



Handbuch Gefährdungsbeurteilung - Teil 2 2 Elektrische Gefährdungen

Inhaltsverzeichnis

2 Elektrische Gefährdungen	3
2.1 Elektrischer Schlag und Störlichtbogen	6
2.2 Statische Elektrizität	19

Autoren

- Dr.-Ing. Peter Lange
- Dr.-Ing. Jelena Nagel
- Dipl.-Ing. Björn Kasper

2 Elektrische Gefährdungen



Im Beobachtungszeitraum 2000 bis 2015 starben jährlich zwischen 36 und 100 Personen an den Folgen von Elektrounfällen (siehe Abbildung 2-1). Verursacht wurden diese in ca. 90 % der Fälle durch Niederspannung und in ca. 10 % der Fälle durch Hochspannung. Niederspannung schließt Wechselspannungen von 50 bis 1 000 Volt und Gleichspannungen von 75 - 1 500 Volt ein. Der Bereich der Hochspannung grenzt an den Bereich der Niederspannung an, d. h., er adressiert Wechselspannungen ab 1 000 Volt (1 kV) und Gleichspannungen ab 1 500 Volt (1,5 kV).

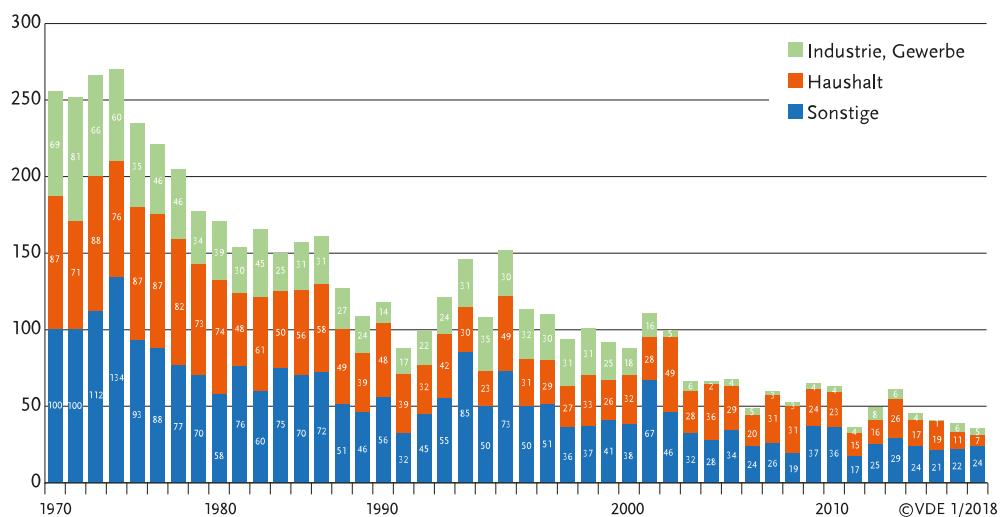


Abb. 2-1 Todesfälle durch elektrischen Strom in Deutschland untergliedert nach Ort (basierend auf den Daten des Statistischen Bundesamtes, DESTATIS, Todesursachenstatistik, ab 1990 inklusive neue Bundesländer); Quelle der Grafik: VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung (SUF): Statistik der Stromunfälle in Deutschland, <https://www.vde.com/de/suf/statistik-stromunfaelle>, abgerufen am 17.03.2020

Vorhandene elektrische Gefährdungen können Elektrounfälle verursachen. Diese führen oft zu gesundheitlichen Schädigungen von Menschen und Tieren. Außerdem kann Elektrizität Brände und Explosionen auslösen. In diesem Kapitel werden nur diejenigen elektrischen Gefährdungen betrachtet, die zur Gefährdung von Menschen führen.

Elektrische Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Lichtbogen können bei Anwendung der Elektrizität bei der Arbeit entstehen (z. B. Verwendung von elektrischen Betriebsmitteln) oder bei der Durchführung von nicht

elektrischen Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Betriebsmitteln. Wenn ein Lichtbogen infolge eines Defekts oder einer Schalthandlung unerwünscht entsteht, spricht man von einem sog. Störlichtbogen.

Beide Gefährdungen können entweder zugleich oder einzeln auftreten - die Art der Gefährdung bzw. deren Kombination wird durch die Höhe der Spannung bestimmt. Im Bereich der Spannungen bis 1 000 V AC dominiert die Gefährdung des elektrischen Schlags und bei Spannungen über 1 000 V AC die Gefährdung durch den Störlichtbogen. Aufgrund der starken Verkopplung der beiden Einzelgefährdungen "elektrischer Schlag" und "Störlichtbogen" sind die Bewertungskriterien und die anzuwendenden Maßnahmen des Arbeitsschutzes schwer voneinander zu trennen. Deshalb werden diese im Abschnitt 2.1 gemeinsam behandelt.

Weiterhin kann eine elektrische Gefährdung durch statische Elektrizität auch ohne Vorhandensein einer Stromquelle auftreten. Diese entsteht z. B. durch mechanische Trennung und damit Isolation gleichartiger oder verschiedener Stoffe (sog. Ladungstrennung). Neben der Möglichkeit, durch elektrostatische Entladung eine explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden, kann diese auch direkte personengefährdende Wirkung durch elektrischen Schlag entfalten oder sekundäre Unfälle durch Schreckreaktionen verursachen. Letztere Zusammenhänge werden in Abschnitt 2.2 beschrieben.

Obwohl diese elektrischen Gefährdungen grundsätzlich nicht neu sind, gibt es aufgrund von Technologiewechsels Branchen, in denen der sichere betriebliche Umgang mit elektrischen Gefährdungen durch ggf. zusätzliche Qualifizierung der Beschäftigten zunächst "erlernt" werden muss.

Neue Anforderungen bei Instandsetzung von elektrisch angetriebenen Kfz

Besonders betroffen sind Beschäftigte im Bereich Kfz-Reparatur und -Instandsetzung durch die Umstellung von klassischer Verbrennungstechnik auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge. In den dort vorhandenen elektrischen Antriebssträngen gibt es Komponenten zur Energiespeicherung (z. B. Lithium-Ionen-Akkumulatoren, Brennstoffzellen, Pufferkondensatoren), der Energieübertragung (z. B. Zwischenkreis-Stromschienen, Leistungsleitungen), der Energiewandlung (z. B. Frequenz- und Wechselrichter) sowie der Aktuatorik (z. B. Radnabenmotoren). An allen der hier beispielhaft aufgeführten Antriebssystemkomponenten können Spannungen deutlich oberhalb konventioneller Kfz-Bordnetze (bis 30 V AC/60 V DC) auftreten. Um diesen Gefährdungsbereich abzugrenzen, wurde in der Branche Elektromobilität der sog. Hochvoltbereich eingeführt, welcher Spannungen < 30 V AC bis ≤ 1 000 V AC und > 60 V DC bis ≤ 1 500 V DC umfasst (vgl. DGUV Information 200 005: Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen).

Reparatur-, Prüf- und Instandsetzungsarbeiten an solchen Antriebskomponenten dürfen nur von fachkundigen Personen für Arbeiten an Hochvoltsystemen oder von fachkundig unterwiesenen Personen unter Aufsicht und Leitung einer fachkundigen Person für Arbeiten an Hochvoltsystemen durchgeführt werden (vgl. DGUV Regel 109-009: Fahrzeuginstandhaltung, Abschnitt 7.2). Anhand Abbildung 2-2 kann die erforderliche Qualifikation für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen ermittelt werden.

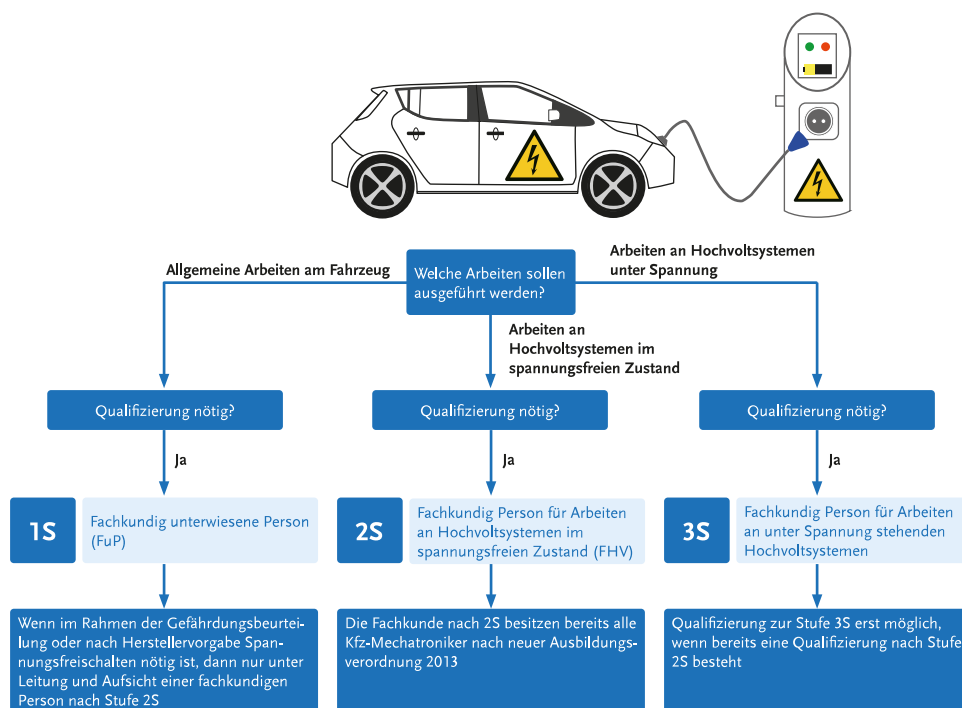


Abb. 2-2 Ermittlung der erforderlichen Qualifikation für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen (Quelle: DGUV Regel 109-009 Fahrzeuginstandhaltung, Abschnitt 10-1.)

Im Gegensatz hierzu fallen elektrische Betriebsmittel in Kfz-An- und Aufbaugeräten (z. B. elektrische, drehzahlgeregelte Seilwinden) in den Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie. Elektrotechnische Arbeiten an solchen Komponenten dürfen nach DGUV Vorschrift 3 nur von Personen durchgeführt werden, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und beruflichen Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können, wie z. B. eine Elektrofachkraft (vgl. DGUV Regel 109-009: Fahrzeuginstandhaltung, Abschnitt 7.2).

Autor

– Dipl.-Ing. Björn Kasper

2.1 Elektrischer Schlag und Störlichtbogen

Mit einer Gefährdung durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogeneinwirkung ist zu rechnen, wenn aktive (d. h. spannungsführende) Teile berührt oder unterschiedliche Potenziale überbrückt werden können oder bei einer Annäherung an aktive Teile die Isolationsfestigkeit unterschritten werden kann.

2.1.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Gesundheitliche Schädigungen durch die Wirkung des elektrischen Stromes können durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogeneinwirkung entstehen.

Elektrischer Schlag

Gefährdungen durch einen elektrischen Schlag können auftreten, wenn der Strom durch den menschlichen Körper in Abhängigkeit der Widerstände im Unfallstromkreis und der treibenden Spannung eine gefährliche Größe annimmt. Der elektrische Schlag kann erfolgen:

- bei direkter Berührung von unter Spannung stehenden Teilen unterschiedlichen Potenzials,
- bei der unzulässigen Annäherung im Hochspannungsbereich, wenn die Luftstrecke innerhalb der Gefahrenzone (siehe Abbildung 2.1-1 und Anlage 1) durch einen Vorlichtbogen zwischen dem unter Spannung stehenden Teil und Mensch überbrückt wird.

Dabei können Strommarken an den Berührungspunkten, innere Verbrennungen, Verkochung der Blutbahn oder Herzkammerflimmern entstehen.

Störlichtbogen

Gefährdungen durch Störlichtbögen sind auf deren thermische, dynamische und toxische Wirkungen auf den Menschen zurückzuführen:

- thermische Wirkungen:
 - Verbrennungen 1. bis 4. Grades durch erhitzte Gase oder Metallteile
- dynamische Wirkungen:
 - Verletzungen durch bewegte Teile infolge des Druckaufbaus in geschlossenen Räumen mit anschließendem Zerbersten der Kapselung
- toxische Wirkungen:
 - Vergiftungen durch Gase oder Stäube, z. B. durch Ozon oder die Zersetzungsprodukte von Schwefelhexafluorid SF₆
- Lichtwirkung:
 - Verblitzen der Augen
- Schallwirkung:
 - Knalltrauma

2.1.2 Ermittlung und Beurteilung

Eine Gefährdung durch den elektrischen Schlag und/oder Störlichtbogen liegt vor, wenn

- die Spannung zwischen einem aktiven Teil und Erde oder die Spannung zwischen aktiven Teilen höher als 25 V Wechselspannung (Effektivwert) oder 60 V Gleichspannung (oberschwingungsfrei) ist (DIN VDE 0100-410) und der Kurzschlussstrom an der Arbeitsstelle > 3 mA Wechselstrom (Effektivwert) oder 12 mA Gleichstrom beträgt;
- die Energie mehr als 350 mJ (Ladung 50 µC) beträgt ([TRGS 727 Anhang D](#); [DGUV Vorschrift 3 DA zu § 8 Nr. 1](#));
- Störlichtbögen mit einer Lichtbogenarbeit > 250 kWs entstehen. Dabei sind Verbrennungen der Haut bei normaler Arbeitsbekleidung möglich (auf der Grundlage von Untersuchungen der BG Feinmechanik und Elektrotechnik und des Prüffeldes für elektrische Hochleistungstechnik in Berlin festgelegter Grenzwert in TGL 200-0606/05);
- bei Annäherung an direkt berührbare aktive Teile die Schutzabstände der Tabelle aus Anlage 1 "Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten" unterschritten werden.

Elektrische Betriebsmittel mit einer Nennspannung zwischen 50 V und 1 000 V für Wechselstrom und zwischen 75 V und 1 500 V für Gleichstrom müssen den Sicherheitsgrundsätzen der [Ersten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz \(1. ProdSV\)](#) entsprechend beschaffen sein.

2.1.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Pflichten des Arbeitgebers bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln

- Der Unternehmer hat unter Berücksichtigung des § 3 ArbSchG und § 4 BetrSichV dafür zu sorgen, dass elektrische Gefährdungen, denen Beschäftigte bei der Bereitstellung und Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln, beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen sowie bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln ausgesetzt sind, ausgeschlossen oder hinreichend begrenzt werden.
- Nach DGUV Vorschrift 3 hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (Herstellen, Errichten, Ändern und Instandsetzen) nur von der Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht der Elektrofachkraft durchgeführt werden.
- Der Unternehmer kann zu den Arbeitsaufgaben und den Arbeitsbereichen eine Pflichtenübertragung nach § 13 DGUV Vorschrift 1 durchführen. Die Übertragung an eine verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK) muss durch schriftliche Benennung erfolgen.
- Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden (§ 14 BetrSichV). Die Prüfungen nach § 14 BetrSichV dürfen nur von hierzu befähigten Personen (TRBS 1203) durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Prüfungen nach § 14 BetrSichV sind aufzuzeichnen und über einen angemessenen Zeitraum aufzubewahren. Die DGUV Vorschrift 3 konkretisiert die Prüfvorschriften für elektrische Betriebsmittel.

Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Fach- und Aufsichtsverantwortung der Elektrofachkraft

Arbeiten im spannungsfreien Zustand

Sicherstellen des spannungsfreien Zustands durch Einhaltung der fünf Sicherheitsregeln (DGUV Vorschrift 3, DIN VDE 0105-100):

- freischalten
- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- erden und kurzschließen
- benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Arbeiten in der Nähe spannungsführender Teile

In der Nähe unter Spannung stehender Teile, die nicht gegen direktes Berühren geschützt sind (z. B. Stromschienen, Freileitungen, Verteiler), darf gearbeitet werden, wenn der Schutz gegen zufälliges Berühren durch isolierende Schutzeinrichtungen (z. B. Abdeckungen) sichergestellt oder die zulässige Annäherung durch z. B. Personen, Werkzeuge, Maschinen nicht unterschritten werden.

Als zulässige Schutzabstände gelten

- die äußere Grenze der Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten (D_v), siehe Anlage 1
- die äußere Grenze der Annäherungszone, für spezielle Arbeiten (Ausführung der Arbeiten durch Elektrofachkräfte oder unter ihrer Aufsichtsführung), siehe Anlage 2

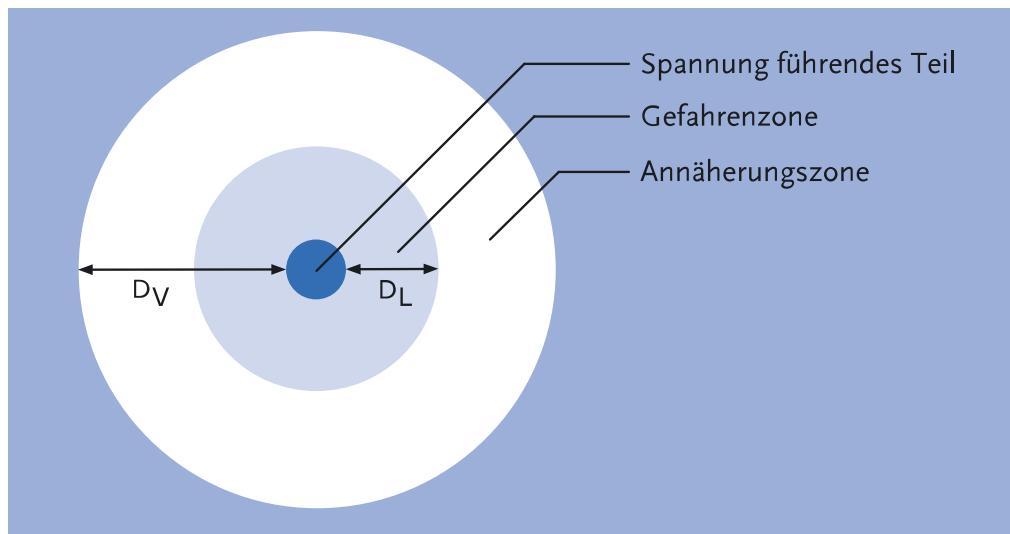


Abb. 2.1-1 Abstände in Luft und Zonen für Arbeiten (DV: Annäherungszone; DL: Gefahrenzone)

Arbeiten unter Spannung

- In Fällen, in denen der spannungsfreie Zustand der aktiven Teile nicht sichergestellt werden kann oder die äußere Grenze der Gefahrenzone unterschritten wird, kann die Arbeitsmethode "Arbeiten unter Spannung" für die Durchführung von notwendigen Arbeiten angewendet werden. Innerhalb der Gefahrenzone (DL) besteht akute Lebensgefahr, wenn keine speziellen Arbeitsschutzmaßnahmen angewendet werden, siehe Anlage 3.
- Arbeiten unter Spannung müssen nach national erprobten sicheren Verfahren ausgeführt werden. Bedingungen und Regelungen dazu sind in [DGUV Regel 103-011](#) und DIN VDE 0105-100 angegeben.

NH-Sicherungen

Beim Betätigen von Spannung führenden Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen, kurz NH-Sicherungen sollte der Sicherungsaufsteckgriff mit Stulpe und Gesichtsschutz verwendet werden, wenn kein Berührungsschutz und keine Schottungen zwischen den NH-Sicherungsunterteilen vorhanden sind. Unterweisungen und Training für das Betätigen von NH-Sicherungen werden empfohlen.

Prüfungspflicht

Die Pflicht für die Durchführung von Erst- und Wiederholungsprüfungen folgt aus den §§ 3 und 14 BetrSichV sowie DIN EN 50110-1 (DIN VDE 0105-100). Regelungen für die Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel (Erst- und Wiederholungsprüfungen) sind in [TRBS 1201](#) sowie in DIN VDE 0100-600, DIN EN 50699 (VDE 0702) angegeben. Weitere spezielle Prüfungen sind im Technischen Regelwerk enthalten.

Prüffristen

- Gemäß § 14 BetrSichV sind elektrische Anlagen und Betriebsmittel in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten. Der ordnungsgemäße Zustand ist nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme bzw. nach Änderungen oder Instandsetzungen vor der Wiederinbetriebnahme durch Prüfungen nachzuweisen.
 - Unterliegen Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, so sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ([TRBS 1111](#)) wiederkehrende Prüfungen vorzusehen. Für wiederkehrende Prüfungen sind die Fristen so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.
- Bewährte Prüffristen für elektrische Arbeitsmittel können den Durchführungsanweisungen zu den DGUV Vorschriften 3 und 4 sowie dem ergänzenden DGUV-Regelwerk entnommen werden.

Maßnahmen zum Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes

Um die elektrische Sicherheit von Betriebsmitteln zu gewährleisten, müssen die Maßnahmen, die diese Sicherheit realisieren (Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz sowie Lichtbogenschutz), im ordnungsgemäßen Zustand erhalten bleiben.

Basisschutz

Schutzmaßnahmen gegen das Berühren betriebsmäßig Spannung führender Teile: Austausch von

- unzureichenden oder beschädigten Isolierungen,
- defekten Isolierplatten, Abdeckungen, Gehäusen oder Kapselungen,
- beschädigten oder unzulässigen Steckverbindungen,
- Anschluss- oder Verlängerungsleitungen ohne Zugentlastung,
- bzw. Beseitigung äußerlich erkennbarer Schäden und Mängel.

Fehlerschutz

Schutzmaßnahmen beim Berühren von Teilen, die im Fehlerfall eine gefährliche Spannung annehmen können:

- Überprüfen, ob die in DIN VDE 0100-410 beschriebenen Schutzmaßnahmen vorhanden bzw. wirksam sind.
- Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen nach § 14 BetrSichV ([TRBS 1201](#)) durch befähigte Person ([TRBS 1203](#)).

Zusatzschutz

Der Zusatzschutz ist nur als Ergänzung des Basisschutzes einzusetzen. Er wird realisiert mit Fehlerstrom-Schutzschaltern als den am häufigsten verwendeten Geräten aus der übergeordneten Gruppe der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD: Residual Current Device) mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ oder mit LS/DI-Schalter (letzteres nur bedingt zulässig). Der Zusatzschutz wird besonders dort gefordert, wo robuste Bedingungen den Basisschutz unwirksam machen können, z. B. in Räumen mit Badewanne oder Dusche, in Schwimmhallen, auf Baustellen, in landwirtschaftlichen Betriebsstätten (nach DIN EN IEC 61936-1 (VDE 0101-1) Gruppe 700).

Störlichtbogenschutz

Schutzmaßnahmen gegen das Auftreten bzw. gegen die Wirkungen von Störlichtbögen:

- Auswahl und Einsatz von lichtbogeengeprüften Schalt- und Verteilungsanlagen
- Bescheinigung des Errichters der Anlage zur Gewährleistung des Lichtbogenschutzes
- Durchführen von Funktionsprüfungen der Lichtbogenschutzeinrichtungen nach Angaben des Herstellers
- Realisieren der technischen Maßnahmen nach VDE 0101-1, siehe Abschnitt "Vorschriften, Regelwerk, Literatur"
- Benutzung von geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen (PSA)
- Einhalten der vorgeschriebenen klimatischen Bedingungen

2.1.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
- Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel - 1. ProdSV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung
- TRBS 1201: Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1203: Zur Prüfung befähigte Personen

DGUV Vorschriften

www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 3: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- DGUV Regel 103-011: Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln

Weitere Regeln der Technik

www.beuth.de

- DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1): Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) (IEC 61140): Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN VDE 0100-100 (IEC 60364-1, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-1: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
- DIN VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter
- DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310): Telekommunikationstechnische Potential-ausgleichsanlagen für Gebäude und andere Strukturen
- VDE-AR-E 2100-550 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 550: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalter und Steckdosen
- DIN VDE 0100-600 (IEC 60364-6); Deutsche Übernahme HD 60364-6: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen
- DIN EN 50699 (VDE 0702): Wiederholungsprüfung für elektrische Geräte
- DIN EN 50678 (VDE 0701): Allgemeines Verfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit
- DIN VDE 0100-704 (IEC 60364-7-704, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-704: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-704: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Baustellen
- DIN VDE 0100-705 (IEC 60364-7-705, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-705: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-705: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten
- DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1) (IEC 61936-1, modifiziert): Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen
- DIN EN IEC 61936-1 (VDE 0101-1): Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV AC und 1,5 kV DC – Teil 1: Wechselstrom
- DIN EN 50191 (VDE 0104): Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen
- DIN VDE 0105-112: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 112: Besondere Festlegungen für das

- Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen
- DIN VDE 0100-710: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Medizinisch genutzte Bereiche

2.1.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Ist gewährleistet, dass betriebsmäßig unter Spannung stehende Teile nicht berührt werden können?
- Werden elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von Elektrofachkräften oder unter deren Leitung und Aufsicht von elektrotechnisch unterwiesenen Personen errichtet und betrieben?
- Werden in regelmäßigen Abständen Wiederholungsprüfungen zum Erhalten des ordnungsgemäßen Zustands durchgeführt (TRBS 1201)?
- Werden besonders vor Arbeitsbeginn Unterweisungen über mögliche Gefährdungen durch elektrischen Strom durchgeführt, einschließlich für elektrotechnische Laien (Bagger-, Kranführer und Bauarbeiter)?
- Wie wird abgesichert, dass die vorgeschriebenen Schutzabstände nicht unterschritten werden?
- Werden defekte elektrische Betriebsmittel (z. B. handgeführte Elektrowerkzeuge, Kabelroller, Verlängerungsleitungen, Steckvorrichtungen) unverzüglich außer Betrieb genommen?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Arbeiten oder Eingriff an elektrischen Anlagen durch Fachunkundige (Laien)
- Durchführung von Arbeiten unter Spannung von ungeschulten Personen (DGUV Regel 103-011)
- sichtbare Schäden an elektrischen Betriebsmitteln ... (z. B. beschädigte Isolierungen, unzulässige Steckverbindungen oder Verlängerungsleitungen)
- Unterschreiten von vorgeschriebenen Schutzabständen durch Unkenntnis
- Fehlender Berührungsschutz ... (Abstand, Abdeckung, Umhüllung, Kapselung)
- nicht bestimmungsgemäßer Gebrauch von elektrischen Betriebsmitteln ... (z. B. elektrische Handwerkzeuge für innen bei Regen im Freien)
- Nichtbeachten der fünf Sicherheitsregeln ... (z. B. unterlassene Erdung an der Arbeitsstelle)

Maßnahmen

- Arbeiten an elektrischen Anlagen nur durch Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen durchführen lassen
- Mängel durch die Elektrofachkraft beseitigen lassen
- über Schutzabstände, Schutzmaßnahmen und bestimmungsgemäßen Gebrauch elektrischer Betriebsmittel unterweisen
- die fünf Sicherheitsregeln konsequent einhalten
- Wiederholungsprüfungen durchführen
- elektrische Anlagen und Betriebsmittel entsprechend den elektrotechnischen Regeln betreiben (DGUV Vorschrift 3)

2.1.6 Autoren, Ansprechpartner und Anlagen

Autoren

- Dr.-Ing. P. Lange
- Dr.-Ing. J. Nagel
- Dipl.-Ing. B. Kasper

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. A. Sonnenburg
Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

Kontakt

Anlagen

- Anlage 1: Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten
- Anlage 2: Annäherungszone für spezielle Arbeiten
- Anlage 3: Gefahrenzone

Anlage 1

Annäherungszone für nicht elektrotechnische Arbeiten

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3, Tabelle 4

Annäherungszone ist ein begrenzter Bereich, der sich an die Gefahrenzone anschließt und außen durch den Abstand DV begrenzt wird.

Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen

Für Bauarbeiten und nicht elektrotechnische Arbeiten, auch wenn sie von elektrotechnischen Laien ausgeführt werden, gelten folgende Abstände. Sie sind angegeben in DIN VDE 0105-100, Tabelle 103.

Annäherungszone, Schutzabstände

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert)	Äußere Grenze der Annäherungszone DV; Schutzabstand (Abstand in Luft von ungeschützten unter Spannung stehenden Teilen)
kV	m
bis 1	1,00
über 1 bis 110	3,00
über 110 bis 220	4,00
über 220 bis 380	5,00

Diese Abstände gelten für Bauarbeiten und sonstige nicht elektrotechnische Arbeiten, z. B.:

- Gerüstbau
- Arbeiten mit Hebezeugen, Baumaschinen
- Montagearbeiten
- Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten
- Bewegen von sonstigen Geräten und Bauhilfen
- Transportarbeiten

Anlage 2

Annäherungszone für spezielle Arbeiten

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3, Tabelle 3

Annäherungszone ist ein begrenzter Bereich, der sich an die Gefahrenzone anschließt und außen durch den Abstand DV begrenzt wird.

Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung

Wenn Schutz durch Abstand und Aufsichtsführung angewandt werden soll, müssen für diese Methode festgelegte Abstände eingehalten werden. Diese Abstände sind festgelegt in DIN VDE 0105100, Tabelle 102 oder DGUV Vorschrift 3, Tabelle 3.

Schutzabstände bei speziellen Arbeiten

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert)	Schutzabstand (Abstand in Luft von ungeschützten unter Spannung stehenden Teilen)
kV	m
bis 1	0,50
über 1 bis 30	1,50
über 30 bis 110	2,00
über 110 bis 220	3,00
über 220 bis 380	4,00

Diese Arbeiten müssen von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen oder unter entsprechender Aufsicht durchgeführt werden.

Spezielle Arbeiten sind beispielsweise:

- Bewegen von Leitern
- Arbeiten an Freileitungen (mehrerer Stromkreise), Hochziehen, Herablassen von Werkzeugen oder Material
- Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten

Anlage 3

Gefahrenzone

nach DIN VDE 0105-100 oder DGUV Vorschrift 3, Tabelle 2

Gefahrenzone ist ein Bereich um unter Spannung stehende Teile, in dem der erforderliche Isolationspegel nicht sichergestellt ist. Beim Eindringen in diesen Bereich besteht Gefährdung durch Körperdurchströmung und/oder Lichtbogenbildung. Alle Arbeiten innerhalb der Gefahrenzone müssen entsprechend den Bedingungen für Arbeit unter Spannung ausgeführt werden.

Gefahrenzone: DIN VDE 0105-100

Netz-Nennspannung U_n (Effektivwert) kV	Äußere Grenze der Gefahrenzone Innenraumanlage Freiluftanlage D_L^1 (Abstand in Luft) mm	Bemessungs-Steh-/Blitz-/ Schaltstoßspannung U_{imp} (Scheitel- wert) kV
< 1	keine Berührung	4
3	60 120	40
6	90 120	60
10	120 120	75
15	160	95
20	220	125
30	320	170
36	380	200
45	480	250
66	630	325
70	750	380
110	1 100	550
132	1 300	650
150	1 500	750
220	2 100	1.050
275	2 400	850
380	2 900/3 400	950/10 050
480	4 100	1 175
700	6 400	1 550

¹ Werte D_L sind für die höchste Bemessungs-Stehstoßspannung (Blitz- oder Schaltstoßspannung) angegeben; weitere Werte für niedrige Bemessungsspannungen siehe VDE 0101-1

2.2 Statische Elektrizität

Im Gegensatz zu Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen kann eine Gefährdung durch statische Elektrizität auch ohne das Vorhandensein einer Stromquelle entstehen. Unter statischer Elektrizität wird eine Ansammlung von elektrischen Ladungen infolge von mechanischer Trennung gleichartiger oder verschiedener Stoffe auf den getrennten Teilen oder auf anderen leitfähigen Gegenständen infolge von Influenz verstanden. Während des Arbeitsprozesses kann dies bei Vorgängen wie Reiben, Zersplittern, Zerreißen, Zerstäuben, Ausschütten von festen Stoffen oder beim Strömen von Flüssigkeiten bzw. von aerosolbeladenen Gasen erfolgen. Auch Menschen können z. B. beim Gehen aufgeladen werden, wenn sie isolierende Bekleidung oder Schuhwerk tragen (siehe [TRGS 727](#)).

Bei der Entladung elektrostatischer Ladungen entstehen außer direkten Gefährdungen von Personen folgende Gefahren bzw. Störungen, die in diesem Kapitel nicht betrachtet werden:

- Beschädigungen bzw. Zerstörung von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen
- ESD (electrostatic discharge) - elektrostatische Entladung, die u. a. transiente elektromagnetische Einkopplungen (EMV) in die Strombahnen der elektronischen Bauelemente, Geräte und Systeme bewirken
- Vorbelichtung fotografischer Emulsion (z. B. Röntgenfilm)
- Entzündung brennbarer Stoffe (Explosions- und Brandgefahr); ein detailliertes Vorgehen zur Bewertung dieser Gefährdungen findet sich im [Kapitel "Brand und Explosion"](#)

Die Zerstörung von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen durch ESD und EMV haben in erster Linie wirtschaftliche Auswirkungen für den Unternehmer und sind daher nicht Gegenstand der hier vorliegenden Arbeitsschutzbetrachtungen. Es gibt aber Fälle, in denen elektronische Steuerungskomponenten als Bestandteile von sicherheitskritischen Steuerungssystemen durch ESD- und/oder EMV-Einwirkungen Fehlfunktionen verursachen können. Um diese indirekte Personengefährdung wirksam zu verhindern und die Zuverlässigkeit der Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten, müssen im Rahmen der funktionalen Maschinen- und Anlagensicherheit gesonderte Maßnahmen ergriffen werden.

2.2.1 Art der Gefährdungen und ihre Wirkungen

Entstehung der Gefährdung

Die elektrostatische Aufladung kann entstehen, wenn bei Vorgängen die miteinander (auch kurzfristig) kontaktierenden Oberflächen mit unterschiedlicher Leitfähigkeit getrennt werden (Trennprozesse). Elektrostatische Aufladung durch Influenz kann erfolgen, wenn nicht geerdete Gegenstände oder Menschen in die Nähe von aufgeladenen Teilen kommen.

Wirkung

Personengefährdungen können auftreten

- infolge eines elektrischen Schlags bei der Entladung zwischen
 - geerdetem Menschen und aufgeladenem Leiter oder Nichtleiter,
 - aufgeladenem Menschen und geerdetem Leiter,
 - aufgeladenem Menschen und isoliertem (geladenem) Leiter;
- durch eine Schreckreaktion infolge einer Entladung, die einen sekundären Unfall provoziert;
- bei Angst vor neuen Schlägen, wobei die Unsicherheit zu Fehlhandlungen führen können; bei ständiger Aufladung von Personen als allgemeine gesundheitliche Beeinträchtigung.

2.2.2 Ermittlung und Beurteilung

Eine Gefährdung von Menschen liegt vor, wenn die entstandene elektrostatische Ladung über den menschlichen Körper entladen wird.

Spürbarkeit

Bei Ladungspotenzialen oberhalb etwa 1 kV kommt es zu Funkenüberschlägen, die für den Menschen ab etwa 2 kV (0,5 mJ) spürbar werden. Mit höheren Potenzialen wird der verspürte elektrische Schlag zunehmend unangenehmer und ab etwa 10 kV als schmerzhaft empfunden.

Wichtig ist hier zu beachten, dass beim Vorhandensein von Explosionsgefährdung die Entladung von 0,50 mJ zündwirksam sein kann (([TRGS 727 - Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen](#))!).

Gesundheitliche Schädigungen

Gesundheitliche Schädigungen durch die Wirkung der elektrostatischen Entladung entstehen, wenn die über den menschlichen Körper übertragene Ladung 50 μC oder die Energie 350 mJ überschreitet ([TRGS 727 Anhang D](#)).

2.2.3 Arbeitsschutzmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle

Arbeitgeberpflichten

Der Arbeitgeber hat unter Berücksichtigung des § 3 ArbSchG und § 4 BetrSichV dafür zu sorgen, dass Gefährdungen durch elektrostatische Aufladungen, denen Beschäftigte bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln oder beim Betrieb von Anlagen ausgesetzt sind, ausgeschlossen oder hinreichend begrenzt werden.

Der Arbeitgeber hat nach § 3a ArbStättV die Arbeitsstätten so zu errichten und zu betreiben, dass von ihnen keine Gefährdungen für die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten ausgehen.

Die folgenden Maßnahmen dienen dem Schutz vor Gefährdungen, die von elektrostatischen Aufladungen ausgehen können (Auswahl):

Allgemeine Maßnahmen zur Verhinderung der elektrostatischen Aufladung

- Gebrauch von Gegenständen oder Einrichtungen aus isolierenden Materialien vermeiden
- Leitfähigkeit bzw. Ableitfähigkeit der Medien erhöhen (leitfähige oder ableitfähige Beschichtungen, leitfähige Fäden in Textilien, Additive in Flüssigkeiten, Beschichtung des Schüttguts)
- Begrenzung der Abmessungen von isolierenden Oberflächen
- Erdung von leitfähigen und ableitfähigen Gegenständen oder Einrichtungen
- Erhöhung der Luftfeuchtigkeit durch Befeuchtung
- Ionisierung der Luft
- die Bewegungsgeschwindigkeit von Schüttgütern und Flüssigkeiten in den Rohrleitungen und Behältern begrenzen (Strömungs-, Füll-, Rührgeschwindigkeit)
- Verwenden von leitfähigen Behältern
- Vermeiden von verspritzender Flüssigkeit und Gasblasen
- Unterteilung der Volumina, wo Schüttgut, Staubmaterial, verschmutzte Gase untergebracht sind, mittels geerdeter Gegenstände (Stäbe, Gitter)
- Vermeidung von Ladungstrennung (Riemenantriebe, Förderbänder, Folien- oder Papierbahnen, Körper mit gleichen Oberflächen verwenden)
- Maßnahmen zum Schutz von Personen
- leitfähige oder ableitfähige Kleidung und Schuhwerk tragen
- Personenerdung
- geeignete Gestaltung von Arbeitsmitteln (Vermeidung von Feldverzerrung durch Arbeitsmittel) - PSA

2.2.4 Vorschriften, Regelwerke, Literatur

Gesetze, Verordnungen

www.gesetze-im-internet.de; <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)

Technische Regelwerke zu den Arbeitsschutzverordnungen

www.baua.de

- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1201: Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1203: Befähigte Personen
- TRGS 720 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines"
- TRGS 721 "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung"
- TRGS 722 "Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische"
- TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 724: Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen

DGUV Vorschriften

www.dguv.de/de/praevention/vorschriften_regeln

- DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention

Weitere Regeln der Technik

www.beuth.de

- DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1): Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1) (IEC 61140): Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN IEC VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter
- DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310): Telekommunikationstechnische Potentialausgleichsanlagen für Gebäude und andere Strukturen
- DIN VDE 0100-600 (IEC 60364-6); Deutsche Übernahme HD 60364-6: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen
- DIN VDE 0701-0702: Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit
- DIN VDE 0105-112: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 112: Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen
- DIN VDE 0100-710: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Medizinisch genutzte Bereiche
- DIN VDE 0132: Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen
- DIN VDE V 0166: Errichten elektrischer Anlagen in Bereichen, die durch Stoffe mit explosiven Eigenschaften gefährdet sind
- DIN EN IEC 60079-0 (VDE 0170-1) (IEC 60079-0): Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Betriebsmittel – Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 60079-10-2 (VDE 0165-102) (IEC 60079-10-2): Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-2: Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdete Bereiche

- DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) (IEC 60079-14): Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen
- DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1) (IEC 60079-17): Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen

2.2.5 Textbausteine für Prüflisten und Formblätter

Prüffragen

- Werden Technologien angewendet, die die Entstehung von statischer Aufladung begünstigen?
- Begünstigt die Arbeitsstätte die Entstehung von statischer Aufladung (Leitfähigkeit der Fußböden, Luftfeuchtigkeit im Raum)?
- Sind die Arbeitnehmer über die Gefährdungen der statischen Elektrizität informiert?
- Sind die Arbeitnehmer über die persönlichen Schutzmaßnahmen informiert?

Festgestellte Gefährdungen/Mängel

- Statische Aufladung von Arbeitsmitteln durch rotierende Bewegungen
- Verwendung von Arbeitsmitteln aus isolierendem Material
- Fußbodenleitfähigkeit zu gering
- Luftfeuchtigkeit zu gering
- ungeeignete Arbeitskleidung
- ungeeignete Arbeitsschuhe

Maßnahmen

- Verhinderung von Aufladung, z. B. durch konstruktive Gestaltung von Behältnissen
- Gebrauch von Gegenständen und Einrichtungen aus elektrostatisch ableitfähigem oder leitfähigem Material, die mit Erdpotenzial verbunden sind
- Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf mehr als 50 %
- Ionisierung der Luft
- elektrische Abschirmung
- Schutz gegen Berührung eines aufgeladenen Gegenstandes oder Produktes
- Abwarten der Entladezeiten (Relaxationszeit)
- Benutzung von elektrostatisch ableitfähigem Schuhwerk (Durchgangswiderstand nicht < als 100 Kiloohm)
- Benutzen von elektrostatisch ableitfähigen Handschuhen
- Einsatz von Handgelenks-Erdungsarmbändern

2.2.6 Autoren und Ansprechpartner

Autoren

- Dr.-Ing. P. Lange
- Dr.-Ing. J. Nagel
- Dipl.-Ing. B. Kasper

Ansprechpartner

- Dipl.-Ing. M. Kittelmann
Fachgruppe 2.4 "Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit"

Impressum

Zitiervorschlag:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer, Hrsg., 2023.
Handbuch Gefährdungsbeurteilung
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
DOI: 10.21934/baua:fachbuch20230531
[Bitte Zugriffsdatum einfügen]
Verfügbar unter: www.baua.de/gefaehrungsbeurteilung

Fachliche Herausgeber:

Marlies Kittelmann, Lars Adolph, Alexandra Michel, Rolf Packroff, Martin Schütte, Sabine Sommer

Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund
Postanschrift: Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund

Telefon: 0231 9071-2071
Telefax: 0231 9071-2070
E-Mail: info-zentrum@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Redaktion: Strategische Kommunikation und Kooperation, BAuA

Gestaltung: Susanne Gaul, BAuA; eckedesign, Berlin

Fotos: Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindlar/Köln; Kapitel "Biostoffe": Nancy Heubach, BAuA

Diese Handlungshilfe benutzt eine geschlechtergerechte Sprache. Dort, wo das nicht möglich ist oder die Lesbarkeit stark eingeschränkt würde, gelten die gewählten personenbezogenen Bezeichnungen für beide Geschlechter.

Alle Urheberrechte bleiben vorbehalten. Die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hinterlegten Datenbankinhalte, Texte, Grafiken, Bildmaterialien, Ton-, Video- und Animationsdateien sowie die zum Download bereitgestellten Publikationen sind urheberrechtlich geschützt. Wir behalten uns ausdrücklich alle Veröffentlichungs-, Vervielfältigungs-, Bearbeitungs- und Verwertungsrechte an den Inhalten vor.

Die Inhalte dieser Handlungshilfe wurden mit größter Sorgfalt erstellt und entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die BAuA jedoch keine Gewähr.

Nachdruck und sonstige Wiedergabe sowie Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.