

203-034

**DGUV Information 203-034**



**Errichten und Betreiben  
von elektrischen  
Prüfanlagen**

(bisher BGI 891)

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Neue Rufnummern ab 1. August 2018:  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
Fax: 030 13001-6132

Sachgebiet „Elektrotechnik und Feinmechanik“,  
Fachbereich „Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse“ der DGUV

Ausgabe Februar 2006

DGUV Information 203-034 (bisher BGI 891)  
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger  
oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

# Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen

# Inhaltsverzeichnis

|  | Seite     |
|--|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>2 Begriffe</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>3 Errichten von elektrischen Prüfanlagen</b> .....  | <b>11</b> |
| 3.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen .....   | 11        |
| 3.2 Prüfplätze mit zwangsläufigem Berührungsschutz .....   | 13        |
| 3.3 Prüfplätze ohne zwangsläufigen Berührungsschutz .....  | 20        |
| 3.4 Prüffelder .....   | 28        |
| 3.5 Versuchsfelder .....   | 32        |
| 3.6 Nichtstationäre Prüfanlagen .....  | 33        |
| 3.7 Prüfanlagen ohne ständige Anwesenheit von Prüfpersonal .....   | 34        |
| <b>4 Betreiben von elektrischen Prüfanlagen</b> .....  | <b>35</b> |
| 4.1 Allgemeines .....  | 35        |
| 4.2 Personal .....   | 38        |
| 4.3 Vorbereiten von Prüfungen, Schalten in Prüfanlagen .....   | 41        |
| 4.4 Durchführen von Prüfungen .....  | 43        |
| <b>Anhang 1: Vorschriften und Regeln</b> .....   | <b>47</b> |
| <b>Anhang 2: Bildbeispiele</b> .....   | <b>49</b> |
| <b>Anhang 3: Beispiel Betriebsanweisung</b> .....  | <b>59</b> |
| <b>Anhang 4: Beispiel Unterweisungsnachweis</b> .....  | <b>61</b> |
| <b>Anhang 5: Beispiel Checkliste zur Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen einer Prüfanlage</b> ..... | <b>62</b> |

# Vorwort

Unfallverhütungsvorschriften sind autonome Rechtsnormen, die von den Berufsgenossenschaften auf Grund eines im Sozialgesetzbuch (SGB VII) verankerten Rechtssetzungsauftrages erlassen werden. Sie sind für die der jeweiligen BG zugehörigen Mitglieder (Betriebe) verbindlich.

Im Bereich des Arbeitsschutzes werden die Unternehmer (Arbeitgeber) durch die Vorschriften verpflichtet, Einrichtungen, Anordnungen und Maßnahmen zur Unfallverhütung und zum Gesundheitsschutz zu treffen.

Hierzu sind sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Regeln, sowie weitere im Einzelfall bestehende allgemein anerkannte Regeln der Technik zu beachten.

In der vorliegenden berufsgenossenschaftlichen Information werden die Anforderungen an das Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen ergänzend zu den normativen Forderungen der DIN EN 50191 (VDE 0104):2001-01 erläutert.

Die Erläuterungen in dieser BGI sollen den betrieblichen Praktiker bei der Anwendung der Norm unterstützen. Sie sind keine rechtsverbindlichen Forderungen der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE), beleuchten jedoch den sicherheitstechnischen Stand aus präventiver Sicht der BGFE, die in der Zusammenarbeit mit den Mitgliedsbetrieben bei Betriebsbesichtigungen und Schulungsaktivitäten gewonnen wurde.

Diese BGI ist kein VDE-Kommentar. Die Nummerierung der Abschnitte der BGI stimmt nicht mit der Nummerierung der Norm überein. Die BGI ist auch nicht als Ersatz für die Norm anzusehen. Für den betrieblichen Anwender ist die Norm unverzichtbar.

Der Normtext ist teilweise, wo dies dem besseren Verständnis dient, im Wortlaut wiedergegeben.

Zur Ergänzung der textlichen Fassung ist ein Bildanhang beigefügt.

# 1 Anwendungsbereich

Diese BG-Information findet Anwendung auf das Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen im Geltungsbereich der DIN EN 50191 (VDE 0104):2001-01, d.h. wenn das Berühren unter Spannung stehender Teile gefährlich ist.

Davon ist auszugehen, wenn

- die Spannung bei Frequenzen bis 500 Hz mehr als 25 V AC oder 60 V DC beträgt,
- der durch die Spannung hervorgerufene Strom bei Wechselspannung größer als 3 mA effektiv bzw. bei Gleichspannung größer als 12 mA ist,
- bei Frequenzen über 500 Hz die zulässigen Stromwerte nach Tabelle A.1 der VDE 0104 überschritten sind  
oder
- die elektrische Entladungsenergie höher als 350 mJ ist.

Auch wenn diese Werte eingehalten sind, müssen alle zu erwartende Risiken bedacht werden und gegebenenfalls Maßnahmen zur Minimierung von Gefährdungen getroffen werden, z.B. Lichtbogengefährdung bei einem Akkumulator, Gefährdung durch hohe Entladungsenergie bei einem Kondensator.

Über den Geltungsbereich der Norm hinausgehend ist diese BGI auch auf Fertigungseinrichtungen anzuwenden, die in Aufbau und Gefahrensituation einer elektrischen Prüfanlage vergleichbar sind, z.B. Pump- und Einbrennstände bei der Leuchtstofflampenfertigung. Diese verfolgen einen konkreten Fertigungszweck, elektrische Prüfungen werden dabei nicht durchgeführt.

Diese Erweiterung hat aus berufsgenossenschaftlicher Sicht den großen Vorteil, dass der Praktiker hierdurch ein Hilfsmittel erhält, an dem er sich bei Errichtung und Betrieb der entsprechenden Anlage orientieren kann.

# 2 Begriffe

Die in der Norm verwendeten Begriffe unterscheiden sich zum Teil von dem sonst üblichen Sprachgebrauch. Die enthaltenen Begriffsbestimmungen besitzen deshalb einen hohen Stellenwert zur Orientierung für alle Anwender, die aufgerufen sind, die Begriffe im Sinne dieser Norm zu verwenden.

- 2.1 Elektrische Prüfanlage** ist die Gesamtheit aller zu Prüfzwecken zusammenwirkenden Prüfgeräte und Einrichtungen, mit denen elektrische Prüfungen an Prüfobjekten durchgeführt werden.
- 2.2 Prüfplatz** ist eine räumlich begrenzte und gekennzeichnete Prüfanlage, in der in der Regel nur eine Person beschäftigt ist. Es wird unterschieden zwischen:
- Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz
  - Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz
- 2.2.1 Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz** ist ein Prüfplatz, bei dem das Prüfobjekt und alle aktiven Teile der Prüfeinrichtung im eingeschalteten Zustand zwangsläufig einen vollständigen Schutz gegen direktes Berühren aufweisen.
- 2.2.2 Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz** ist ein Prüfplatz, bei dem Teile des Prüfobjektes oder aktive Teile der Prüfeinrichtung während der Prüfung nicht vollständig gegen direktes Berühren geschützt sind. Hierzu gehören z.B. Prüfplätze in Elektrowerkstätten, Laborplätze, Mess- und Versuchsplätze.
- 2.3 Prüffeld** ist eine Prüfanlage in einem fest umschlossenen Raum oder innerhalb eines von benachbarten Arbeitsplätzen abgegrenzten Bereiches, in dem in der Regel mehrere Personen mit der Prüfung größerer Prüfobjekte mit längerer Verweildauer beschäftigt sind.
- 2.4 Versuchsfeld** ist eine Prüfanlage zum Durchführen von Versuchen im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. In Versuchsfeldern werden in der Regel keine Routineprüfungen durchgeführt.
- 2.5 Nichtstationäre Prüfanlage** ist eine für kurze Zeit errichtete Prüfanlage, um Prüfungen an einzelnen Prüfobjekten durchzuführen.

- 2.6 Verbotzone** ist der durch bestimmte Maße begrenzte Bereich um unter Spannung stehende Teile, der nicht erreicht werden darf, wenn gegen deren direktes Berühren kein vollständiger Schutz besteht. Bei Spannungen bis 1000 V gilt die Oberfläche des unter Spannung stehenden Teiles als Grenze der Verbotzone. Bei Spannungen über 1 kV wird das Erreichen der Verbotzone dem Berühren unter Spannung stehender Teile gleichgesetzt.
- 2.7 Prüfbereich** ist der Bereich um den Prüfaufbau, der gegenüber der Umgebung abgegrenzt ist.
- 2.8 Signalleuchten** sind über die Grenzen des Prüfbereiches hinaus deutlich erkennbare Leuchten mit roter oder grüner Signalgebung zur Kennzeichnung des Betriebszustandes im Prüfbereich.
- 2.9 Meldeleuchten** dienen zur Anzeige des Schaltzustandes am Bedienungsstand. Sie sind kein Ersatz für geforderte Signalleuchten.
- 2.10 Betriebszustände**
- 2.10.1 Außer Betrieb** sind Prüfanlagen oder deren Teilbereiche, wenn
- a) alle Spannungszuführungen einschließlich der Signal- und Steuerstromkreise ausgeschaltet und gegen unbefugtes Einschalten gesichert sind,
  - b) alle Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden, die vor Betreten des Prüfbereiches erforderlich sind (bei Spannungen über 1 kV z.B. Erden, Kurzschließen).
- 2.10.2 Betriebsbereit** sind Prüfanlagen oder deren Teilbereiche, wenn
- a) die Stromversorgungen für die Signal- und Steuerstromkreise der Schaltgeräte eingeschaltet sind,
  - b) die grünen Signalleuchten, sofern sie nach den Festlegungen der VDE 0104, Abschnitt 4 vorhanden sein müssen, eingeschaltet sind,
  - c) alle Spannungszuführungen der Prüfspannung noch ausgeschaltet und gegen unbeabsichtigtes Einschalten gesichert sind,
  - d) die Sicherheitsmaßnahmen des Betriebszustandes „Außer Betrieb“, die vor Betreten des Prüfbereiches erforderlich sind, noch bestehen (s. 3.10.1 b).



- 2.10.3 Einschaltbereit** sind Prüfanlagen oder deren Teilbereiche, wenn
- a) alle Spannungszuführungen der Prüfspannung ausgeschaltet sind,
  - b) sämtliche Zugänge zum Prüfbereich geschlossen sind,
  - c) die roten Signalleuchten eingeschaltet sind,
  - d) die Sicherheitsmaßnahmen des Betriebszustandes „Außer Betrieb“, die vor Betreten des Gefahrenbereiches erforderlich sind, aufgehoben sind.
- 2.10.4 In Betrieb** sind Prüfanlagen oder deren Teilbereiche, wenn
- a) sämtliche Zugänge zum Prüfbereich geschlossen sind,
  - b) die roten Signalleuchten eingeschaltet sind,
  - c) eine oder mehrere der Spannungszuführungen der Prüfspannung eingeschaltet sind.
- 2.11 Elektrofachkraft:** Person mit geeigneter fachlicher Ausbildung, Kenntnissen und Erfahrung, so dass sie Gefahren erkennen und vermeiden kann, die von der Elektrizität ausgehen können.
- 2.12 Elektrotechnisch unterwiesene Person:** Person, die durch Elektrofachkräfte ausreichend unterrichtet wurde, so dass sie Gefahren vermeiden kann, die von der Elektrizität ausgehen können.
- 2.13 Arbeitsverantwortlicher:** Person, die beauftragt ist, die unmittelbare Verantwortung für die Durchführung der Arbeit zu tragen. Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung teilweise auf andere Personen übertragen werden.
- 2.14 Anlagenverantwortlicher:** Eine Person, die beauftragt ist, die unmittelbare Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage zu tragen. Erforderlichenfalls kann diese Verantwortung teilweise auf andere Personen übertragen werden.
- 2.15 Laie** ist eine Person, die weder Elektrofachkraft noch elektrotechnisch unterwiesene Person ist (gem. DIN VDE 0105-100).
- 2.16 Abdeckung:** Ein Teil, durch das Schutz gegen direktes Berühren in allen üblichen Zugangs- und Zugriffsrichtungen gewährt wird.

- 2.17 Isolierende Abdeckung:** Eine starre oder flexible Vorrichtung aus isolierendem Material zur Abdeckung unter Spannung stehender, ausgeschalteter oder benachbarter Teile, um unbeabsichtigtes direktes Berühren zu verhindern.
- 2.18 Umhüllung (Gehäuse):** Ein Teil, das Betriebsmittel gegen bestimmte äußere Einflüsse schützt und direktes Berühren aus jeder Richtung verhindert.
- 2.19 Risiko:** Eine Kombination der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schweregrades der möglichen Verletzung oder Gesundheitsschädigung einer Person in einer Gefährdungssituation.
- 2.20 elektrische Gefährdung:** Quelle einer möglichen Verletzung oder Gesundheitsschädigung durch das Vorhandensein elektrischer Energie in einer Anlage.
- 2.21 Sicherheit einer Einrichtung:** Die Fähigkeit einer Einrichtung, ihre Funktion(en) durchzuführen und transportiert, aufgebaut, eingerichtet, instandgehalten, abgebaut und entsorgt zu werden unter den Bedingungen der bestimmungsgemäßen Verwendung, wie sie vom Hersteller in der Betriebsanleitung festgelegt sind, ohne dass dadurch Verletzungen oder Gesundheitsschädigungen verursacht werden.
- 2.22 Sicherheit von Steuerungen:** Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung, ihre Sicherheitsfunktion(en) für einen gegebenen Zeitraum entsprechend der für sie festgelegten Kategorie auszuführen.
- 2.23 Sicherheitsbezogenes Teil einer Steuerung:** Teil oder ein untergeordneter Teil (untergeordnete Teile) einer Steuerung, der (die) auf Eingangssignale anspricht (ansprechen) und sicherheitsbezogene Ausgangssignale erzeugt (erzeugen).
- 2.24 Kategorie:** Einteilung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fehler und Verhalten im Fehlerfall, die aufgrund der strukturellen Anordnung der Teile und/oder deren Zuverlässigkeit erreicht wird.
- 2.25 Zuverlässigkeit (einer Maschine):** Fähigkeit einer Maschine oder von deren Teilen oder Ausrüstung, eine geforderte Funktion unter festgelegten Bedingungen und für einen vorgegebenen Zeitraum ohne Ausfall zu erfüllen.  
(Vermerk: Die Definition ist übertragbar auf andere Geräte und Einrichtungen)

# 3 Errichten von Prüfanlagen

## 3.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen

Auch bei der Konzipierung von Prüfanlagen sind die allgemeinen Gestaltungsleitsätze zur Sicherheit von Maschinen (technischen Erzeugnissen) anzuwenden.

Diese verlangen u.a. eine Vermeidung bzw. Beseitigung von Gefährdungen oder eine Minderung des Risikos durch Schutzmaßnahmen.

Betreiber von Prüfplätzen sind deshalb verpflichtet, Prüfplätze mit technischen Schutzmaßnahmen auszurüsten, das bedeutet, dass Prüfplätze vorrangig mit zwangsläufigem Berührungsschutz (Beispiel s. Bild 1) auszustatten sind.

### 3.1.1 Prüfaufbau

#### 3.1.1.1 Schutz gegen direktes Berühren

Als grundlegende Forderung ist bei Prüfaufbauten der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile z.B. durch:

- Isolierungen,
- Abdeckungen,
- Gehäuse, Umhüllungen, Umwehrungen
- Hindernisse
- sichere Abstände

zu gewährleisten.

Hindernisse müssen in ihrer Wirkung gleichwertig den vorher genannten Maßnahmen sein.

Ein sicherer Abstand liegt dann vor, wenn der Prüfende weder mit Körperteilen noch mit Gegenständen die Verbotszone erreichen kann.

Alternativ kann der Schutz gegen direktes Berühren (für den Bediener) auch durch die Verwendung von Zweihandschaltungen oder Sicherheitsprüfspitzen erreicht werden. Diese binden die Hände des Bedieners einer Prüfanlage und bieten somit eine ausreichende Maßnahme zum Schutz gegen direktes Berühren. Weitere Personen werden durch diese Alternativmaßnahmen nicht geschützt.

In Umsetzung dieser Forderung müssen Anschlussleitungen (Messleitungen, Laborleitungen) zur Verwendung an Prüfplätzen in Elektrowerkstätten, in Fertigungsstätten, an Laborplätzen u. dgl. berührungsgeschützt ausgeführt sein.

### 3.1.1.2 Schutz im Fehlerfall

Eine effektive Maßnahme zum Schutz im Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren) muss vorhanden sein. In DIN VDE 0100-410 Abschnitt 413 „Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen“ werden mögliche Schutzmaßnahmen beschrieben, z.B.:


- **Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung**

Eine Schutzeinrichtung, die für den Schutz bei indirektem Berühren vorgesehen ist, muss automatisch die Stromversorgung des zu schützenden Stromkreises oder Betriebsmittels abschalten, damit im Fehlerfall zwischen einem aktiven Teil und einem Körper oder einem Schutzleiter des Stromkreises oder des Betriebsmittels eine zu erwartende Berührungsspannung die vereinbarte Berührungsspannung  $U_L$  nicht über eine Zeitdauer überschreitet, die ausreicht, um das Risiko gefährlicher physiologischer Einwirkungen auf eine Person, die sich in Berührung mit gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen befindet, zu verursachen. Vereinbarte Grenze der Berührungsspannung  $U_L$  sind 50 V AC effektiv und 120 V DC ober-schwingungsfrei.

- **Schutz durch Verwendung von Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder durch gleichwertige Isolierung**

Verwendung elektrischer Betriebsmittel, die typgeprüft und nach den einschlägigen Normen gekennzeichnet sind, z.B. in folgender Ausführung:

- elektrische Betriebsmittel mit doppelter oder verstärkter Isolierung
- fabrikfertige Gerätekombinationen mit vollständiger Isolierung

Diese Betriebsmittel sind durch das Symbol  gekennzeichnet.

- **Schutz durch Schutztrennung**

Der Stromkreis ist durch eine getrennte Stromquelle zu versorgen, z.B.:

- einen Trenntransformator  
oder
- eine Stromquelle, die eine gleichwertige Sicherheit bietet, z.B. ein Motorgenerator mit gleichwertig isolierten Wicklungen.

- Die Spannung eines Stromkreises mit Schutztrennung darf 500 V nicht überschreiten.
- Ein Stromkreis mit Schutztrennung darf weder mit einem anderen Stromkreis noch mit Erde verbunden werden.

### **3.2 Prüfplätze mit zwangsläufigem Berührungsschutz**

Die Zwangsläufigkeit des Berührungsschutzes wird durch Isolierung, allseitig mechanisch feste Abdeckung/Verkleidung der unter Spannung stehenden Teile, mindestens in Schutzart IP3X und den folgenden zusätzlichen Forderungen erreicht.

Hinweis: Schutzgrad IP3X gemäß VDE 0470-1 bedeutet: Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Werkzeug. Die Zugangssonde, 2,5 mm Durchmesser, darf nicht eindringen.

- 3.2.1** Das Einschalten der Prüfstromkreise darf erst möglich sein, wenn die Schutzeinrichtungen betriebsbereit sind und einwandfrei funktionieren. Unter Schutzeinrichtungen ist die Gesamtheit der technischen Schutzmaßnahmen zu verstehen. Sie bestehen somit aus Isolierung und Abdeckung/Verkleidung und Verriegelungseinrichtung und Steuerung.
- 3.2.2** Das Öffnen der Schutzeinrichtungen muss die Prüfspannung zwangsläufig ausschalten. Restspannungen müssen zwangsläufig auf einen ungefährlichen Wert abgebaut sein, bevor aktive Teile erreicht werden können.
- 3.2.3** Ein einzelner Fehler darf beim Öffnen der Schutzeinrichtung die Ausschaltung der Prüfstromkreise nicht verhindern.
- 3.2.4** Nach Auftreten eines Fehlers muss sichergestellt sein, dass ein Wiedereinschalten der Prüfspannungen nicht mehr möglich ist.
- 3.2.5** Schutzeinrichtungen dürfen nicht auf einfache Weise umgehbar sein.

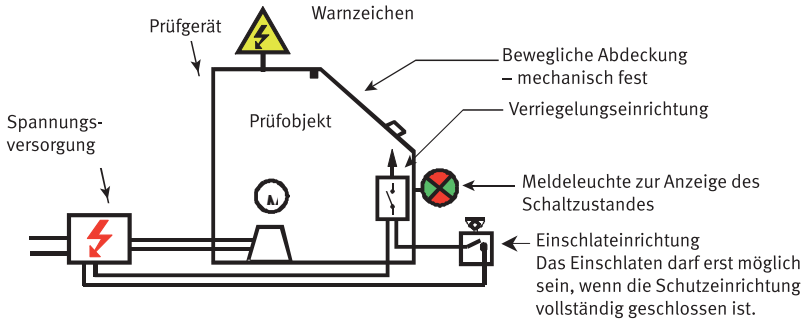


Bild 1: Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz, Darstellung als geschlossene Prüfbox (Schutzart IP 3X)

Die Bedingungen 4.2.1 bis 4.2.5 wurden angewendet. Auf eine NOT-AUS-Einrichtung darf verzichtet werden. Eine zusätzliche Abgrenzung des Prüfbereiches zur Umgebung hin ist nicht erforderlich. Signalgebung wird nicht gefordert, kann jedoch bei Aufbau als Hochspannungsprüfplatz im Hinblick auf Gleichbehandlung mit anderen im Betrieb verwendeten Hochspannungsprüfplätzen sinnvoll sein.

### 3.2.6 Zwangsläufigkeit in Verbindung mit Auswahl der Sicherheitskategorie der Steuerung

Die Sicherstellung eines zwangsläufigen Berührungsschutzes erfordert im allgemeinen die Berücksichtigung der Normenreihe „Sicherheit von Maschinen“.

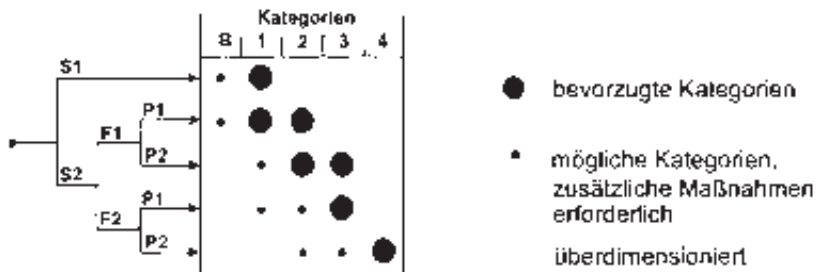
Wichtige Normen sind hierbei u. a.:

- DIN EN ISO 12100-1 Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze;  
Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie
- DIN EN ISO 12100-2 Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze;  
Teil 2: Technische Leitsätze
- DIN EN 418 NOT-AUS Einrichtung, funktionelle Aspekte;  
Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 574 Zweihandschaltungen, funktionelle Aspekte;  
Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 954-1 Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen  
Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

|              |   |
|--------------|---|
| DIN EN 1050  | Leitsätze zur Risikobeurteilung   |
| DIN EN 1088  | Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen; Leitsätze für Gestaltung und Auswahl |
| DIN EN 60204 | Elektrische Ausrüstung von Maschinen<br>Teil 1: Allgemeine Anforderungen  |

Im Ergebnis einer Risikobetrachtung kann die erforderliche Steuerungskategorie zur allgemeinen Maschinensicherheit ausgewählt werden. Hinweise zur Auswahl der Kategorie enthält DIN EN 954-1 im Anhang B.

Ausgehend von der Abschätzung der Schwere der Verletzung, der Häufigkeit eines Ereignisses sowie den Vermeidungsmöglichkeiten, kann die bevorzugte Sicherheitskategorie ermittelt werden (Bild 2).



S – Schwere der Verletzung

F1 – Häufigkeit/Dauer

P – Vermeidung

S1 = leicht

F1 = selten bis öfter/kurzzeitig

P1 = möglich unter bestimmten

S2 = schwer, einschl. Tod

F2 = häufig bis dauernd/lange

Bedingungen

P2 = kaum möglich

Bild 2: Mögliche Auswahl der Kategorien, Risikobetrachtung

Bei einem Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz bestehen durch Anforderungen an den Berührungsschutz (Ziff. 4.2, z.B. IP 3X), Anforderungen an die Gestaltung von Schutzeinrichtungen (Ziff. 4.2.5) und Anforderungen an die Steuerung (Ziff. 4.2.1 – 4.2.4) bereits konkrete Sicherheitsvorgaben.

Durch die Forderung: „Bei Auftreten eines einzelnen Fehlers müssen die Schutzfunktionen erhalten bleiben“, wird das Niveau der Sicherheit der Steuerung wesentlich bestimmt.

Aus nachfolgender Tabelle (DIN EN 954-1, Tabelle 2) und der geforderten Fehlersicherheit der DIN EN 50191 (VDE0104):2001-01 ergibt sich, dass die Steuerung einer Prüfanlage mit zwangsläufigem Berührungsschutz nach Kategorie 3 auszuführen ist. Die Anwendung der Kategorie 4 gewährleistet eine noch höhere Sicherheit bei unwesentlich höherem materiellen Aufwand und wird deshalb empfohlen.

Bild 3: DIN EN 954-1 Tabelle 2  
 Kurzfassung der Anforderungen für Kategorien (Auszug)

| Kategorie | Kurzfassung der Anforderungen  | Systemverhalten   | Prinzipien zum Erreichen der Sicherheit                 |
|-----------|--|---|---|
| B         | Die sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen müssen den zu erwartenden Einflüssen standhalten können   | Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.  | überwiegend durch Auswahl von Bauteilen charakterisiert |
| 1         | Die Anforderungen von B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden.  | Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen, aber die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist geringer als in Kategorie B.  |   |
| 2         | Die Anforderungen von B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein.<br><br>Die Sicherheitsfunktion muss in geeigneten Zeitabständen durch die Maschinensteuerung geprüft werden. | Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion zwischen den Prüfungsabständen führen.<br><br>Einige, aber nicht alle Fehler werden erkannt.<br><br>Eine Anhäufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen. | überwiegend durch die Struktur charakterisiert          |



| Kategorie | Kurzfassung der Anforderungen  | Systemverhalten  | Prinzipien zum Erreichen der Sicherheit        |
|-----------|--|--|--|
| 3         | <p>Die Anforderungen B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein.</p> <p>Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und</li> <li>• wann immer in angemessener Weise durchführbar, der einzelne Fehler erkannt wird</li> </ul>  | <p>Wenn der einzelne Fehler auftritt, bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten.</p> <p>Einige, aber nicht alle Fehler werden erkannt.</p> <p>Eine Anhäufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.</p> | überwiegend durch die Struktur charakterisiert |
| 4         | <p>Die Anforderungen B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein.</p> <p>Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet sein, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und,</li> <li>• der einzelne Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung an die Sicherheitsfunktion erkannt wird, oder, wenn dies nicht möglich ist, darf eine Anhäufung von Fehlern dann nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen</li> </ul> | <p>Wenn Fehler auftreten, bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten.</p> <p>Die Fehler werden rechtzeitig erkannt, um einen Verlust der Sicherheitsfunktion zu verhindern.</p>   | überwiegend durch die Struktur charakterisiert |

### 3.2.7 Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz „in betretbarer Ausführung“

Auf die Schutzart IP3X darf verzichtet werden, wenn die Umhüllung (das Gehäuse) des Prüfaufbaues, z.B. bei einer Prüfkabine (Bild 4), den folgenden Anforderungen entspricht:

- Die Prüfplätze müssen durch mindestens 1800 mm hohe Vollwände oder Gitter (Maschenweite max. 40 mm) gegen andere Betriebsstätten abgegrenzt sein.
- Spannungsverschleppungen auf berührbare leitfähige Teile außerhalb des Prüfbereiches müssen durch geeignete Maßnahmen, z.B. Erden, Abschirmen, verhindert sein. Abgrenzungen aus leitfähigen Werkstoffen müssen geerdet oder in eine andere Maßnahme zum Schutz bei indirektem Berühren einbezogen sein.
- Der Abstand zwischen der Abgrenzung und Teilen, die unter Spannung stehen können, muss entsprechend der Spannungshöhe und der Lage der Verbotszone ausreichend bemessen sein (s. EN 50191:2000 Anhang A, Tabellen A.2 – A.4).
- Diese Prüfplätze müssen mit Einrichtungen versehen sein, die das Öffnen der Türen zum Prüfbereich erst zulassen, wenn die Prüfanlagen ausgeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert und – falls erforderlich – geerdet und kurzgeschlossen sind.



Bild 4: Prinzipskizze eines Prüfplatzes mit zwangsläufigem Berührungsschutz in betretbarer Ausführung

### 3.2.8 Sonderfall eines Prüfplatzes mit zwangsläufigem Berührungsschutz

Auf die Schutzart IP 3X darf in Ausnahmefällen auch verzichtet werden, wenn das Prüfobjekt und alle aktiven Teile des Prüfaufbaues einen vollständigen Schutz gegen direktes Berühren aufweisen und eine Maßnahme zum Schutz im Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren) während der Prüfung wirksam ist. Im allgemeinen bedeutet dies, dass zur Verwirklichung des vollständigen Berührungsschutzes mindestens die Schutzart IP 2X zur Anwendung kommt und das Gehäuse des Prüfobjektes während der Prüfung nicht geöffnet wird. Dies ist z.B. bei der Prüfung von verwendungsfertig montierten Betriebsmitteln bei Kontaktierung über die steckbare Netzanschlussleitung möglich.

An dem in Bild 5 gezeigten Beispiel einer Prüfanlage für Waschmaschinen ist eine Maßnahme zum Schutz im Fehlerfall (Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung) getroffen. Die Waschmaschinen werden auf Grundlage der Geräternorm einer Funktionsprüfung unterzogen. Hierzu werden die Maschinen verwendungsfertig in der Prüfanlage aufgestellt, mit den erforderlichen Wasseranschlüssen versehen und über ihre Netzanschlussleitung mit dem speisenden Netz (Prüfspannung) verbunden.



Bild 5: Waschmaschinenprüfanlage

### 3.2.9 NOT-AUS-Einrichtungen, Abgrenzungen

Bei einem Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz darf auf NOT-AUS-Einrichtungen und Abgrenzungen verzichtet werden.

Allgemein sind jedoch auch bei einem Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz alle möglichen Gefährdungen zu ermitteln und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen zu ergreifen, z.B.:

- Kennzeichnung der Befehlseinrichtungen, Anzeige der Schaltzustände,
- Schutz gegen unbefugtes und unbeabsichtigtes Einschalten,
- Schutz gegen Restspannungen und Spannungsverschleppungen,
- Maßnahmen gegen andere Gefährdungen, z.B. mechanische Gefährdungen.

Das kann im Einzelfalle bedeuten, dass Abgrenzungen, Abdeckungen oder NOT-AUS-Einrichtungen doch erforderlich sind.

Die Prüfanlage für Waschmaschinen in Bild 5 ist mit einer NOT-AUS-Einrichtung ausgerüstet, da während einer Funktionsprüfung neben Programmfehlern und elektrischen Fehlern auch mechanische Fehler (z.B. Wasseraustritt) auftreten können, die ein schnelles Abschalten erfordern oder als wünschenswert erscheinen lassen. Die Prüfanlage befindet sich in einem zu benachbarten Fertigungsbereichen abgegrenzten Raum (Prüffeld), Prüfbereich ist der gesamte Raum. Auf weitere Abgrenzung innerhalb des Prüfraumes kann verzichtet werden.

Bestünde die Absicht, in diesem Prüfraum Prüfarbeiten an Geräten durchzuführen, bei denen einzelne Gehäuseabdeckungen abgenommen werden und wäre dadurch ein vollständiger Schutz gegen direktes Berühren nicht mehr vorhanden, so wäre die Prüfanlage nicht mehr als Sonderfall eines Prüfplatzes mit zwangsläufigem Berührungsschutz anzusehen und ein Betrieb ohne zusätzliche Maßnahmen nicht zu gestatten.

## 3.3 Prüfplatz ohne zwangsläufigem Berührungsschutz

### 3.3.1 Allgemeine Anforderung

Ein Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz darf nur dann eingerichtet werden, wenn ein Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz nicht anwendbar

ist, z.B.

- wegen häufig wechselnder Prüfaufgaben,
- bei unterschiedlichen Prüfobjekten,
- bei erheblichen Schwierigkeiten im Arbeitsablauf,
- bei nur gelegentlichen Prüfaufgaben.

Die mögliche Nichtanwendung eines Prüfplatzes mit zwangsläufigem Berührungsschutz sollte kritisch geprüft werden. Zum Schutze der prüfenden Person vor Unfallgefahren, aber auch zur haftungsrechtlichen Absicherung des Vorgesetzten empfiehlt es sich, das Abweichen von dem höheren Schutzprinzip sorgfältig abzuwägen und ausreichend zu begründen.

Für ausreichende Bewegungsfreiheit für den Prüfenden ist zu sorgen, z.B. mindestens 1,50 m<sup>2</sup> freie Bewegungsfläche und an keiner Stelle weniger als 1,00 m breit.

### 3.3.2 Abgrenzungen

Prüfplätze ohne zwangsläufigen Berührungsschutz müssen zu anderen Arbeitsplätzen und zu Verkehrswegen hin Abgrenzungen erhalten. Die Abgrenzungen sind so auszuführen, dass

- außer dem Prüfenden keine anderen Personen den Prüfbereich betreten können,
- außer dem Prüfenden keine anderen Personen die Verbotzone erreichen können und
- Personen, die sich außerhalb der Abgrenzung befinden, die Bedienungselemente der Prüfanlage, nicht erreichen können.

Der Schutz der Bedienungselemente vor unbefugtem Zugriff kann durch einen hohen konstruktiven Aufwand der Abgrenzung erreicht werden. Die nachfolgend als zulässig beschriebenen „Leichtbauweisen“ von Abgrenzungen zeigen, dass man auch kostenminimierend handeln darf. Der unbefugte Zugriff muss dann auf andere Weise sichergestellt sein, z.B. durch angemessenen Abstand.

An einem Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz dürfen die Abgrenzungen aus z.B. Wänden, Gittern, Leisten, Seilen oder Ketten bestehen. Sie müssen so beschaffen sein, dass von außerhalb des Prüfbereiches jederzeit eine Sichtverbindung zu der prüfenden Person besteht.

Der Mindestabstand von Abgrenzungen, die den Prüfbereich und die Grenze der Verbotzone umschließen, richtet sich nach der konstruktiven Ausführung der Abgrenzungen und der Höhe der Prüfspannung, siehe folgende Tabellen A.2 bis A.4.

*Verbotzone und Prüfbereich*

**Tabelle A.2 –** Verbotzone (s) in Abhängigkeit von Prüfspannungen gegen Erde (U) (s ist Abstand in Luft von unter Spannung stehenden Teilen)

| Prüfwechselspannung<br>50/60 Hz<br>(Effektivwert) |                 | Blitzstoßspannung<br>1,2/50 µs<br>(Scheitelwert) |         | Schaltstoßspannung<br>250/2500 µs<br>(Scheitelwert) |         |
|---|-----------------|--|---------|---|---------|
| U<br>kV   | S<br>mm         | U<br>kV  | S<br>mm | U<br>kV   | S<br>mm |
| ≤ 1   | keine Berührung | 20   | 100     | 500   | 2 000   |
| 3   | 20              | 40   | 175     | 600   | 2 600   |
| 5   | 30              | 60   | 250     | 700   | 3 300   |
| 6   | 35              | 80   | 325     | 800   | 4 100   |
| 10  | 60              | 100  | 400     | 900   | 4 900   |
| 15  | 85              | 150  | 550     | 1 000   | 5 800   |
| 20  | 115             | 200  | 700     | 1 100   | 8 800   |
| 25  | 140             | 250  | 850     | 1 200   | 7 800   |
| 30  | 170             | 300  | 1 000   | 1 300   | 8 900   |
| 35  | 195             | 350  | 1 110   | 1 400   | 10 000  |
| 40  | 225             | 400  | 1 200   | 1 500   | 11 200  |
| 45  | 250             | 450  | 1 300   | 1 600   | 12 500  |
| 50  | 280             | 500  | 1 400   |   |         |
| 55  | 305             | 600  | 1 650   |   |         |
| 60  | 335             | 700  | 1 950   |   |         |
| 70  | 390             | 800  | 2 200   |   |         |
| 80  | 450             | 900  | 2 450   |   |         |
| 90  | 510             | 1 000  | 2 700   |   |         |
| 100   | 560             | 1 100  | 2 950   |   |         |
| 110   | 620             | 1 200  | 3 250   |   |         |
| 130   | 740             | 1 300  | 3 500   |   |         |
| 150   | 860             | 1 400  | 3 750   |   |         |
| 170   | 980             | 1 500  | 4 000   |   |         |
| 190   | 1 100           |  |         |   |         |
| 210   | 1 240           |  |         |   |         |
| 220   | 1 300           |  |         |   |         |
| 260   | 1 550           |  |         |   |         |
| 300   | 1 850           |  |         |   |         |
| 340   | 2 150           |  |         |   |         |

| Prüfwechselspannung<br>50/60 Hz<br>(Effektivwert) |         | Blitzstoßspannung<br>1,2/50 µs<br>(Scheitelwert) |         | Schaltstoßspannung<br>250/2500 µs<br>(Scheitelwert) |         |
|---|---------|--|---------|---|---------|
| U<br>kV   | S<br>mm | U<br>kV  | S<br>mm | U<br>kV   | S<br>mm |
| 380   | 2 450   |  |         |   |         |
| 420   | 2 750   |  |         |   |         |
| 460   | 3 100   |  |         |   |         |
| 500   | 3 500   |  |         |   |         |
| 600   | 4 500   |  |         |   |         |
| 700   | 5 600   |  |         |   |         |
| 800   | 6 900   |  |         |   |         |
| 900   | 8 300   |  |         |   |         |
| 1 000   | 9 900   |  |         |   |         |

Zwischenwerte dürfen durch Interpolation gewonnen werden, eine lineare Extrapolation über die größten angegebenen Werte hinaus ist jedoch nicht zulässig.  
Für Prüfgleichspannung bis 1000 kV sind die Abstände s wie für Blitzstoßspannungen einzuhalten.  
Die Tabelle gilt nicht für hochfrequente oder andere nicht aufgeführte Spannungen.

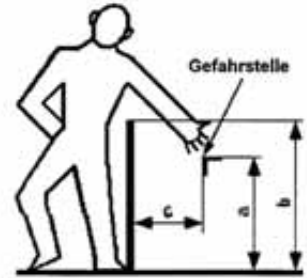
**Tabelle A.3 –** Waagerechter Abstand der Abgrenzung von der Verbotzone in Abhängigkeit von der Höhe der Abgrenzung und dem Bodenabstand der Gefahrstelle (Werte entnommen aus EN 294)

| Boden-<br>abstand der<br>Gefahrstelle<br>a<br>mm | Höhe der Kante der Schutzeinrichtung (Abgrenzung) b<br>mm                                 |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 2 400   | 2 200 | 2 000 | 1 800 | 1 600 | 1 400 | 1 200 | 1 000 |
|  | Waagerechter Abstand c der Schutzeinrichtung (Abgrenzung) von der Gefahr-<br>stelle<br>mm |       |       |       |       |       |       |       |
| 2 400  | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |
| 2 200  |   | 250   | 350   | 400   | 500   | 500   | 600   | 600   |
| 2 000  |   |       | 350   | 500   | 600   | 700   | 900   | 1100  |
| 1 800  |   |       |       | 600   | 900   | 900   | 1000  | 1100  |
| 1 600  |   |       |       | 500   | 900   | 900   | 1000  | 1300  |
| 1 400  |   |       |       | 100   | 800   | 900   | 1000  | 1300  |
| 1 200  |   |       |       |       | 500   | 900   | 1000  | 1400  |
| 1 000  |   |       |       |       | 300   | 900   | 1000  | 1400  |
| 800  |   |       |       |       |       | 600   | 900   | 1300  |
| 600  |   |       |       |       |       |       | 500   | 1200  |
| 400  |   |       |       |       |       |       | 300   | 1200  |
| 200  |   |       |       |       |       |       | 200   | 1100  |

Werte für die Kante b unter 1000 mm sind nicht aufgeführt, weil die Reichweite nicht mehr größer wird und außerdem die Gefahr des Hineinstürzens in den Prüfbereich besteht.

Bildlegende zu Tabelle A.3

- a) Abstand der Gefahrstelle vom Boden  
(Gefahrstelle ist der Punkt an der Grenze der Verbotzone mit dem kürzesten Abstand zur Kante der Schutzeinrichtung)
- b) Höhe der Kante der Schutzeinrichtung
- c) Waagerechter Abstand der Kante der Schutzeinrichtung von der Gefahrstelle



**Tabelle A.4 –** Mindestabstand von Öffnungen der Abgrenzung zur Verbotzone in Abhängigkeit von der Öffnungsweite (Werte entnommen aus EN 294, Tabelle 4)

| Öffnungsweite<br>(Durchmesser bzw.<br>Seitenlänge)<br>mm | Mindestabstand zur Verbotzone<br>mm |         |       |
|--|-------------------------------------|---------|-------|
|  | Schlitz                             | Quadrat | Kreis |
| über 4 bis 6   | 10                                  | 5       | 5     |
| über 6 bis 8   | 20                                  | 15      | 5     |
| über 8 bis 10  | 80                                  | 25      | 20    |
| über 10 bis 12   | 100                                 | 80      | 80    |
| über 12 bis 20   | 120                                 | 120     | 120   |
| über 20 bis 30   | 850                                 | 120     | 120   |
| über 30 bis 40   | 850                                 | 200     | 120   |
| über 40 bis 120  | 850                                 | 850     | 850   |

Abgrenzungen aus leitfähigen Werkstoffen müssen geerdet oder in andere Maßnahmen zum Schutz im Fehlerfall einbezogen sein.

### 3.3.3 Schutz gegen direktes Berühren

Im Sinne von 4.1.1.1 ist zum Schutze des Prüfers der Prüfaufbau durch Isolierung aktiver Teile, Abdeckungen, Gehäuse, Hindernisse oder sichere Abstände zu gewährleisten.

Der Schutz kann auch durch Einsatz einer Zweihandschaltung oder Verwendung von zwei Sicherheitsprüfspitzen erfüllt werden.



Zweihandschaltungen müssen DIN EN 574, Anforderungsstufe II oder III b entsprechen. Sind mehrere Personen mit einer Prüfung beschäftigt, muss für jeden Prüfenden eine Zweihandschaltung vorhanden und wirksam sein, bevor die Prüfspannung eingeschaltet wird.

Muss bei Prüfarbeiten unter Verwendung von Sicherheitsprüfspitzen eine zweite Person anwesend sein, um den Spannungsregler des Prüfgerätes zu bedienen, sind für die zweite Person weitere Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren erforderlich. Das Hochspannungsprüfgerät ist so anzuordnen, dass die zweite Person während der Bedienung des Spannungsreglers leitfähige Teile des Prüflings (z.B. das Gehäuse) nicht erreichen kann. Bei geringen Abständen sind z.B. isolierende Abdeckungen zu verwenden. Betriebsanweisung und Unterweisung sind entsprechend zu gestalten.

Sicherheitsprüfspitzen sind i.d.R. Bestandteil der Ausrüstung eines durch einen Hersteller bauartgeprüften Hochspannungsprüfgerätes, sie dürfen nur bestimmungsgemäß verwendet werden.

Bei anderen Ausrüstungs-Kombinationen ist gleichwertige Sicherheit gefordert, insbesondere Gleichwertigkeit bei der Adaptierung an die Spannungsquelle und dem Isolationsvermögen. Geben die Betriebsanleitungen der Geräte keine Auskunft über die Zulässigkeit eines Anbauteiles, ist Rückfrage beim Hersteller erforderlich.

### 3.3.4 Zusatzschutz

Zusatzschutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  muss vorhanden sein, wenn der Prüfstromkreis galvanisch mit dem speisenden Netz verbunden ist. Kann der Fehlerstrom Gleichstromanteile enthalten, muss eine dafür geeignete Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verwendet werden.

### 3.3.5 Schutz im Fehlerfall

Spannungsverschleppungen sind zu vermeiden oder es ist durch geeignete Maßnahmen das Bestehenbleiben von gefährlichen Spannungen zu verhindern.

Elektrische Betriebsmittel (Messeinrichtungen u. a.) sind in eine Schutzmaßnahme zum Schutz im Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren) einzubeziehen.

Dies gilt auch für die ungeschützten leitfähigen Teile von Prüfobjekten, ausgenommen, wenn diese Teile des Prüfobjektes in die Prüfung mit einbezogen werden.

Vorzugsweise sind schutzisolierte oder über Trenntransformatoren angeschlossene elektrische Betriebsmittel einzusetzen.

Ist ein Stromkreis und/oder das Gehäuse eines Mess- oder Hilfsgerätes für Netzanschluss mit aktiven Teilen des Prüfaufbaues verbunden, die Spannung gegen Erde führen können, so muss die innere Isolierung des vorgeschalteten Trenntransformators mindestens für diese Spannung bemessen sein.

### 3.3.6 Weitere Schutzmaßnahmen und Ausrüstungen

Es sind Maßnahmen

- zum Schutz gegen unbefugtes und unbeabsichtigtes Einschalten,
- zum Schutz gegen automatisches Wiedereinschalten (Spannungswiederkehr),
- zum Schutz gegen Restspannungen
- und andere Gefährdungen zu treffen.

Prüftischplatten müssen aus nichtleitfähigen Werkstoffen bestehen.

Prüfplätze ohne zwangsläufigen Berührungsschutz sind mit NOT-AUS-Einrichtungen geeigneter Anzahl zu versehen, die alle elektrischen Energien, die Gefährdungen hervorrufen können, ausschalten.

Mindestens ein NOT-AUS-Befehlsgerät muss sich außerhalb des Prüfbereiches befinden.

NOT-AUS-Befehlsgeräte und ihre Stellteile müssen so gestaltet und angeordnet sein, dass sie durch die Bedienperson und andere Personen, für die es notwendig sein kann sie zu betätigen, leicht zu erreichen und gefahrlos zu betätigen sind.

Elektrische Anschlussstellen, die nicht in den Betätigungskreis der NOT-AUS-Einrichtung einbezogen sind, müssen besonders gekennzeichnet werden.

Die Prüfplätze müssen mit Warnzeichen W08 nach BGV A8 und bei Prüfspannungen über 1 kV mit dem Zusatzschild „Hochspannung Lebensgefahr“ (gem. DIN 4448 Teil 2) gekennzeichnet sein. Die Betriebszustände und Schaltzustände sind dem Informationsbedarf und der betrieblich festzulegenden Verfahrensweise entsprechend anzuzeigen.

Zur Anzeige des Betriebszustandes „Einschaltbereit“ und „In Betrieb“ müssen mindestens rote Signalleuchten vorhanden sein. Es wird empfohlen, auch grüne Signalleuchten zur Anzeige des Zustandes „Betriebsbereit“ sinngemäß zu verwenden.



Bild 6: Hochspannungsprüfgerät

Ausstattung mit Sicherheitsprüfspitzen, Signalleuchten sind nicht angeschlossen, weil das Gerät mit Strombegrenzung (3 mA) betrieben wird.

Bei Verwendung von Prüfeinrichtungen mit Sicherheitsprüfspitzen und Prüfspannungen über 1 kV muss die Hochspannungsseite der Prüfeinrichtungen galvanisch vom speisenden Netz getrennt und einschließlich der Prüfspitzen und deren Zuleitungen gegen Erde isoliert sein. Das Prüfobjekt muss gegen Erde isoliert sein, sofern dies durchführbar ist.

### 3.3.7 Ableitstromprüfung bei Prüfaufbauten mit Prüfspannung > 1 kV

Der Effektivwert des Ableitstromes an der Hochspannungsseite der Prüfeinrichtung darf 3 mA nicht überschreiten. Dies gilt auch, wenn eine hochohmige Verbindung zwischen Hochspannungsseite und Erde hergestellt wird, z.B. zur Fixierung des Potentials eines Messgerätes.

Anmerkung: Mit Ableitstrom ist hier nicht der Ableitstrom gemeint, der üblicherweise bei der Prüfung gemäß einer Gerätenorm, als Geräte-Ableitstrom zu ermitteln ist. Hier soll der Ableitstrom ermittelt werden, der sich zwischen Prüfaufbau und Erdpotential ausbilden kann.

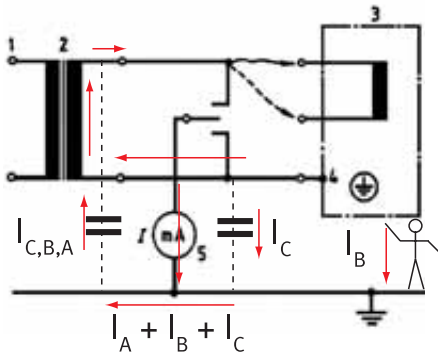


Bild 7: Schaltung zur Ableitstromprüfung

Legende:

- 1 Netz
  - 2 Hochspannungsprüfgerät
  - 3 Prüfobjekt (gegen Erde isoliert aufgestellt)
  - 4 Schutzleiter-Anschlussstelle des Prüfobjektes
  - 5 Strommesser mit einem Innenwiderstand von 2000 Ω (Ersatzwiderstand für den Prüfer, einschließlich eines etwa erforderlichen Vorwiderstandes)
- Ausgleichsströme  $I_A, I_B, I_C$  im Prüfaufbau

An Prüfobjekten, an denen der Ableitstrom 3 mA überschreitet, dürfen Prüfgeräte mit Sicherheitsprüfspitzen nicht zum Einsatz kommen.

Prüfarbeiten müssen in diesen Fällen mit anderen Mitteln in Prüffeldern (z.B. Festanschlüsse in Verbindung mit Zueihandschaltung und Abstand) oder an einem Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz, z.B. in „betretbarer Ausführung“ durchgeführt werden.

### 3.4 Prüffelder

#### 3.4.1 Abgrenzungen

An Prüffeldern mit Spannungen über 1 kV müssen die Abgrenzungen aus mindestens 1800 mm hohen Gitterwänden (Gitteröffnungen nach VDE 0104 Anhang A, Tabelle A.4) oder Vollwänden bestehen.

Bei Spannungen bis 1000 V genügen Abgrenzungen aus Seilen, Ketten oder Leisten (Ständerhöhe 1000 mm). Werden auch hier Vollwände oder Gitter verwendet, müssen sie mindestens 1000 mm hoch sein.

Leitfähige Abgrenzungen sind in die Maßnahmen zum Schutz im Fehlerfall einzubeziehen. Die Maße für die Verbotzone und den Abstand der Abgrenzungen sind nach VDE 0104 Anhang A, Tabellen A.2 – A.4 zu bestimmen.

Der Zutritt unbefugter Personen ist zu verhindern, Schlösser sind so einzurichten, dass das Verlassen der Prüffelder nicht verhindert wird (Panikschlösser).

Teilbereiche innerhalb von Prüffeldern dürfen behelfsmäßig durch Seile etc. abgegrenzt werden. Die Teilbereiche sind durch Warnzeichen zu kennzeichnen.

### 3.4.2 Kennzeichnung

Prüffelder sind mit Warnzeichen W08 nach BGV A8 zu kennzeichnen, bei Spannungen  $> 1 \text{ kV}$  mit Zusatzschild „Hochspannung Lebensgefahr“. Zugänge zu Prüffeldern sind mit dem Schild P06 gemäß der BGV A8 „Zutritt für Unbefugte verboten“ zu versehen.



Warnzeichen W08



Verbotsschild P06

Bild 8: Kennzeichnung

### 3.4.3 Rettungswege, Notausgänge

Von jeder begehbaren Stelle im Prüffeld müssen Rettungswege von maximal 35 m zu Ausgängen oder Notausgängen ins Freie oder in gleichwertig sichere Bereiche führen. Türen müssen in Fluchtrichtung öffnende Drehflügeltüren sein. Die Kennzeichnung der Rettungswege und Notausgänge ist nach BGV A8, Rettungszeichen E01 ff. auszuführen.

### 3.4.4 Betriebszustände, Schaltzustände

Betriebszustände müssen bei Spannungen  $> 1 \text{ kV}$  durch rote und grüne Signalleuchten in ausreichender Anzahl an den entsprechenden Orten (Gesamtbereich, Teilbereiche) deutlich gemacht werden.

An Prüfanlagen müssen Einrichtungen vorhanden sein, die den Schaltzustand erkennen lassen, z.B. Meldeleuchten, Stellungsanzeigen.




|                      | Zugänge zum Prüfbereich | Signal-<br>leuchten   | Signal/<br>Steuerkreise | Spannungs-<br>zuführungen | Erdung |
|----------------------|-------------------------|---|-------------------------|---------------------------|--------|
| Außer Betrieb        | Offen                   | Aus   | Aus<br>(gesichert)      | Aus<br>(gesichert)        | Ja     |
| Betriebs-<br>bereit  | Offen                   | <br>GRÜN | Ein                     | noch aus-<br>geschaltet   | Ja     |
| Einschalt-<br>bereit | Geschlossen             | <br>ROT  | Ein                     | noch aus-<br>geschaltet   | Nein   |
| In Betrieb           | Geschlossen             | <br>ROT  | Ein                     | Ein                       | Nein   |

Bild 9: Beschreibung der Betriebszustände am Beispiel einer stationären Prüfanlage mit einer Prüfspannung > 1 kV

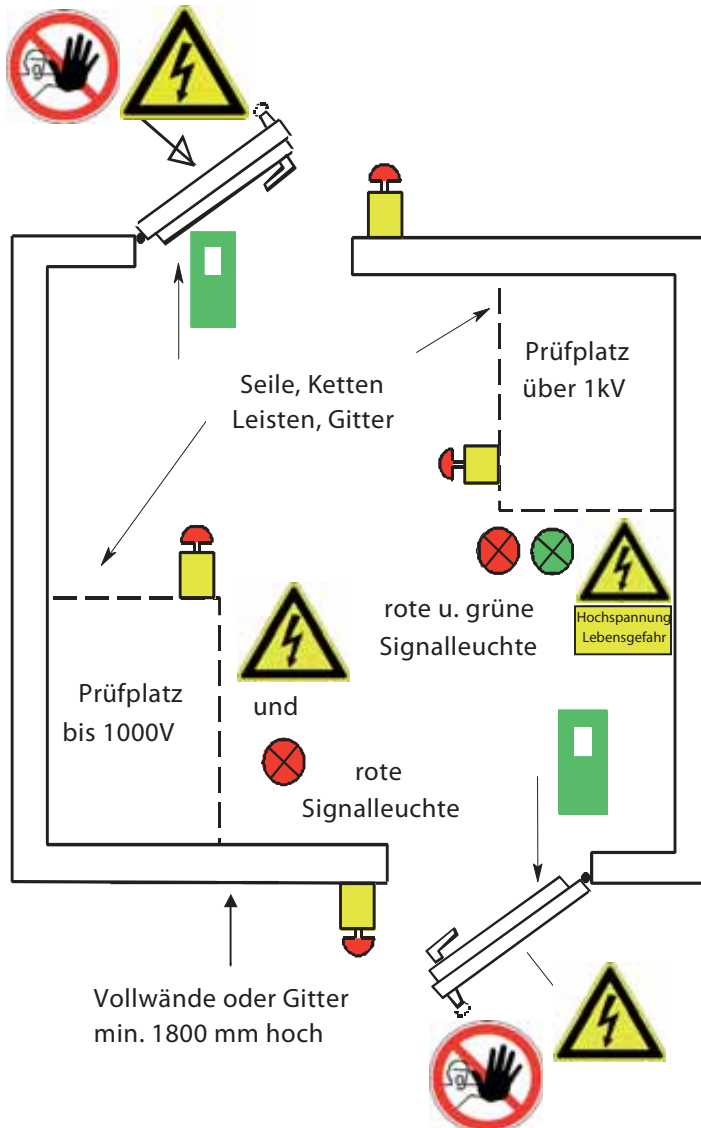


Bild 10: Prüffeld mit Prüfplätzen ohne zwangsläufigen Berührungsschutz

### 3.4.5 Ergänzende Sicherheitseinrichtungen und Schutzmaßnahmen

- Schutz gegen unbefugtes und unbeabsichtigtes Einschalten der Energieversorgung, z.B. durch abschließbare Schaltgeräte.
- Schutz gegen automatisches Einschalten der Prüfeinrichtung, z.B. bei Spannungswiederkehr nach einem Netzausfall.
- Schutz gegen Gefährdung durch andere Gefahren, z.B. Lärm, Strahlung oder Gefahrstoffe.
- NOT-AUS-Einrichtungen, die in der Lage sind, alle elektrischen Energien, die Gefährdungen hervorrufen können, auszuschalten. NOT-AUS-Befehlsgeräte innerhalb und außerhalb der Prüfanlage müssen in ausreichender Anzahl vorhanden sein.
- Einrichtungen zum gefahrlosen Entladen bei Vorhandensein von gefährlichen Restspannungen (Einrichtungen zum Erden).
- Bei möglichen kapazitiven Aufladungen oder Spannungsverschleppungen außerhalb des Gefahrenbereiches, sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von Gefährdungen bei Berührung leitfähiger Teile zu treffen.

## 3.5 Versuchsfelder

Für Versuchsfelder gelten die gleichen Sicherheitsanforderungen wie für Prüffelder. Können durch die Art des Aufbaues einzelne Maßnahmen nicht angewendet werden, ist der Schutz der Personen durch andere gleich wirksame Maßnahmen zu gewährleisten.

Genügt eine Abgrenzung des Prüfbereiches nicht den Anforderungen an Prüffelder, so kann in Abhängigkeit von der anzunehmenden Gefährdung, z.B. eine ständige Beaufsichtigung des Zuganges, als andere gleich wirksame Maßnahme angesehen werden.

In anderen Fällen könnte gegebenenfalls eine Videoüberwachung in Frage kommen.

In jedem Falle ist der Nachweis zu führen, dass die „andere“ Maßnahme die gleiche Wirksamkeit, wie die ursprünglich geforderte, aber nicht angewandte Maßnahme hat.



## 3.6 Nichtstationäre Prüfanlagen

### 3.6.1 Abgrenzung und Kennzeichnung

Nichtstationäre Prüfanlagen müssen durch Wände, Gitter, Seile, Ketten, Leisten oder dergleichen gegen den Zutritt unbefugter Personen gesichert sein.

An den Zugängen muss das Verbotsschild P06 „Zutritt für Unbefugte verboten“ nach BGV A8 angebracht sein.

Im Einzelfall können weitere Arbeitsplatzkennzeichnungen notwendig werden.



Bild 11: Beispiele weiterer Kennzeichnungen

### 3.6.2 Weitere Schutzmaßnahmen

- 3.6.2.1 Bei Spannungen über 1 kV müssen Einrichtungen oder Vorrichtungen zum Erden vorhanden sein (vergleiche VDE 0105-100 und VDE 0683-200).
- 3.6.2.2 Muss bei Prüfungen mit Spannungen über 1 kV mit kapazitiven Aufladungen auch außerhalb des Prüfbereiches gerechnet werden, ist der entsprechende Bereich für die Dauer der Prüfung zusätzlich abzugrenzen.
- 3.6.2.3 Bei Verwendung von Prüfeinrichtungen mit Sicherheitsprüfspitzen und Prüfspannungen über 1 kV bestehen die gleichen Anforderungen, wie bei Prüfplätzen ohne zwangsläufigen Berührungsschutz.

### **3.7 Prüfanlagen ohne ständige Anwesenheit von Prüfpersonal**

Bei der Errichtung dieser Prüfanlagen (z.B. für Dauerversuche) ist gemäß den Erfordernissen für Prüfplätze mit zwangsläufigem Berührungsschutz bzw. für Prüffelder zu verfahren.

An jeder Prüfanlage muss eine NOT-AUS-Einrichtung mit einer ausreichenden Anzahl von Betätigungseinrichtungen vorhanden sein.

Da bei Dauerprüfungen auch mit dem Verlust von sicherheitsrelevanten Eigenschaften eines Gerätes oder Bauteiles und/oder dem Auftreten von Fehlern gerechnet werden muss, ist die Gefährdungsermittlung besonders sorgfältig durchzuführen.

Ein selbsttätiges Wiedereinschalten der Prüfstromkreise bei Wiederkehr der Netzspannung nach einem Spannungsausfall muss verhindert werden, wenn dadurch Gefährdungen auftreten können.

# 4 Betreiben

## 4.1 Allgemeines

### 4.1.1 Leitung und Aufsicht

Prüfanlagen dürfen nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft betrieben werden.

Die Forderung nach Leitung und Aufsicht durch eine Elektrofachkraft ergibt sich aus den besonderen elektrischen Gefährdungen, die fachliche Kenntnisse und Erfahrungen notwendig machen. Unter „Leitung und Aufsicht“ ist hierbei nicht zu verstehen, dass dies die ständige Anwesenheit der Elektrofachkraft erfordert.

Die Elektrofachkraft entscheidet vielmehr in eigener Verantwortung, je nach Aufgabenstellung, Qualifikation der mit den Prüfaufgaben beauftragten Mitarbeiter und der möglichen Gefährdungen – auch unter Berücksichtigung der Höhe der Spannung, über den Grad der Aufsichtführung. Diese kann somit von einer gelegentlichen Kontrolle bis hin zur ständigen Beaufsichtigung reichen.

Bei Prüfanlagen, die mit zwangsläufigem Berührungsschutz, d.h. Berührungsschutz in IP 3X in Verbindung mit hochwertiger sicherheitstechnischer Ausstattung errichtet wurden, ist Leitung und Aufsicht durch eine Elektrofachkraft nicht erforderlich.

Die Forderung nach Aufsichtspersonen (§ 13 ArbSchG), d.h. nach Leitung und Aufsicht zur Wahrnehmung der Unternehmerpflichten auf dem Gebiet der Unfallverhütung, wird durch diese Ausnahme nicht aufgehoben.

### 4.1.2 Betriebsanweisungen

Für das Betreiben von Prüfanlagen müssen Betriebsanweisungen vorhanden sein.

Diese Betriebsanweisungen sollen alle für den konkreten Betrieb einer Anlage notwendigen Angaben enthalten, die von der Bedienerperson beachtet werden müssen (Anweisung!). Der Betrieb umfasst den Prüfaufbau, die Inbetriebnahme, den Prüfablauf und das Außerbetriebnehmen bis hin zum „gesicherten Zustand“ während des Nichtbetriebes. Durch höheren technischen Aufwand bei der Ausstattung einer Prüfanlage, kann sich der Betrieb so vereinfachen, dass sich die Bedienung auf wenige Handgriffe beschränkt, z.B. Einlegen eines Prüflings, Starten des Prüfvorganges, Entnehmen des Prüflings.

Allgemein gehaltene Betriebsanweisungen (s. Beispiel 1 Anhang 2) können formal dem Anspruch nach Vorhandensein einer Betriebsanweisung genügen und in einigen Fällen auch ausreichend sein, im Allgemeinen sind sie dies jedoch ohne zusätzliche Angaben zum Betrieb nicht. Besseres Beispiel, siehe Beispiel 2 in Anhang 2.

#### **4.1.3 Prüfen vor der Benutzung, Mängelbeseitigung**

Vor der Benutzung sind Prüfanlagen auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel zu überprüfen.

Diese Überprüfung erfordert zunächst eine Inaugenscheinnahme vor der Benutzung, schließt aber auch die Beachtung von Auffälligkeiten während des Betriebes ein.

Ein Betrieb darf nicht zugelassen werden, wenn Mängel oder Schäden festgestellt werden, die Personen gefährden können.

Die Beseitigung sicherheitsrelevanter Mängel muss sofort erfolgen. Wenn dies nicht möglich ist, darf eine mangelhafte Prüfanlage nicht „In Betrieb“ genommen werden. In Einzelfällen kann es möglich sein, dass durch die Anwendung des Prinzips: „Gleiche Sicherheit auf andere Weise“, eine Instandsetzung auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden kann.

Beispiel: Bei Beschädigung eines Türkontaktes einer Prüfanlage kann kurzfristig mit einer Überbrückung des beschädigten Kontaktes gearbeitet werden, es ist jedoch sicherzustellen, dass die Prüfanlage während des Betriebszustandes „Einschaltbereit“ und „In Betrieb“ nicht betreten werden kann, ggf. durch mechanisches Schloss, durch Sicherheitsposten bei entsprechender Beaufsichtigung und Unterweisung aller beteiligten Personen.

Zum Instandhalten dürfen nur Elektrofachkräfte eingesetzt werden.

#### **4.1.4 Wiederkehrende Prüfungen**

Sicherheitseinrichtungen sind in angemessenen Zeitabständen durch eine Elektrofachkraft auf einwandfreien Zustand und Wirksamkeit zu prüfen.

Diese Prüfungen sind zu dokumentieren.

Nach der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 sind die Zeitabstände für wiederkehrende Prüfungen an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln so zu bemessen, dass Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Überprüfung von Einrichtungen dem Erhalten des ordnungsgemäßen und damit auch des sicheren Zustandes dient.

Nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hat der Arbeitgeber die Benutzung von Arbeitsmitteln (Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Anlagen) auf der Grundlage einer Gefährdungsermittlung zu regeln.

Zitat (BetrSichV § 3 Absatz 1):

Der Arbeitgeber hat bei der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes unter Berücksichtigung der Anhänge 1 bis 5, des § 16 der Gefahrstoffverordnung und der allgemeinen Grundsätze des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln. Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden.

Zitat (BetrSichV § 3 Absatz 3 Satz 1):

Für Arbeitsmittel sind insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen zu ermitteln.

Sicherheitseinrichtungen sind als Teile von Arbeitsmitteln, entweder mit diesen gemeinsam als gesamte Funktionseinheit, oder als Teil-Funktionseinheiten separat zu prüfen (sofern dies sinnvoll erscheint).

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass angemessene Zeitabstände für die Prüfung von Sicherheitseinrichtungen solche sind, die auf einer Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung präventiver Gesichtspunkte beruhen. Konkrete zeitliche Vorgaben sind somit in die Verantwortung der Betreiber gestellt.

In technischen Regeln zu Arbeitsschutzbestimmungen können hierzu Empfehlungen getroffen werden, z.B. wie dies zur Zeit in den Durchführungsanweisungen zu § 5 BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (bisherige VBG 4) geschehen

ist. Die dort beschriebenen Fristen beruhen auf Erfahrungen aus der Unfallverhütung unter Berücksichtigung einer angemessenen Prävention.

DIN EN 50191 (VDE 0104):2001-01 enthält keine Empfehlung zu den angemessenen Zeitabständen, es ist jedoch davon auszugehen, dass der bisherige Stand der Technik, mit der Vorgabe, die Sicherheitseinrichtungen an Prüfanlagen mindestens einmal pro Jahr zu prüfen, auch zukünftig ausreichend sein wird. Nun allerdings basierend auf einer Gefährdungsbeurteilung.

Es hat sich bewährt, die Prüfungen der Sicherheitseinrichtungen anhand von Checklisten durchzuführen (Beispiel siehe Anhang). Diese haben den Vorteil, dass nichts vergessen wird. Veränderungen, Anschaffungen, Umbauten oder Außerbetriebnahmen müssen in die bestehenden Checklisten eingearbeitet werden.

Eine Checkliste soll mindestens eine Bezeichnung des zu prüfenden Gegenstandes beinhalten, belegen wer geprüft hat, wann und mit welchem Ergebnis.

Aufzeichnungen über die Prüfergebnisse geben Aufschluss, welche Mängel im Betrachtungszeitraum aufgetreten sind und liefern damit wichtige Hinweise für die Durchführung einer vorbeugenden Instandhaltung.

Werden Betriebsmittel nach durchgeführter Prüfung z.B. mit Prüfplaketten gekennzeichnet, wird dem Benutzer signalisiert, dass sich das Betriebsmittel in ordnungsgemäßem Zustand befindet. Es ist deshalb darauf zu achten, dass die Vergabe der Prüfplakette erst erfolgt, wenn etwaige Mängel behoben sind.

## **4.2 Personal**

### **4.2.1 Befähigung, Qualifizierung und Unterweisung**

In Prüfanlagen dürfen nur Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen arbeiten. Eine Unterweisung dieses Personenkreises über die Sicherheitsanforderungen, Sicherheitsvorschriften und betrieblichen Anweisungen ist vor Aufnahme der Tätigkeiten erforderlich. Danach sind bedarfsgerechte Wiederholungen der Unterweisungen vorzunehmen. Ein bestimmter zeitlicher Zyklus für wiederkehrende Unterweisungen wird in VDE 0104 nicht vorgegeben. Unterweisungen nach

BGV A1 § 4 sind unabhängig von VDE 0104 durchzuführen. Unterweisungen sind aktenkundig zu machen (Beispiel siehe Anhang).

Der Arbeitsumfang muss vor Beginn der Arbeiten beurteilt und die mit der Durchführung beauftragten Personen geeignet ausgewählt werden (s. a. DIN VDE 0105-100, „Allgemeine Grundsätze“ zum Betrieb von elektrischen Anlagen und ArbSchG § 7, „Übertragung von Aufgaben auf Beschäftigte“).

Über die Gefahren beim Arbeiten an Prüfplätzen mit Sicherheitsprüfspitzen ist das Personal besonders zu unterweisen. Sinnvollerweise betrachtet man hierzu den vorgesehenen Prüfaufbau, z.B. Einzelobjekt mit der Möglichkeit eines Körperkontaktes während der Durchführung der Prüfung, hohe Anzahl von zu prüfenden Stromkreisen mit notwendiger Prüfspannungsregelung (3. Hand/ 2. Person) und bedient sich der Betriebsanleitung des Prüfgeräteherstellers. Diese enthält Gefahrenhinweise, die u. a. auf die baulichen Eigenschaften des Prüfgerätes Bezug nehmen.

Sicherheitsprüfspitzen müssen vor jedem Arbeitsbeginn einer Sichtprüfung der Prüfspitzen und der Zuleitungen unterzogen werden.

#### **4.2.2 Aufsicht in bestimmten Prüfanlagen, Zutrittsregelungen**

In Prüffeldern, Versuchsfeldern und nichtstationären Prüfanlagen darf das Prüfpersonal nur unter der Aufsicht eines Arbeitsverantwortlichen arbeiten.

Diese Forderung entstand aus dem Gedanken heraus, dass in diesen Anlagen stets mehr als eine Person mit Prüfaufgaben beschäftigt sein wird. In diesen Fällen muss eine organisatorische Regelung getroffen werden, die eine fachkundige Führungsperson im Sinne der DIN VDE 1000-10, Ziffer 4.1 als „Verantwortliche Elektrofachkraft“ benennt und mit der Aufsichtführung in diesen Anlagen beauftragt. Diese Person wird in Anlehnung an DIN VDE 0105-100 als Arbeitsverantwortlicher bezeichnet.

Aufsicht bedeutet hier nicht, dass der Arbeitsverantwortliche das Prüfpersonal vollständig beaufsichtigt, es bedeutet jedoch, dass er am Ort des Geschehens, d.h. den o.g. Prüfanlagen anwesend ist und seinen Führungsaufgaben im Sinne der „Leitung und Aufsicht“ nachkommen kann.

Prüfanlagen dürfen nur von den darin beschäftigten Personen und solchen, die über die Gefährdungen ausreichend unterwiesen wurden, betreten werden.

Andere Personen dürfen Prüfanlagen nur in Begleitung einer Elektrofachkraft betreten. Bei Prüfanlagen mit Prüfspannungen über 1 kV ist die Zustimmung des Arbeitsverantwortlichen erforderlich.

Es geht um Personen, die aus gegebenen Anlässen eine Prüfanlage betreten sollen, z.B. Personen aus dem eigenen Betrieb, die mit Transport- oder Montage arbeiten beauftragt sind. Der Betreiber muss im Hinblick auf die vorgesehenen Tätigkeiten dieser Personen, deren fachlicher und persönlicher Qualifikation ausreichend unterweisen.

Personen von Fremdbetrieben, z.B. Reinigungspersonal, die gelegentlichen oder regelmäßigen Zutritt zu Prüfanlagen haben, können in diese Regelung „Zutritt bei ausreichender Unterweisung“ eingeschlossen werden, wenn dies im Hinblick auf die Gefährdungssituationen als möglich erscheint. Andernfalls ist Begleitung und Beaufsichtigung sicherzustellen.

Bei dem Betreten durch nicht ausreichend unterwiesene Personen, z.B. durch Kunden, wird vor dem Betreten immer eine Unterweisung mit Verhaltenshinweisen und die Begleitung durch eine Elektrofachkraft erforderlich sein.

#### **4.2.3 Besondere Sorgfaltspflichten**

Jede in elektrischen Prüfanlagen beschäftigte Person muss sich über die bestehenden Gefahren Klarheit verschaffen und ist verpflichtet, bei ihren Arbeiten Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, um sowohl sich als auch andere Personen vor Gefahren zu schützen.

Die hier beschriebene besondere Eigenverantwortlichkeit der mit Prüfaufgaben betrauten Personen setzt eine hohe fachliche Befähigung voraus. Der Unternehmer hat dies entsprechend zu würdigen, z.B. durch konkrete Vorgaben in einem Anforderungsprofil bezüglich der fachlichen und persönlichen Eignung. In diesem Anforderungsprofil sollten bereits die Maßnahmen zur Erlangung und Erhaltung der Qualifikation enthalten sein.



## 4.3 Vorbereiten von Prüfungen, Schalten in Prüfanlagen

### 4.3.1 Technische Maßnahmen

Können Gehäuse von Messgeräten oder Hilfsgeräten, die mit aktiven Teilen des Prüfaufbaus verbunden sind, Spannungen  $>25$  V AC bzw.  $>60$  V DC gegen Erde annehmen, ist vorrangig für eine ausreichende Isolierung der Gehäuse einschließlich der Bedienungselemente zu sorgen. Die Verwendung isolierender Körperschutzmittel oder isolierender Schutzvorrichtungen sind unter Berücksichtigung der DIN VDE 0105-100 und der dort beschriebenen Schutzmaßnahmen und Arbeitsmethoden möglich.

Es dürfen nur Messleitungen mit vollständigem Berührungsschutz verwendet werden.

Dies ergibt sich aus den allgemeinen Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag, da Messleitungen nicht ausschließlich nur in ausgeschaltetem und gesichertem Zustand eines Prüfaufbaues verwendet werden, bzw. dies nicht zwangsläufig sichergestellt ist.

### 4.3.2 Maßnahmen bei zusätzlichen Gefährdungen

Neben dem Schutz von Personen vor gefährlichen Spannungen in Verbindung mit Körperdurchströmung und Lichtbögen, sind weitere mögliche Gefährdungen, z.B. Lärm, Explosion, Strahlung, umherfliegende Teile, Rauche, Gase, Feuer, Gefahrstoffe, zu beachten. Gegebenenfalls sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, wenn z.B. der Schutz vor umherfliegenden Teilen durch die nach Norm ausgewählten Abgrenzungen und Umwehrungen nicht erreicht werden kann.

### 4.3.3 Pflichten des Arbeitsverantwortlichen

Der Arbeitsverantwortliche hat sich von der richtigen Ausführung seiner Anweisungen zu überzeugen, bevor eine Prüfanlage

- bei Spannungen bis 1000 V eingeschaltet wird,
- bei Spannungen  $>1$  kV „Einschaltbereit“ gemacht wird.

Diese Forderung bedeutet eine Einschränkung der freien Gestaltung der Aufsichtsführung des Arbeitsverantwortlichen. Mindestens zu diesem Zeitpunkt der bevorstehenden Schalthandlung muss er vor Ort sein und seiner Aufsichtspflicht nachkommen, d.h. prüfen, ob die für einen sicheren Betrieb notwendigen Maßnahmen getroffen sind.

Eine vergleichbare Forderung ist aus anderen Tätigkeitsbereichen mit hoher Gefährdung bekannt, z.B. bei der Bedienung von Pressen der Metallbearbeitung, mit der sog. „Einrichtkontrolle“ vor der Aufnahme des Betriebes.

Schaltsbefehle dürfen nur durch den Arbeitsverantwortlichen gegeben werden. In Prüffeldern, Versuchsfeldern und nichtstationären Prüfanlagen mit Spannungen  $>1$  kV darf nur auf Einzelanweisung des Arbeitsverantwortlichen geschaltet werden, sofern dieser nicht selbst schaltet.

Wie oben dargestellt, ist der Arbeitsverantwortliche zu diesem Zeitpunkt bereits vor Ort. Er kann nun eine Schalthandlung selbst ausführen, oder einen Schaltbefehl an eine schaltberechtigte Person geben. Mit der Übergabe einer Schaltberechtigung übergibt er in der Regel die Aufsicht über den Prüfbereich an die schaltberechtigte Person. Im Normalfall ist dies auch die Prüfperson.

Der Arbeitsverantwortliche oder die durch ihn beauftragte schaltberechtigte Person muss sicherstellen, dass außer dem Prüfenden alle anderen Personen den Prüfbereich verlassen haben, bevor die Prüfanlage

- bei Spannungen bis 1000 V eingeschaltet wird,
- bei Spannungen  $>1$  kV „Betriebsbereit“ gemacht wird.

Bei begehbaren Prüfplätzen, die unter Verzicht auf IP3X mit einer Umhausung (z.B. Gitter, Vollwand) als Berührungsschutz ausgerüstet sind, müssen alle Personen den Prüfbereich verlassen haben, bevor der Prüfplatz eingeschaltet wird.

In Prüffeldern, Versuchsfeldern und nichtstationären Prüfanlagen mit Spannungen  $>1$  kV müssen alle Personen den Prüfbereich verlassen haben, bevor die Anlage „Einschaltbereit“ gemacht wird. Der Schaltzustand der Prüfanlage muss für den Prüfenden jederzeit erkennbar sein.

Bei Verlassen der Prüfanlage ist der Betriebszustand „Außer Betrieb“ herzustellen.

Bei Dauerversuchen besteht häufig während der überwiegenden Versuchsdauer keine Aufsicht über die Prüfanlage. Dies ist zulässig, es müssen jedoch Maßnahmen getroffen werden, die sicherstellen, dass Personen durch den Prüfaufbau nicht gefährdet werden.

## 4.4 Durchführen von Prüfungen

### 4.4.1 Aufenthalt im Gefährdungsbereich

Die gleichzeitige Durchführung von Montagearbeiten und Prüfungen ist nicht zulässig, wenn dadurch Gefährdungen auftreten können. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass Prüfungen nicht begonnen werden dürfen, solange noch Montagearbeiten stattfinden. Dies gilt auch, wenn sich Personen außerhalb des Prüfbereiches (in der Nähe) aufhalten und dort bei der Durchführung von Prüfungen Gefährdungen auftreten können.

Gefährdungsbereich ist in der Norm nicht definiert, er liegt dann vor, wenn Gefährdungen bereichsabhängig auftreten können. Dies kann innerhalb und/oder außerhalb des Prüfbereiches sein.

### 4.4.2 Betreten des Prüfbereiches in Ausnahmefällen

Das Betreten des Prüfbereiches in den Betriebszuständen „Einschaltbereit“ oder „In Betrieb“ darf nur in Ausnahmefällen durch eine Elektrofachkraft geschehen, wenn

- Maßnahmen getroffen sind, die sicherstellen, dass die Verbotszone nicht erreicht werden kann,
- weitere Maßnahmen im Sinne von DIN VDE 0105-100 getroffen werden, z.B. zur Sicherheit eine weitere mindestens elektrotechnisch unterwiesene Person, die mit der Beobachtung der Handlungen der Elektrofachkraft, und der Möglichkeit zum Eingreifen (NOT-AUS) bei Auftreten von Gefahr beauftragt wird. Der Fall „Eingreifen erforderlich“, muss eindeutig geregelt und angewiesen werden.
- Arbeiten in der Verbotszone sind als „Arbeiten unter Spannung“ anzusehen, sie müssen unter Berücksichtigung der DIN VDE 0105-100 Ziff. 6.3 (Arbeiten unter Spannung) durchgeführt werden.

### 4.4.3 Beachtung der Möglichkeit des Auftretens von Fehlern

Bei Prüfungen können im Fehlerfall auch betriebsmäßig nicht unter Spannung stehende Teile des Prüfobjektes oder der Prüfanlage gefährliche Spannungen annehmen. Treten hierdurch Gefährdungen auf, z.B. bei Aufenthalt im Prüfbereich, müssen geeignete Schutz- und Hilfsmittel verwendet (DIN VDE 0105-100) werden.

Hier sei noch einmal an die allgemeinen Anforderungen an die Gestaltung des Prüfaufbaues erinnert, die verlangen, dass eine Schutzmaßnahme zum Schutz im Fehlerfall (Schutz bei indirektem Berühren) zur Anwendung kommt. Hierbei sind auch fremde leitfähige Teile, bis hin zu leitfähigen Abgrenzungen, in die Maßnahme zum Schutz im Fehlerfall einzubeziehen.

Diese Forderung wurde aufgenommen, um der nahe liegenden Möglichkeit eines ungewissen Ablaufes einer elektrischen Prüfung, mit Gefährdungen auch im Bereich der nichtaktiven Teile eines Prüfaufbaues und dessen Umgebung, Rechnung zu tragen.

Das Betreten eines Prüfbereiches ist bereits als Ausnahmefall mit dem Hinweis auf die Anwendung von Maßnahmen gemäß DIN VDE 0105-100 geregelt.

Sollen darüber hinaus Arbeiten an nichtaktiven Teilen eines Prüfaufbaues, d.h. eben innerhalb des Prüfbereiches durchgeführt werden, kann dies nur mit erneutem Hinweis auf die Beachtung von Fehlerquellen und die Berücksichtigung der Norm DIN VDE 0105-100 geschehen.

Vor der Auswahl der gegebenenfalls vorzusehenden Schutz- und Hilfsmittel muss eine Gefährdungsermittlung durchgeführt werden.

#### **4.4.4 Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz, 2. Person**

An einem Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz muss während der Betriebszustände „Einschaltbereit“ und „In Betrieb“, zur Sicherheit wenigstens eine weitere Person mit Sicht- und Hörverbindung zum Prüfenden anwesend und in der Lage sein, etwaige Gefahrenzustände am Prüfplatz unverzüglich zu erkennen und die Gefahr durch Betätigen der NOT-AUS-Einrichtung zu beseitigen.

Die Forderung nach Anwesenheit einer weiteren Person lässt nach berufsgenossenschaftlicher Auffassung zu, dass diese 2. Person mit anderen Aufgaben beschäftigt ist. Es sind allerdings gewisse qualitative Anforderungen (fachliche und persönliche Eignung) an diese 2. Person zu stellen, dass diese in die Lage versetzt wird, Gefahrenzustände (unverzüglich) zu erkennen und unverzüglich zu beseitigen.

Immerhin erfordert dies neben einer entsprechenden allgemeinen Unterweisung auch konkrete Absprachen bezüglich des Vorliegens eines „Eingreifsachverhaltes“ vor Beginn der Durchführung der Prüfarbeiten, z.B. auch unter Anwendung technischer Maßnahmen (ortsveränderliche NOT-AUS-Betätigungseinrichtungen, Reißleine usw.).

Die Möglichkeit, dass eine 2. Person anwesend ist, bietet sich nicht in allen Fällen. Bei einem allein arbeitenden Unternehmer, der in seinem Handwerksbetrieb gelegentlich oder auch regelmäßig einen Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz betreibt, ist diese Forderung nicht umsetzbar. Sobald dieser Handwerker jedoch einen Mitarbeiter beschäftigt, der örtlich anwesend ist, kann die Regelung angewendet werden, z.B.:

der Unternehmer ist Prüfperson → Anwesenheit der 2. Person zu seinem eigenen Schutz

der Mitarbeiter ist Prüfperson → Erfüllung der unternehmerischen Fürsorgepflichten zum Schutz des Mitarbeiters erfordert die Anwesenheit einer 2. Person

#### 4.4.5 Maßnahmen bei nichtstationären Prüfanlagen

Befinden sich nichtstationäre Prüfanlagen neben allgemein zugänglichen Bereichen und sind von diesen nur mit Seilen, Ketten oder Leisten abgegrenzt, so erfordert dies zusätzliche Maßnahmen:

- Der gesamte Prüfaufbau muss während der Prüfung überwacht werden. Wenn dies durch den Prüfenden allein nicht möglich ist, ist eine ausreichende Anzahl von mindesten elektrotechnisch unterwiesenen Personen, zur Überwachung des gesamten Prüfbereiches erforderlich. Diese müssen bei Gefahr sofort eingreifen (NOT-AUS) können.
- Bei Prüfaufbauten mit mehreren örtlich getrennten Prüfbereichen, z.B. bei der Prüfung verlegter Kabel, sind für jeden Prüfbereich Warnposten erforderlich. Die Verständigung mit dem Arbeitsverantwortlichen ist sicherzustellen.

#### 4.4.6 Maßnahmen nach Beendigung von Prüfungen

Nach Beendigung von Prüfungen ist vor dem Berühren der abgeschalteten Prüfbjekte dafür zu sorgen, dass an berührbaren Teilen keine gefährlichen Spannungen vorhanden sind (Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes, Erden und Kurzschließen, ggf. technische Maßnahmen mit Entladeschaltungen und Zuhaltungen).

Anmerkung: Bei Erdungsmaßnahmen ist zu beachten, dass diese wirksam sein müssen.

Bei Erdungseinrichtungen mit Hubmagnet, die bei eingeschaltetem Stromkreis einen entsprechenden Kontaktbügel heben und bei ausgeschaltetem Stromkreis diesen Kontaktbügel absenken, bis sich dieser infolge seines Eigengewichtes auf einen Erdungskontakt legt, kann nicht von sicher wirkender Erdung/ Entladung ausgegangen werden.

# Anhang 1

## Vorschriften und Regeln

### Unfallverhütungsvorschriften

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>BGV A1</b>                     | Grundsätze der Prävention                                       |
| <b>BGV A3</b> (bisherige VBG 4)   | Elektrische Anlagen und Betriebsmittel                          |
| <b>BGV A8</b> (bisherige VBG 125) | Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz |

### Gesetze und Verordnungen:

|                  |                                      |
|------------------|--------------------------------------|
| <b>ArbSchG</b>   | Arbeitsschutzgesetz                  |
| <b>BetrSichV</b> | Betriebssicherheitsverordnung        |
| <b>GPSG</b>      | Geräte- und Produktsicherheitsgesetz |
| <b>ArbStättV</b> | Arbeitsstättenverordnung             |

### Technische Regeln und Merkblätter:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>VDE 0100</b>           | Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt  |
| <b>VDE 0101</b>           | Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV   |
| <b>VDE 0104</b>           | Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen  |
| <b>VDE 0105-100</b>       | Betrieb von elektrischen Anlagen  |
| <b>VDE 0702</b>           | Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten  |
| <b>VDE 0683-200</b>       | Arbeiten unter Spannung <ul style="list-style-type: none"><li>• Erdungs- oder Erdungs- und Kurzschließvorrichtung mit Stäben als kurzschließendes Gerät, Staberdung</li></ul> |
| <b>DIN EN ISO 12100-1</b> | Sicherheit von Maschinen <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie</li></ul> |
| <b>DIN EN 954-1</b>       | Sicherheit von Maschinen;<br>Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen;<br>Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze  |
| <b>VDE 0470-1</b>         | Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)   |
| <b>BGI 818</b>            | Sicherheitstechnische Anforderungen an Handgelenkserdung  |
| <b>BGI 575</b>            | Merkblatt für die Auswahl und Anbringung elektromechanischer Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen   |

**BGI 891**

**BGI 670**

Merkblatt für die Auswahl und Anbringung von Näherungsschaltern in Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen



# Anhang 2

## Beispielsammlung Prüfanlagen



Bild 1: Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz durch Verwendung einer Sicherheitslichtschranke



Bild 2: Funktionskontrolle der Sicherheitslichtschranke mittels Prüfstab



Bild 3: Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz, vollständiger Berührungsschutz durch Gehäuse mit beweglicher Verdeckung, elektromechanische Verriegelung mit Stellungsüberwachung  
(hier: Endschalter mit Personenschutzfunktion)



Bild 4: Prüfplatz mit zwangsläufigem Berührungsschutz, mechanische Verriegelung der Schutzhaube. Der Handhebel, der die Haube in Schutzstellung mechanisch verriegelt, ist mit Schaltkontakten belegt, die in den EIN- und AUS-Schaltvorgang integriert sind.



Bild 5: Durch Ausziehband abgegrenzter Prüfbereich für einen Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz



Bild 6: Prüfarbeiten unter Verwendung von Sicherheitsprüfspitzen



Bild 7: Motorenprüffeld



Bild 8: Prüffeld, Wiederholungsprüfung an einem Spannungsprüfer, Abrolltest. Abgrenzung durch Seil und Polykarbonatscheibe, Absaugung (Ozon!)





Bild 9: Zugang zu einem Dauerversuchsraum, Kennzeichnung der Zugangstüre, Zugang mittels codierter Türverriegelung nur für befugtes Personal



Bild 10: Dauerversuch in abgeschlossenem Raum, das Prüffregal liegt seitlich zum Hauptverkehrsweg. Berührungsschutz ist ausreichend, zufälliges oder unbeabsichtigtes Berühren ist durch Anordnung und Wahl der Anschlussmittel verhindert.

# Anhang 3

## Beispiel 1: Betriebsanweisung für einen Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz

Firma: BGFE GmbH

Arbeitsbereich Instandhaltung

Betriebsanweisung

Bearbeiter: Jy

Verantwortlich: \_\_\_\_\_

Elektrischer Prüfplatz

Stand: 07.03

Unterschrift

### Anwendungsgebiete

Prüfplatz ohne zwangsläufigen Berührungsschutz mit Spannungen bis 1000 V ~

Spannungen berührbarer Teile • 25 V ~ oder 60 V =;

Ströme > 3 mA~ oder 12 mA =

### Gefährdungen

Gefährliche Körperdurchströmung

Lichtbogenbildung

### Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

- Unter Spannung stehende Teile soweit als möglich berührungssicher abdecken
- Prüfaufbau übersichtlich gestalten
- Messleitungen mit Berührungsschutz verwenden
- Werkzeuge, Messleitungen und sonstige Prüfmittel vor der Benutzung einer Sichtprüfung unterziehen; beschädigte Einrichtungen der Benutzung entziehen
- Prüfling am Trenntransformator anschließen
- Not-Aus-Einrichtung durch Betätigen der Befehlsgeräte vor Arbeitsbeginn prüfen
- Sicherstellen, dass sich keine unbefugten Personen im Prüfbereich aufhalten
- Prüfungen nur durchführen, wenn außerhalb des Prüfbereichs eine zweite Person mit Sicht- und Hörverbindung anwesend ist
- Prüfplatz während der Prüfung nicht verlassen, bei Verlassen ausschalten
- Restspannungen an dem Prüfobjekt, z.B. durch Kapazitäten, sind nach Beendigung der Prüfung über einen geeigneten Widerstand in Verbindung mit isolierten Leitungen und/oder Werkzeugen abzubauen
- Flucht- und Rettungswege freihalten, Flucht- und Rettungsplan beachten

### Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe

- Prüfanlage freischalten, z.B. durch Betätigen der Not-Aus-Einrichtung
- Rettungskette einleiten: Notruf: \_\_\_\_\_ Ersthelfer: Name/Rufnummer
- Erste Hilfe-Maßnahmen, z.B. Herz-Lungen-Wiederbelebung, durchführen
- Bei Unfällen mit Stromeinwirkung in ärztliche Betreuung begeben

**Beispiel 2: Betriebsanweisung für eine Hochspannungsprüfanlage**

Hochspannungsprüfgerät XYZ-001

Betriebsanweisung für die Kontrolle des Abschaltstromes des Gerätes

Vor und nach jeder Benutzung des Hochspannungsprüfgerätes ist eine Kontrolle des Abschaltstromes durchzuführen.

Prüfberechtigtes Personal: Herr P. M.  
Herr H. B.

Vorgehensweise:

- Prüfanlage mit Schlüsselschalter S 1 einschalten
- Funktionsschalter mit Schlüsselschalter S5 auf „Prüfen“ stellen
- Mit Leucht-Taster S3/H3 oder Fußschalter Hochspannung einschalten
- Codierschalter R3 auf „01,0“ = 1mA Abschaltstrom stellen
- Spannung mit Potentiometer R2 auf 1 KV einstellen
- Mit Prüfpistolen auf rechte Buchsen (1000 V) des Prüfadapters Spannung geben
  - + Schalterstellung „1mA halten“ >>>> es darf keine Abschaltung erfolgen
  - + Schalterstellung „> 1mA auslösen“ >>>> es muss eine Abschaltung erfolgen
- Codierschalter auf „10,0“ – 10mA Abschaltstrom stellen
- Mit Prüfpistolen auf linke Buchsen (1000 V) des Prüfadapters Spannung geben
  - \* Schalterstellung „10mA halten“ >>>> es darf keine Abschaltung erfolgen
  - \* Schalterstellung „> 10mA auslösen“>>>> es muss eine Abschaltung erfolgen

Die Durchführung der Kontrolle ist in der Tabelle (s. Anlage) zu dokumentieren.

Am Prüfadapter befinden sich rechts und links je zwei Buchsen, die mit einem Kurzschlussstecker versehen sind. Diese dienen zur externen Stromkontrolle für das Kalibrierpersonal.

Hinweis: Es liegt eine Bedienungsanleitung vom Hersteller bei der Anlage, diese hat dort zu verbleiben!

Anlage: Tabelle und Betriebsanleitung des Herstellers

Stand: 12.12.03/FM



# Anhang 5

Beispiel für eine Checkliste: Regelmäßige Überprüfung von Sicherheitseinrichtungen  
 Regelmäßige Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen des Hochspannungsprüffeldes

## Regelmäßige Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen des Hochspannungsprüffeldes

| 1,6-MV-Stoßspannungsgenerator |            |            |           |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|
| Einrichtung                   | in Ordnung | mangelhaft | Bemerkung |
| NOT-AUS Pult                  |            |            |           |
| autom. Erde Ladegruppe        |            |            |           |
| Handerde Ladegruppe           |            |            |           |
| Handerde Teiler               |            |            |           |
| Meldeleuchten Pult            |            |            |           |

| 700 kV - Prüftransformator |            |            |           |
|----------------------------|------------|------------|-----------|
| Einrichtung                | in Ordnung | mangelhaft | Bemerkung |
| Handerde 700 kV - Trafo    |            |            |           |
| NOT-AUS Trafopult          |            |            |           |
| NOT-AUS Meßpult            |            |            |           |
| NOT-AUS ortsveränderlich   |            |            |           |
| Meldeleuchten Trafopult    |            |            |           |

| Hochspannungshalle      |            |            |           |
|-------------------------|------------|------------|-----------|
| Einrichtung             | in Ordnung | mangelhaft | Bemerkung |
| Signalleuchten Warte    |            |            |           |
| Signalleuchten B.-Raum  |            |            |           |
| Endschalter Tür Warte   |            |            |           |
| Endschalter Tür B.-Raum |            |            |           |
| NOT-AUS Bühne           |            |            |           |
| NOT-AUS Halle           |            |            |           |

Prüfung durchgeführt am: .....

Prüfer: .....



**Berufsgenossenschaft  
Energie Textil Elektro  
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130  
50968 Köln  
Telefon 0221 3778-0  
Telefax 0221 3778-1199  
[www.bgetem.de](http://www.bgetem.de)

Bestell-Nr. DGUV Information 203-034

**Bestellungen:**

Hauptverwaltung Köln  
[www.bgetem.de](http://www.bgetem.de), Webcode: 11205644  
Telefon: 02 21 / 37 78 - 10 20  
Telefax: 02 21 / 37 78 - 10 21  
E-Mail: [versand@bgetem.de](mailto:versand@bgetem.de)