bild 2-1 Aufteilung der Verantwortung bei der Durchführung von Arbeiten in elektrischen Anlagen;
a) ... Anlagenbetreiber, Gesamtverantwortung 7 Tage/24 Stunden, b) ... Anlagenverantwortliche(r),
c) ... Arbeitsverantwortlicher, d) ... Mitarbeiter im Arbeitsteam

Im Rahmen dieser Gefährdungsbeurteilung vor dem Beginn der Arbeiten hat der Anlagenverantwortliche auch die Gefährdungen durch (Stör-)Lichtbogen zu beurteilen. [ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01 unterscheidet hier nicht zwischen Arbeiten an Nieder- und Hochspannungsanlagen!]

Unter *Arbeiten*³ wird dabei jede Form elektrotechnischer oder nichtelektrotechnischer Tätigkeit, bei der die Möglichkeit einer elektrischen Gefährdung besteht, verstanden.

Darunter fällt z. B. auch das *Messen*⁴, wenn die Gefahr der direkten Berührung unter Spannung stehender Teile besteht.

Ganz generell sind, abgesehen von der zu wählenden (der gewählten) Arbeitsmethode (Arbeiten im spannungsfreien Zustand, Arbeiten unter Spannung, Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile) sind „wirksame Sicherheitsmaßnahmen gegen elektrischen Schlag sowie gegen Auswirkungen von Kurzschluss und Störlichtbögen“ zu treffen.

Schon die Wahl der zu verwendenden Arbeitsmethode setzt demnach eine fundierte Gefährdungsbeurteilung unter Einbeziehung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der möglichen Auswirkungen von (Stör-)Lichtbogen⁵ voraus.

Die Notwendigkeit die Gefahren des Auftretens von (Stör-)Lichtbogen zu beurteilen, besteht natürlich auch vor der Durchführung von *Arbeiten zur Instandhaltung*⁶.

³ ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01, Abschnitt 3.4.1

⁴ ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01, Abschnitt 5.3.1.3: „Wenn beim Messen die Gefahr der direkten Berührung unter Spannung stehender Teile besteht, müssen persönliche Schutzausrüstungen verwendet werden und Vorkehrungen gegen elektrischen Schlag und die Auswirkungen von Kurzschluss und Störlichtbögen getroffen werden.“

⁵ ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01, Abschnitt 6.1.1: „Es wird zwischen drei Arbeitsmethoden unterschieden: Arbeiten im spannungsfreien Zustand (siehe 6.2), Arbeiten unter Spannung (siehe 6.3), Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile (siehe 6.4). Alle drei Methoden setzen wirksame Sicherheitsmaßnahmen gegen elektrischen Schlag sowie gegen Auswirkungen von Kurzschluss und Störlichtbögen voraus. Für weitergehende Informationen zum Schutz gegen Lichtbogenauswirkung siehe Anhang B.6.“

⁶ ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01, Abschnitt 7.1.2: „Bei der Instandhaltung sind zu unterscheiden:



3 Störlichtbogen

3.1 Störlichtbogen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen

Für Störlichtbogen, auch in Anlagen, die im Neuzustand die *Mindestanforderungen* gemäß IEC 61439-Serie (auch gemäß der davor gültigen EN 60439-Serie) erfüllen, können nachstehende Zündursachen angegeben werden:

- Kondenswasserbildung (Feuchtigkeit in der Schaltgerätekombination)
- Verschmutzung in Form von Fremdbelägen auf Stromschienen und Teilen von Schaltgeräten
- Transiente Überspannungen infolge von Gewitter- bzw. Schaltüberspannungen
- Vorzeitige (unbemerkte) Alterung von Isolierwerkstoffen infolge sporadischer oder dauernder thermischer Überlastung
- Lockere oder lose Verbindungen, fehlerhafte Kontaktstellen
- Arbeiten an Teilen der Schaltanlage

Eine der möglichen Konsequenzen des Auftretens von Störlichtbogen ist die vollständige Zerstörung der Schaltgerätekombination.

Dabei wird das Stahlblechgehäuse, das durch den großen Innendruck von bis zu 15 - 25 t/m² auch für die Umgebung *und der dort befindlichen Personen* zu einer großen Gefahr. Nicht selten werden unter dem Einfluss von Störlichtbogen Seitenwände, Türen, Einbaugeräte aus dem Gehäuse der Schaltgerätekombination herausgeschleudert.

Auf eine weitere mögliche Folge von Störlichtbogen, der Entstehung und Ausbreitung so genannter elektrisch gezündeter Brände soll hier nur hingewiesen werden.

In ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01, Anhang B.6 findet man weiters:

„Störlichtbögen sind seltene Ereignisse im Arbeitsumfeld dieser Personen. Sie erfordern dennoch für den nicht auszuschließenden Fall ihres Auftretens einen zuverlässigen Schutz, zumal sie durch fehlerhafte Handlungen bei den Arbeiten hervorgerufen sein können.“

Störlichtbögen entstehen nicht nur mit oder als Folge eines Kurzschlusses, sondern auch dann, wenn Strom führende Teile, z. B. Leitungen, Kabelschuhe, Schaltgeräte, Sicherungen, ohne besondere Vorkehrungen unter Last getrennt werden.“

„Personen, die an oder in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen elektrischer Anlagen arbeiten, sind grundsätzlich den Gefährdungen durch Störlichtbögen ausgesetzt.“

Besondere Bedeutung für die Gefährdungsbeurteilung hat der Hinweis:

„*Im Zuge solcher Arbeiten kann es erforderlich sein, Schutzmaßnahmen, wie Abdeckungen oder Türen, für eine bestimmte Zeit zu entfernen.*“

– Arbeiten, bei denen die Gefahr des elektrischen Schlages, von Kurzschluss oder Lichtbogenbildung besteht, weshalb eine geeignete Arbeitsmethode (siehe Abschnitt 6) angewendet werden muss;

– Arbeiten, bei denen die Beschaffenheit der Betriebsmittel die sichere Ausführung bestimmter Tätigkeiten ermöglicht (z. B. Auswechseln von Sicherungseinsätzen oder Lampen), ohne dass dabei die Arbeitsmethoden nach 7.4 vollständig angewendet werden müssen.“



3.2 Störlichtbogenschutzsysteme

Eine seit einigen Jahren in der Praxis verwendete Methode zur schnellen Erkennung von Störlichtbogen ist die Erfassung des vom Störlichtbogen ausgesendeten Lichts.

Dabei werden innerhalb der Schaltanlage auftretenden Lichtbögen innerhalb der ersten beiden Millisekunden ihres Bestehens erfasst. Danach wird die den Lichtbogen speisende Netzspannung mit einem pyrotechnischen Kurzschließer in wenigen Millisekunden kurzgeschlossen. Dieser Kurzschluss wird dann durch Leistungsschalter ausgeschaltet.

Durch diese Systeme werden die Auswirkungen von Störlichtbogen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen begrenzt.

3.3 Auswahl von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA)

Auf Basis der Gefährdungsbeurteilung des *Anlagenverantwortlichen* hat der *Arbeitsverantwortliche* wesentliche schutztechnische Parameter für das Arbeiten an oder in der Nähe spannungsführender Teile zu wählen.

Dazu zählen u.a. die Auswahl der geeigneten Klasse der PSA (konkreter: PSAgS⁷), des minimalen Arbeitsabstandes und allfällige Eingriffe in die Abschaltcharakteristik vorgeschalteter Schutzorgane (z. B. Verringerung der Abschaltzeit des vorgelagerten Schutzorgans in Abhängigkeit der Störlichtbogenschutzklasse der PSA).

Bei der Auswahl von PSA ist zu beachten (gleichzeitig ist das auch eine der Schwierigkeiten mit der Praktiker konfrontiert sind), dass „auch die in den Normen EN 61482-1-1 und EN 61482-1-2 (zusammen mit IEC 61482-2) verwendeten Parameter nicht den einfach nachvollziehbaren Anlagencharakteristika wie Kurzschlussstromstärke, Dauer der auftretenden Störlichtbögen, Wechsel- bzw. Drehstrom usw. entsprechen.

Davon lassen sich Betreiber und andere Betroffene häufig verwirren, denn sie identifizieren Parameter der Prüfapparatur fälschlicherweise mit realen Anlagencharakteristika.

Dabei wird ignoriert, dass die Prüfnorm ausschließlich physiologisch wirksame Einwirkenergien auf die Haut simuliert, die theoretisch durch verschiedenste Prüfkonstellationen erzeugt werden können. Demzufolge wird die Eignung der normgeprüften PSA irrtümlich auf Anlagen mit den Charakteristika der Prüfapparatur beschränkt, obwohl die simulierten Einwirkenergien tatsächlich einen großen Teil praktisch möglicher Expositionen abdecken.“, [9].

4 Gefährdungsbeurteilung

Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung sind zunächst alle Gefährdungen zu ermitteln, welche in einem Arbeitsbereich auftreten können.

Danach werden anhand der Beurteilung dieser Gefährdungen, die Arbeitsmethode, die zu treffenden Schutzmaßnahmen, die Qualifikation der Arbeitenden, die für die Arbeit notwendigen Arbeitsmittel und die persönliche Schutzausrüstung festgelegt. Damit soll sichergestellt werden, dass den Arbeitnehmer/-innen sicheres Arbeiten möglich ist.

⁷ Persönliche Schutzausrüstung gegen die thermischen Auswirkungen eines Störlichtbogens (PSAgS). Als persönliche Schutzausrüstung gegen die thermischen Auswirkungen eines Störlichtbogens (PSAgS) gilt jedes Mittel, das dazu bestimmt ist, von einer Person getragen oder gehalten zu werden und das diese gegen die thermischen Gefahren eines Störlichtbogens schützen soll.



Für die Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen und die Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung gibt es mittlerweile umfassende Informationsschriften [3], [10].

Im Falle (typ)geprüfter Schaltanlagen, für die der prüftechnische Nachweis der Lichtbogenfestigkeit vorliegt (z. B. Lichtbogenprüfung gemäß VDE 0671-200, Prüfung gemäß DIN EN 61439-2 Beiblatt 1:2016-01), kann beim Bedienen und Arbeiten *an einer geschlossenen Anlage* Personenschutz vorausgesetzt werden.

Bei nicht geprüften Anlagen kann *nicht davon ausgegangen werden*, dass die Anlagen im Falle eines inneren Lichtbogenfehlers geschlossen bleiben oder dass keine unzulässigen Lichtbogenwirkungen außerhalb der Anlage auftreten (z. B. durch austretende heiße Gase, berstende Teile etc.); hier muss eine Behandlung wie im Falle geöffneter Anlagen erfolgen (siehe dazu auch die ausführlichen Ausführungen in [3]).

Die Summe der Maßnahmen muss das Arbeiten *unterhalb des höchsten vertretbaren Risikos* („sicheres Arbeiten“) ermöglichen.

Dabei ergeben sich für die Praxis einige grundsätzliche Fragen (nicht vollständige Aufzählung):

- Wie ist dieses höchste vertretbare Risiko hinsichtlich des Auftretens von (Stör-)Lichtbogen definiert?
- Wie ist das Risiko, auch jenes (typ)geprüfter Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, einzuschätzen, wenn bei der Gefährdungsbeurteilung davon ausgegangen werden muss, dass Abdeckungen beim Arbeiten abgenommen werden müssen?
- Wie kann dieses höchste vertretbare Risiko praxisgerecht, bezogen auf - mit geringem Aufwand ermittelbare - Anlagenparameter, dargestellt werden?
- Wie können der Arbeitsabstand und die Störlichtbogenschutzklasse der notwendigen persönlichen Schutzausrüstung im Niederspannungsbereich (z. B. Arbeiten an und in der Nähe von Hausanschlusskästen, Hauptverteiler, Subverteiler) mit vereinfachten Verfahren festgelegt werden?
- Welche Vereinfachungen in der Gefährdungsbeurteilung ergeben sich bei Verwendung von Störlichtbogen-Schutzsystemen?
- Wie erfolgt die Validierung, dass der Anlagenverantwortliche alle relevanten Parameter für die Beurteilung der Gefährdung durch Störlichtbogen berücksichtigt hat?

5 Zusammenfassung

In der Europäischen Norm 50110-1:2013 wurde dem Lichtbogenschutz (Störlichtbogenschutz) beim Betrieb elektrischer Anlagen besondere Aufmerksamkeit zuerkannt. Störlichtbogen können in Hoch- aber auch in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen auftreten und können auch bei der Durchführung von Arbeiten an der Anlage ausgelöst werden.

Der Anlagenverantwortliche hat eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, die die Beurteilung der Gefahren von Störlichtbogen einschließt. Auf Basis dieser Gefährdungsbeurteilung werden (ggf. gemeinsam mit dem Arbeitsverantwortlichen) die anzuwendenden Arbeitsverfahren und die zu verwendende persönliche Schutzausrüstung ausgewählt.

Bei der praxisgerechten Umsetzung der Anforderungen an die wirkungsvolle Einbeziehung des Störlichtbogenschutzes im Bereich von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen treten Fragen auf. Einige davon sind in diesem Diskussionsbeitrag dargestellt.



6 Literaturhinweise

- [1] Ludwar G., Mörx A.; Elektrotechnikrecht, Praxisorientierter Kommentar, ÖVE; Mai 2007; ISBN:978-3-85133-044-1
- [2] Henschl T., Mörx A.; Elektroinstallation in Gebäuden, Neuauflage; Österreichischer Wirtschaftsverlag; 2012; ISBN 3-85212-116-5
- [3] DGUV Information 203-077, Thermische Gefährdung durch Störlichtbogen; 3. Druckauflage, Oktober 2012; Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), 10117 Berlin
- [4] DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2) Beiblatt 1:2016-01; Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen; Beiblatt 1: Leitfaden für die Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen infolge eines inneren Fehlers
- [5] ÖVE/ÖNORM EN 62271-200:2012-09-01; Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV
- [6] ÖVE/ÖNORM EN 62271-200/AC:2016-03-01; Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen - Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV (IEC 62271-200:2011) (Berichtigung)
- [7] ÖVE/ÖNORM EN 50110-1:2014-10-01; Betrieb von elektrischen Anlagen Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [8] EN 50110-1:2013; Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [9] Sachstandsbericht der KAN-Arbeitsgruppe „PSA gegen Störlichtbögen“, 2012; Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN), D-53757 Sankt Augustin
- [10] Leitlinie für die Auswahl von persönlicher Schutzausrüstung gegen thermische Auswirkungen eines Störlichtbogens; 2. Auflage 2011, ISBN 978-3-937824-09-3; Herausgeber: Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit Sektion Elektrizität, Gas und Wasser, D-50968 Köln

dach_2016_diskussionsbeitrag_moerx_at_v_03.docx