

# **Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)**

## **TRBS 2131**

### **Elektrische Gefährdungen**

(GMBI. Nr. 49-51 vom 12.11.07, Seite 973 ff.)

#### **Vorbemerkung**

Diese Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) gibt dem Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder.

Sie wird vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Die Technische Regel konkretisiert die Betriebssicherheitsverordnung hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er die gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen.

#### **Inhalt**

1 Anwendungsbereich

2 Begriffsbestimmungen

3 Allgemeines zur Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie Festlegung von Maßnahmen

4 Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

4.1 Ermittlung der Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

4.2 Bewertung der Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

4.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

5 Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

5.1 Ermittlung der Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

5.2 Bewertung der Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

5.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

6 Gefährdungen durch statische Elektrizität

6.1 Ermittlung der Gefährdungen durch statische Elektrizität

6.2 Bewertung der Gefährdungen durch statische Elektrizität

6.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch statische Elektrizität

## **1 Anwendungsbereich**

Diese Technische Regel gilt für die Ermittlung und Bewertung von elektrischen Gefährdungen durch

- elektrischen Schlag,
- Störlichtbogen,
- elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder und
- statische Elektrizität.

im Zusammenhang mit der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie dem Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen. Sie nennt beispielhaft Maßnahmen zum Schutz von Beschäftigten oder Dritten.

## **2 Begriffsbestimmungen**

2.1 Elektrische Betriebsmittel sind alle Produkte, die zum Zweck der Erzeugung, Umwandlung, Übertragung, Verteilung oder Anwendung von elektrischer Energie, zum Übertragen, Verteilen und Verarbeiten von Informationen benutzt werden. Den elektrischen Betriebsmitteln werden Schutz- und Hilfsmittel gleichgesetzt, soweit an diese Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Sicherheit gestellt werden. Elektrische Betriebsmittel können auch Arbeitsmittel sein.

2.2 Elektrische Anlagen sind die Gesamtheit der zugeordneten elektrischen Betriebsmittel mit abgestimmten Kenngrößen zur Erfüllung bestimmter Zwecke. Dies schließt Energiequellen ein, wie Batterien, Kondensatoren und alle anderen Quellen gespeicherter elektrischer Energie.

2.3 Elektrische Gefährdung ist die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch das Vorhandensein elektrischer Energie in einer Anlage oder einem Betriebsmittel.

2.3.1 Gefährdung durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen bezeichnet die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung, hervorgerufen von einem elektrischen Strom durch den Körper eines Menschen oder durch einen Störlichtbogen.

2.3.2 Gefährdung durch das elektrische oder magnetische Feld bezeichnet die Möglichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Reizwirkungen im menschlichen Körper, die durch das Fließen influenzierter Ströme, hervorgerufen durch elektrische Felder oder durch das Fließen induzierter Ströme, hervorgerufen durch magnetische Felder, verursacht werden. Diese Wirkungen treten im Frequenzbereich bis zu 30 kHz (Niederfrequenzbereich) auf.

2.3.3 Gefährdung durch das elektromagnetische Feld bezeichnet die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung aufgrund von Energieabsorption und somit einer Erwärmung im menschlichen Körper. Diese Wirkungen treten im Frequenzbereich von 30 kHz bis 300 GHz (Hochfrequenzbereich) auf.

2.3.4 Gefährdung durch statische Elektrizität bezeichnet die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung, durch einen elektrischen Schlag aufgrund der Entladungen statischer Elektrizität.

2.4 Elektrischer Gefährdungsbereich ist der räumliche Bereich innerhalb oder im Umkreis einer elektrischen Anlage oder eines Betriebsmittels, in dem eine elektrische Gefährdung durch Eindringen in die Annäherungszone nicht ausgeschlossen ist.

2.5 Aktive Teile sind elektrisch leitfähige Teile, die im ungestörten Betrieb unter Spannung stehen können.

2.6 Gefahrenzone ist ein Bereich um unter Spannung stehende Teile, in dem beim Eindringen ohne Schutzmaßnahmen der zur Vermeidung einer elektrischen Gefahr erforderliche Isolationspegel nicht sichergestellt ist.

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

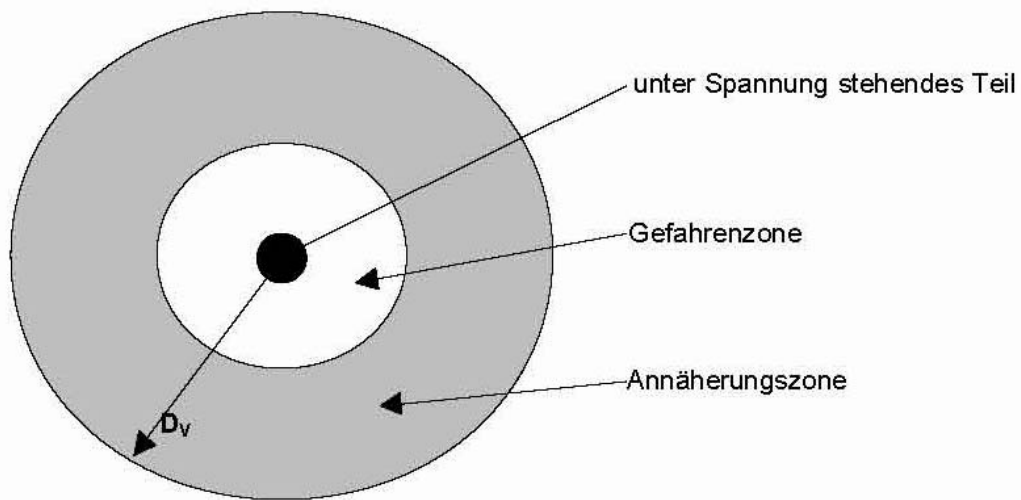


Bild 1: Zonen im Bereich Spannung führender Teile

## 2.8 Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

2.8.1 Zulässige Werte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder sind Expositionsgrenzwerte (Basiswerte) sowie Auslösewerte (abgeleitete Werte).

2.8.2 Exposition bezeichnet eine Einwirkung elektrischer, magnetischer oder elektromagnetischer Felder auf den menschlichen Körper.

2.8.3 Unzulässige Exposition ist gegeben, wenn elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder oberhalb der zulässigen Werte auf den Menschen einwirken.

## 3 Allgemeines zur Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie Festlegung von Maßnahmen

Der Arbeitgeber hat unter Berücksichtigung des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) dafür zu sorgen, dass elektrische Gefährdungen, denen Beschäftigte bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen ausgesetzt sind, ausgeschlossen oder hinreichend begrenzt werden. Unter Anwendung der TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung“ sind die im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung nach § 5 ArbSchG in Verbindung mit § 3 BetrSichV notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel sowie den Erhalt des ordnungsgemäßen Zustandes überwachungsbedürftiger Anlagen zu treffen. Diese TRBS nennt hierfür beispielhaft Maßnahmen.

Ausgehend von den ermittelten elektrischen Gefährdungen können als Erkenntnisquellen für Lösungsmöglichkeiten die Informationen der Hersteller, Erkenntnisse der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, Normen, die betrieblichen Erfahrungen und sonstige Informationen zum Stand der Technik dienen.

## **4 Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen**

### 4.1 Ermittlung der Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

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

Für die nachfolgenden Bereiche sind in dieser TRBS beispielhaft Maßnahmen beschrieben:

- Arbeiten an aktiven Teilen
- Arbeiten in der Nähe von aktiven Teilen
- Benutzen von elektrischen Arbeitsmitteln auf Bau- und Montagestellen
- Benutzen von Elektroschweißgeräten

### 4.2 Bewertung der Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

Eine elektrische Gefährdung liegt vor, wenn durch das Arbeitsmittel oder durch die Arbeiten aktive Teile direkt berührt oder unterschiedliche Potentiale überbrückt werden können und

- 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 und
- der Kurzschlussstrom an der Arbeitsstelle größer 3 mA Wechselstrom (Effektivwert) oder 12 mA Gleichstrom und
- die Energie mehr als 350 mJ beträgt.

Eine Gefährdung liegt auch dann vor, wenn die o. g. Werte im Normalbetrieb eingehalten werden, aber beim Auftreten eines Fehlers überschritten werden.

Ferner liegt eine elektrische Gefährdung vor, wenn bei Annäherung an direkt berührbare aktive Teile die in der Tabelle 1 angegebenen Schutzabstände  $D_V$  unterschritten werden.

Nennspannung $U_N$ (Effektivwert) kV	Äußere Grenze der Annäherungszone $D_V$ (Schutzabstand in Luft) m
bis 1	1,0
über 1 bis 110	3,0
über 110 bis 220	4,0
über 220 bis 380	5,0

Tabelle 1: Annäherungszone  $D_V$  in Abhängigkeit der Nennspannung

#### 4.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch elektrischen Schlag oder Störlichtbogen

##### 4.3.1 Allgemeines

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass

- zum Gefährdungsbereich elektrischer Anlagen nur Personen Zugang haben, die auf Grund fachlicher Ausbildung, Kenntnis und Erfahrung die auftretenden elektrischen Gefährdungen erkennen und die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes treffen können und
- andere Personen den Gefährdungsbereich nur in Begleitung der oben genannten Personen betreten dürfen.

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass nur solche elektrischen Anlagen und Betriebsmittel benutzt werden, die für die Beanspruchung durch die Betriebs- und Umgebungsbedingungen an der Arbeitsstelle geeignet sind.

Die Maßnahmen und Verantwortlichkeiten müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden. Zum Beispiel:

- Betriebsanweisungen und Unterweisungsunterlagen erarbeiten und zur Verfügung stellen,
- Arbeitsmittel, Schutz- und Hilfsmittel regelmäßig überprüfen,
- Kommunikationsmöglichkeiten festlegen,
- bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln:
  1. den Arbeitsbereich eindeutig festlegen, kennzeichnen und gegebenenfalls abgrenzen,
  2. freien Zugang zur Arbeitsstelle, freie Fluchtwege und ausreichende Bewegungsfreiheit gewährleisten,
  3. verantwortliche Personen für die sichere Durchführung der Arbeitsaufgabe benennen,
  4. festlegen, bei welchen Arbeiten, mit wem und wie die Durchführung der Arbeitsaufgabe abzustimmen ist und dies zu dokumentieren.

Der Arbeitgeber hat besondere Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag zu veranlassen, falls durch die am Arbeitsplatz vorliegenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen eine **erhöhte** elektrische Gefährdung besteht.

#### 4.3.2 Arbeiten an aktiven Teilen

##### 4.3.2.1 Arbeiten im spannungsfreien Zustand

###### a) Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes

Arbeiten an aktiven Teilen sind nach Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes durchzuführen. Der spannungsfreie Zustand ist sicherzustellen durch

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Von der Reihenfolge oder der Vollständigkeit dieser fünf Sicherheitsregeln darf abgewichen werden, sofern es dafür wichtige technische Gründe gibt, wie z. B. Arbeiten an Kabelanlagen.

Bei der Durchführung der fünf Sicherheitsregeln sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Es sind besondere Vorkehrungen gegen Beeinflussungsspannungen festzulegen.
- In Anlagen, bei denen die Maßnahmen der 5 Sicherheitsregeln mit Fernsteuerung durchgeführt werden, müssen alle Übertragungs- und Verriegelungssysteme, die für diesen Zweck verwendet werden, zuverlässig sein.

Zur Durchführung der einzelnen Sicherheitsregeln sind die jeweils aufgelisteten Mindestanforderungen einzuhalten, ggf. sind weitere Maßnahmen zu treffen.

#### Zur 1. Sicherheitsregel "Freischalten":

- Es sind alle Teile der elektrischen Anlage, an denen gearbeitet werden soll, spannungsfrei zu schalten. Dabei sind alle Einspeisungen zu trennen.
- Die Trennstrecken sind so zu gestalten, dass ein Überschlag zu den unter Spannung stehenden Anlagenteilen wirksam verhindert wird.
- Teile der Anlage, die sich nach dem Freischalten nicht selbständig entladen (z. B. Kondensatoren, Kabel), müssen mit geeigneten Entladevorrichtungen entladen werden.
- Hat die für die Durchführung der Arbeiten verantwortliche oder die allein arbeitende Person nicht selbst freigeschaltet, so muss sie die Bestätigung der Freischaltung vor Aufnahme der Arbeit abwarten.
- Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, ob die Freischaltung zu dokumentieren ist.

#### Zur 2. Sicherheitsregel "Gegen Wiedereinschalten sichern":

- Die Betriebsmittel, mit denen die Freischaltung durchgeführt wurde, sind gegen Wiedereinschalten zu sichern. Gegebenenfalls ist durch Hinweisschild vor unbefugtem Betätigen zu warnen.
- Die Sicherung gegen Wiedereinschalten ist vorzugsweise durch Sperren des Betätigungsmechanismus zu realisieren.
- Wenn für die Betätigung der Schaltgeräte Hilfsenergie (z. B. Druckluft, Federkraft, Strom) erforderlich ist, muss diese unwirksam gemacht werden.
- Werden zur Freischaltung Sicherungseinsätze entfernt, sind diese vor unbefugtem Zugriff zu schützen.
- Wird die Sicherung gegen Wiedereinschalten mittels Fernsteuerung durchgeführt, so muss gegen Einschalten auch vor Ort gesichert werden.



### Zur 3. Sicherheitsregel "Spannungsfreiheit feststellen":

- Die Spannungsfreiheit muss direkt an der Arbeitsstelle oder in unmittelbarer Nähe dazu allpolig festgestellt werden.
- Spannungsprüfgeräte sind direkt vor dem Benutzen auf ihre Funktionssicherheit zu prüfen.
- Wenn freigeschaltete Kabel an der Arbeitsstelle nicht eindeutig ermittelt werden können, sind bewährte Sicherheitsmaßnahmen zu treffen. Dazu kann zum Beispiel die Anwendung geeigneter Kabelschneidgeräte gehören.
- Wenn bei Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV geerdet und kurzgeschlossen wird, ist zuvor die Spannungsfreiheit zusätzlich an allen Ausschaltstellen allpolig festzustellen.

### Zur 4. Sicherheitsregel "Erden und Kurzschließen":

- In Hochspannungsanlagen und Niederspannungsanlagen müssen alle Teile, an denen gearbeitet werden soll, sichtbar an der Arbeitsstelle geerdet und kurzgeschlossen werden. Zusätzlich sind Freileitungen mit einer Nennspannung über 30 kV an jeder Ausschaltstelle und Freileitungen über 1 kV bis 30 kV mindestens an einer Ausschaltstelle zu erden und kurzzuschließen.
- Es ist immer zuerst eine Verbindung zur Erde und erst dann die Verbindung zu aktiven Teilen herzustellen.
- Transformatoren mit Nennspannung < 1 kV sind sowohl an der Oberspannungs- als auch an der Unterspannungsseite zu erden und kurzzuschließen.
- In Niederspannungsanlagen (bis 1 kV) darf auf Erden und Kurzschließen verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, dass die Anlage nicht unter Spannung gesetzt werden kann.
- Beim Parallelschalten von Kurzschließgeräten mit Seilen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:
  - gleiche Seillänge,
  - gleiche Seilquerschnitte,
  - gleiche Anschließeile und Anschlussstücke,
  - Einbau der Geräte dicht nebeneinander mit Parallelführung der Seile.

Beim Parallelschalten mehrerer Seile sind für jedes Seil 75 % der zulässigen Strombelastbarkeit anzunehmen.

Die Querschnitte parallel geschalteter Seile dürfen voll belastet werden, wenn sichergestellt ist, dass die Kurzschleißseile nur einmal mit dem vollen

Kurzschlussstrom beansprucht werden. Dies trifft im Allgemeinen für Anlagen mit Nennspannungen ab 110 kV zu.

Bei Arbeiten an Kabeln und isolierten Leitungen mit Nennspannungen über 1 kV, z. B. an Endverschlüssen und Muffen, und bei Arbeiten an elektrischen Betriebsmitteln mit Nennspannungen über 1 kV, die über Stickleitungen oder isolierte Stickleitungen angeschlossen sind, z. B. Motoren, darf vom Erden und Kurzschließen an der Arbeitsstelle abgesehen werden, jedoch muss an allen Ausschaltstellen geerdet und kurzgeschlossen werden. Beim Übergang von Kabelanlagen auf Freileitungen ist bei Kabelarbeiten an der Übergangsstelle zu erden und kurz zu schließen.

#### Zur 5. Sicherheitsregel "Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken":

a) Können Anlagenteile in der Nähe der Arbeitsstelle nicht freigeschaltet werden, müssen vor Arbeitsbeginn zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen wie beim „Arbeiten in der Nähe aktiver Teile“ getroffen werden (siehe Nummer 4.3.2.2).

#### b) Freigabe der Arbeitsstelle:

Die Freigabe der Arbeitsstelle erteilt die für die Arbeiten verantwortliche Person nach der Durchführung der fünf Sicherheitsregeln.

#### c) Unter Spannung setzen nach beendeter Arbeit:

Nachdem alle beteiligten Personen über das Ende der Arbeiten informiert, den Gefährdungsbereich verlassen haben, Werkzeuge und Hilfsmittel aus der Anlage entfernt worden sind und alle getroffenen Sicherheitsmaßnahmen an und außerhalb der Arbeitsstelle aufgehoben wurden, darf die Anlage wieder unter Spannung gesetzt werden.

#### 4.3.2.2 Arbeiten in der Nähe aktiver Teile

Der Arbeitgeber hat vor der Aufnahme von Arbeiten zu ermitteln und zu beurteilen, ob die äußere Grenze der Annäherungszone nach Tabelle 1 unterschritten werden kann. Ist dies der Fall und bestehen elektrische Gefährdungen durch Arbeiten in der Nähe aktiver Teile, ist eine der folgenden Schutzmaßnahmen anzuwenden:

- Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes oder
- Schutz gegen zufälliges Berühren durch isolierende Umhüllung, Kapselung, Abdeckung oder sonstige Schutzvorrichtungen.

Schutzvorrichtungen sind so auszuwählen und anzubringen, dass sie den elektrischen und mechanischen Anforderungen genügen. Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass vor Aufnahme der Arbeiten und nach wesentlichen Änderungen der Arbeitsbedingungen die Beschäftigten auf das Einhalten der Abstände und sonstige getroffene Sicherheitsmaßnahmen und Besonderheiten hingewiesen werden.

Falls die vorgenannten Maßnahmen nicht ergriffen werden, ist mindestens durch Einhalten eines ausreichenden Abstandes nach Nummer 4.2 Tabelle 1 dafür zu sorgen, dass eine Gefahr eines elektrischen Schlages, eines Störlichtbogens oder einer Kombination aus beiden nicht besteht.

In Abhängigkeit der Qualifikation der Beschäftigten können auch geringere Schutzabstände zur Anwendung kommen.

Abweichend von Tabelle 1 sind bei allen Arbeiten an Fahrleitungsanlagen von unter Spannung stehenden Teilen dieser Anlagen ohne Schutz gegen direktes Berühren nach allen Richtungen nachstehende Schutzabstände auch mit Geräten, Werkzeugen und Werkstücken einzuhalten:

- 1,0 m bei Nennspannungen bis AC 1 kV/DC 1,5 kV;
- 1,5 m bei Nennspannungen über AC 1 kV/DC 1,5 kV bis 30 kV;
- 2,0 m bei Nennspannungen über 30 kV bis 110 kV.

#### 4.3.2.3 Arbeiten unter Spannung - Grundanforderungen

Bei Arbeiten an aktiven Teilen, deren spannungsfreier Zustand nicht sichergestellt wird, hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass diese Arbeiten nur nach sicheren Verfahren durchgeführt werden. Diese Verfahren müssen die verbleibenden möglichen elektrischen Gefährdungen sowie weitergehende Maßnahmen berücksichtigen. Der Arbeitgeber hat für solche Arbeiten in schriftlichen Anweisungen

- Grundsätze des Arbeitsverfahrens,
- Verhaltensregeln und
- zu benutzende persönliche Schutzausrüstungen, Werkzeuge, Schutz- und Hilfsmittel festzulegen.

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Arbeiten unter Spannung nur Personen übertragen werden, die für diese Arbeiten speziell qualifiziert sind.

Hinweis: Näheres über die Arbeitsmethode „Arbeiten unter Spannung“ wird in der Technischen Regel TRBS 2131 Teil 1 beschrieben.<sup>\*)</sup>

#### 4.3.2.4 Arbeiten unter Spannung an Oberleitungsanlagen

Arbeiten an Oberleitungsanlagen von Nahverkehrsschienenbahnen bis 1000 V Wechselspannung bzw. 1500 V Gleichspannung dürfen unter Beachtung nachfolgender Regelungen unter Spannung ausgeführt werden, wenn der spannungsfreie Zustand nicht hergestellt oder sichergestellt werden kann:

- Die Anforderungen der Nummer 4.3.2.3 müssen erfüllt sein.
- Zusätzlich ist sicherzustellen, dass
  - von einem isolierten Standort aus gearbeitet wird und
  - im unmittelbaren Arbeitsbereich keine gefährdenden Spannungen durch Berühren überbrückt werden können.
- Die Oberleitung muss bauartbedingt zwischen geerdeten Teilen und aktiven Teilen einen Abstand von mindestens 0,5 m aufweisen.
- Ist ein Arbeiten an unter Spannung stehenden Fahrleitungen von einem isolierten Standort aus nicht möglich oder können im unmittelbaren Arbeitsbereich gefährdende Spannungen durch Berühren überbrückt werden, so müssen Ersatzmaßnahmen getroffen werden (z. B. isolierende Schutzvorrichtungen, isolierende Werkzeuge, isolierende Körperschutzmittel). Diese Arbeiten dürfen nur ausgeführt werden, wenn der spannungsfreie Zustand nicht hergestellt oder sichergestellt werden kann.

#### 4.3.3 Benutzen von elektrischen Arbeitsmitteln auf Bau- und Montagestellen

Der Arbeitgeber hat bei Arbeiten auf Bau- und Montagestellen die besonderen Umgebungsbedingungen z. B. Feuchtigkeit, Staub, Temperatur, mechanische oder chemische Beanspruchung zu beachten. Zum Schutz gegen elektrische Gefährdung ist zu berücksichtigen:

- Es müssen für die besonderen Umgebungsbedingungen geeignete Arbeitsmittel bereitgestellt werden. Das gilt insbesondere für:
  - Schalt- und Verteileranlagen,
  - Leitungsroller,
  - Handgeführte Elektrowerkzeuge und
  - Leuchten.

---

<sup>\*)</sup> Zum Zeitpunkt der Bekanntmachung dieser Technischen Regel befindet sich die TRBS 2131 Teil 1 in Bearbeitung.

- Zur Versorgung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel dürfen nur Stromkreise benutzt werden, die durch Schaltgeräte freigeschaltet werden können.
- Arbeitsmittel dürfen nur aus zugeordneten Speisepunkten betrieben werden. Jeder Speisepunkt muss mindestens eine Einrichtung zum Trennen haben. Speisepunkte sind z. B.:
  - Baustromverteiler
  - Ersatzstromerzeuger
  - Transformatoren mit getrennten Wicklungen

Bei Bauarbeiten geringen Umfangs können auch als Speisepunkte verwendet werden:

- Kleinbaustromverteiler
- Schutzverteiler
- ortsveränderliche Schutzeinrichtungen mit zusätzlicher Überwachung von Spannung auf dem Schutzleiter, Bruch des Schutzleiters und Aufrechterhaltung der Schutzleiterfunktion bei Fremdspannung.
- Es dürfen grundsätzlich nur bewegliche Gummischlauchleitungen vom Typ H07RN-F oder von mindestens gleichwertiger Bauart benutzt werden. Handgeführte elektrische Arbeitsmittel mit Geräteanschlussleitungen bis zu einer Länge von 4 m dürfen auch mit Gummischlauchleitungen vom Typ H05RN-F benutzt werden. An Stellen, an denen Leitungen mechanisch besonders beansprucht werden können, ist eine geschützte Verlegung anzuwenden.

#### 4.3.4 Benutzen von Elektroschweißgeräten

Bei Arbeiten mit Schweißgeräten ist insbesondere zu beachten:

- Für Lichtbogenarbeiten unter besonderen Umgebungsbedingungen, wie z. B. Feuchtigkeit, Staub, Temperatur, mechanische oder chemische Beanspruchung, sind Schweißstromquellen mit dem Sicherheitskennzeichen **S** zu verwenden.
- Schweißstromquellen dürfen nicht in Arbeitsbereichen aufgestellt werden, in denen unter besonderen Umgebungsbedingungen geschweißt wird.
- Beschäftigte dürfen Lichtbogenarbeiten unter besonderen Umgebungsbedingungen nur ausführen, wenn sie sich gegen elektrischen Schlag zusätzlich durch isolierende Zwischenlagen schützen.
- Beschäftigte dürfen unter besonderen Umgebungsbedingungen Lichtbogenbrenner nicht öffnen.
- Der Schweißstromkreis darf nicht geerdet sein, ausgenommen, wenn Werkstückaufnahmen oder Werkstücke zwangsweise mit Erde verbunden sind.

- Stabelektrodenhalter und Lichtbogenbrenner müssen so gehalten werden, dass kein Strom durch den menschlichen Körper fließen kann.
- Stabelektrodenhalter und Lichtbogenbrenner müssen so abgelegt werden, dass kein elektrischer Kontakt mit dem Werkstück oder fremden leitfähigen Teilen, insbesondere dem Stromquellengehäuse, entstehen kann.
- Werden mehrere Schweißstromquellen zusammengeschaltet, muss geprüft werden, ob diese für ein Zusammenschalten geeignet sind und die zulässige Leerlaufspannung nicht überschritten werden kann.

Einsatzbedingungen	Spannungsart	Höchstwerte Leerlaufspannung in Volt	
		$U_{\text{Scheitel}}$	$U_{\text{eff}}$
Normale Umgebungsbedingungen	DC	113	-
	AC	113	80
Besondere Umgebungsbedingungen	DC	113	-
	AC	68	48
Lichtbogenbrenner; maschinell geführt	DC	141	-
	AC	141	100
Plasmaschneiden	DC	500	-
	AC	-	-
Unter Wasser bei Anwesenheit einer Person	DC	65	-
	AC	unzulässig	unzulässig

Tabelle 2: Zulässige Leerlaufspannungen bei zusammengeschalteten Schweißstromquellen in Abhängigkeit der Einsatzbedingungen

- Bei Lichtbogenarbeiten mit mehreren Stromquellen an einem Werkstück oder an mehreren, leitfähig miteinander verbundenen Werkstücken ist zu verhindern, dass der Beschäftigte gleichzeitig zwei Stabelektrodenhalter oder Lichtbogenbrenner berühren kann.
- Vor Arbeiten an Lichtbogenbrennern sind die Schweißstromquelle und der Drahtvorschub so auszuschalten und zu sichern, dass sie während der Arbeiten nicht versehentlich eingeschaltet werden können.
- Drahtelektroden müssen im spannungsfreien Zustand gewechselt werden.
- Der Arbeitgeber hat bei Lichtbogenarbeiten unter Wasser dafür zu sorgen, dass
  - diese Arbeiten nur von Beschäftigten ausgeführt werden, die mit den eingesetzten Einrichtungen und Verfahren vertraut sind,
  - Beschäftigte unter Wasser gegen gefährliche elektrische Durchströmung durch Verwendung von Gleichstromquellen mit einer max. Leerlaufspannung von 65 V geschützt sind,

- die Spannung nur auf Weisung des Beschäftigten eingeschaltet wird, der diese Arbeiten unter Wasser ausführt,
- vor dem Hinablassen von Stabelektrodenhaltern oder Lichtbogenbrennern, zum Elektrodenwechsel, bei jeder Arbeitsunterbrechung und im Fall einer Gefahr die Spannung abgeschaltet wird.

## **5 Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder**

### 5.1 Ermittlung der Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

Mit einer Gefährdung durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder ist zu rechnen, wenn die von einem Arbeitsmittel erzeugten elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Felder zu einer Überschreitung der zulässigen Werte führen.

Werkzeuge, Geräte und Anlagen, bei denen mit einer elektrischen Gefährdung durch Felder zu rechnen ist, sind z. B.:

- Induktive Erwärmungsanlagen
- Dielektrische Erwärmungsanlagen
- Widerstandschweißeinrichtungen
- Hochfrequenzsendeanlagen
- Anlagen der Energieübertragung und -verteilung
- Hochstromprüfanlagen
- Technische Anlagen in medizinischen Bereichen

### 5.2 Bewertung der Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

Eine Gefährdung durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder liegt vor, wenn die Expositionsgrenzwerte (Basiswerte) der „Richtlinie 2004/40/EG vom 29. April 2004 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)“ überschritten werden. Diese Expositionswerte sind jedoch nicht direkt messbar.

Deshalb sind aus diesen Expositionsgrenzwerten elektrische, magnetische und elektromagnetische Feldstärkewerte für die Praxis als „abgeleitete Werte“ ermittelt, bei deren Einhaltung eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann. Diese sind in der vorgenannten Richtlinie als Auslösewerte sowie in der berufsgenossenschaftlichen

Regel „Elektromagnetische Felder“ (BGR B11) als abgeleitete Werte beschrieben. Die auftretende Exposition durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder kann mittels Messung, Berechnung oder Vergleich mit gleichartigen Arbeitsmitteln bewertet werden.

Eine unzulässige Exposition ist in der Regel nicht gegeben bei

- Elektrowerkzeugen, Haushaltsgeräten und Geräten der Bürokommunikation, einschließlich ihrer Bildschirmgeräte,
- Niederspannungsverteilungsanlagen in Wohn- und Bürogebäuden,
- Elektromotorischen Antrieben und Transformatoren mit Anschlussleistungen kleiner 200 kVA und
- Lichtbogenschweißgeräten.

Abweichend hiervon kann eine besondere Gefährdung von Trägern aktiver Implantate (z. B. Herzschrittmacher, Defibrillator, Insulinpumpe) und passiver Implantate vorliegen, da auch bei einer Feldstärke unterhalb des zulässigen Wertes die Funktion des Implantates beeinflusst werden kann. Diese muss anhand vorhandener Daten des Implantats durch eine Einzelfallbewertung mit entsprechenden Fachleuten (z. B. Arbeitsmediziner) erfolgen.

5.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder

#### 5.3.1 Allgemeines

Die geeigneten Maßnahmen müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden.

Werden die Auslösewerte elektrischer, magnetischer oder elektromagnetischer Felder überschritten, so sind Maßnahmen anzuwenden, die verhindern, dass unzulässige Expositionen auftreten. Maßnahmen zu diesem Zweck können sein:

- Reduzierung der Leistung oder Abschaltung der Feldquelle
- Abschirmung der Feldquelle
- Verhinderung des Zugangs zu Bereichen, in denen eine unzulässige Exposition auftreten kann, z. B. durch Verriegelungen oder Verschluss
- Kennzeichnung der Gefährdungsbereiche, z. B. durch Warn- oder Verbotsschilder
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich
- Unterweisung der Mitarbeiter



### 5.3.2 Induktive Erwärmungsanlagen

Maßnahmen an induktiven Erwärmungsanlagen zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Temporäres Reduzieren der Leistung der Feldquelle bei Annäherung
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich

### 5.3.3 Dielektrische Erwärmungsanlagen

Maßnahmen an dielektrischen Erwärmungsanlagen zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Abschirmung der Feldquelle
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich

### 5.3.4 Widerstandsschweißeinrichtungen

Maßnahmen an Widerstandsschweißeinrichtungen zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Veränderung der Stromanstiegs- und -abfallzeiten sowie der Stromflussdauer an der Stromquelle
- Veränderung der Schweißfenstergeometrie
- Dämpfung des magnetischen Feldes durch höher permeable Materialien
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich
- 

### 5.3.5 Hochfrequenzsendeanlagen

Maßnahmen an Hochfrequenzsendeanlagen zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Abschalten der Sendeanlage
- Reduzierung der Sendeleistung
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle. Bei Mobilfunkbasisstationen ist es aufgrund der üblicherweise genutzten Sendeleistung ausreichend, wenn ein Sicherheitsabstand von 0,5 m zu den Antennen in der Hauptstrahlrichtung eingehalten wird. Muss aufgrund mehrerer vorhandener Sendeanlagen oder aufgrund höherer Sendeleistungen ein größerer

Sicherheitsabstand eingehalten werden, ist eine entsprechende Kennzeichnung mit Angabe des einzuhaltenden Sicherheitsabstandes anzubringen.

- Benutzung Persönlicher Schutzausrüstung; Hochfrequenzschutzanzug

### 5.3.6 Anlagen der Energieübertragung und -verteilung

Maßnahmen an Anlagen der Energieübertragung und -verteilung zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Abschalten der Energieanlage
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich
- Benutzung von schirmender (Persönliche Schutzausrüstung) Kleidung bei Arbeiten unter Spannung beim Arbeitsverfahren auf Potential zum Schutz gegen das elektrische Feld

### 5.3.7 Hochstromprüfanlagen

Maßnahmen an Hochstromprüfanlagen zum Schutz vor unzulässiger Exposition können sein:

- Abschalten der Hochstromprüfanlage
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle

### 5.3.8 Technische Anlagen in medizinischen Bereichen

Maßnahmen an technischen Anlagen in medizinischen Bereichen zum Schutz vor unzulässiger Exposition für das medizinische Personal können sein:

- Beachtung spezieller Verhaltenshinweise des Herstellers für die betreffende Anlage bei Arbeiten im Gefährdungsbereich
- Einhaltung eines ausreichenden Abstands zur Feldquelle
- Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Expositionsbereich

## **6 Gefährdungen durch statische Elektrizität**

### 6.1 Ermittlung der Gefährdungen durch statische Elektrizität

Mit einer elektrischen Gefährdung durch statische Elektrizität ist zu rechnen, wenn die Entladung über den menschlichen Körper einen elektrischen Schlag verursacht.

Arbeitsmittel, bei denen mit einer elektrischen Gefährdung durch statische Elektrizität zu rechnen ist, sind z. B. Anlagen für

- Folienherstellung und –verarbeitung
- Fertigung von Großbauteilen mit isolierenden Materialien

## 6.2 Bewertung der Gefährdungen durch statische Elektrizität

Eine Gefährdung durch statische Elektrizität liegt vor, wenn die über den menschlichen Körper übertragene Ladung 50  $\mu\text{C}$  oder die Energie 350 mJ überschreitet.

Eine Bewertung der Gefährdung durch statische Elektrizität ist in der Regel nicht erforderlich bei üblichen Handwerkzeugen, Trichtern und Kanistern. Die dort gespeicherte Ladung ist bei ihrer Entladung spürbar, jedoch für Personen ungefährlich. Es sind ggf. Schreckreaktionen zu berücksichtigen, z. B. bei Arbeiten auf Leitern.

## 6.3 Beispielhafte Maßnahmen bei Gefährdungen durch statische Elektrizität

### 6.3.1 Allgemeines

Die geeigneten Maßnahmen müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden.

Werden die in Nummer 6.2 angegebenen Werte überschritten, so sind Maßnahmen anzuwenden, die verhindern, dass eine Personengefährdung durch statische Elektrizität auftritt. Maßnahmen zu diesem Zweck können sein:

- Verhinderung von Aufladung z. B. durch konstruktive Gestaltung von Behältnissen
- Gebrauch von Gegenständen und Einrichtungen aus elektrostatisch ableitfähigem oder leitfähigem Material, die mit Erdpotential verbunden sind
- Erhöhung der Luftfeuchte
- Ionisierung der Luft

In besonderen Fällen können auch folgende Maßnahmen zum Tragen kommen:

- Benutzung von elektrostatisch ableitfähigem Schuhwerk (Durchgangswiderstand nicht größer als 100 k $\Omega$ )
- Benutzen von elektrostatisch ableitfähigen Handschuhen
- Einsatz von Handgelenks-Erdungsarmbändern

### 6.3.2 Folienherstellung und -verarbeitung

Mögliche Maßnahmen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen durch statische Elektrizität sind:

- Einsatz aktiver oder passiver Ionisatoren
- elektrische Abschirmung
- Schutz gegen Berührung eines aufgeladenen Gegenstandes oder Produktes
- Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf mehr als 50 %

### 6.3.3 Fertigung von Großbauteilen mit isolierenden Materialien

Mögliche Maßnahmen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen durch statische Elektrizität sind:

- Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf mehr als 50 %
- Einsatz von elektrostatisch ableitfähigem oder leitfähigem Material
- Abwarten der Entladezeiten (Relaxationszeit)