

Sicherheit in Elektro-Ausbildungsstätten

Leitungen, Mess-/Prüfgeräte, Versuchsdurchführung, Prüfungen

R. Heuchel, Fröndenberg-Ostbüren

In Elektro-Ausbildungsstätten ist ein vollständiger Berührungsschutz auf Grund der Geräteanordnung und des Übungsaufbaus nicht immer sichergestellt. Es besteht somit eine erhöhte Gefährdung durch elektrischen Schlag. Die Gewähr für die notwendige Arbeitssicherheit bietet jedoch nur eine vorschriftsmäßig eingerichtete und betriebene Elektro-Ausbildungsstätte. In Fortführung von [1] werden nachfolgend technische und organisatorische Maßnahmen dargelegt, um eine ordnungsgemäße und sichere Durchführung von Übungen und Experimentierarbeiten zu gewährleisten.

4 Verwendung einpoliger Experimentierleitungen

Experimentierleitungen dienen dem Verbinden oder Anschließen des Übungs-/Versuchsaufbaus und gehören nach dem „fliegenden“ Aufbau zur elektrischen Anlage.

4.1 Fehlender Berührungsschutz

Stecker an vorhandenen einpoligen Experimentierleitungen ohne berührungssichere Eigenschaften, beispielsweise die früher üblichen so genannten „**Bananenstecker**“, sind weder finger- noch handrückensicher im Sinne der Norm VDE 0660 Teil 514.

Diese dürfen bei bestimmungsgemäßer Verwendung – unter elektrischer Spannung stehend – nicht gesteckt oder getrennt werden. Das heißt, alle nicht nach VDE 0411 hergestellten Anlagenteile und Geräte dürfen während des Betriebs der Anlage nicht berührt werden!

Die Benutzung derartiger Ausführungen innerhalb des Übungs- oder Versuchsaufbaus ist zwar zulässig, jedoch für Spannungen über AC 25 V oder DC 60 V grundsätzlich nicht mehr zu empfehlen. Sie entsprechen nicht mehr dem heutigen technischen Stand.

Dieses gilt auch für die immer noch gebräuchlichen, als so genannte „**Krokodil- oder Alligatorklemmen**“ ausgeführten Abgreifklemmen für mehrdrähtige Aderleitungen.

Die seinerzeit gebräuchlichen, als **Büschel- oder Federkontakt** ausgebildeten Kontaktstellen von Steckverbindern, sind inzwischen gleichermaßen nicht mehr zeitgemäß.

Es werden auch **Schiebehülsenstecker** an Experimentierleitungen offeriert, welche in früher übliche 4-mm-Buchsen gesteckt werden können, die keine Sicherheits-Steckverbinder

mit starren Isolierhülsen aufnehmen (Bild 8 a). Derartige Ausführungen dürfen bei handgehaltener Anwendung keinen berührungsgefährlichen Spannungen ausgesetzt werden. Nachteilig bei Schiebehülsensteckern ist allerdings, dass die Federkraft nachlassen kann, wenn die Stecker längere Zeit im gesteckten bzw. kontaktierten Zustand verbleiben.

Die Folge ist, dass nach dem Ziehen, bedingt durch den fehlenden Anpressdruck der innen liegenden Feder, das Kontaktteil des Steckers nicht mehr von der Schutzhülse umhüllt wird.

Dann sind aktive Teile berührbar! Von einer Verwendung muss daher aus Gründen des Sicherheitsrisikos abgeraten werden.

Mit den im Handel angebotenen **Übergangssteckverbindern** (Bild 8 b) können herkömmliche und früher übliche 4-mm-Buchsen zu Sicherheitsbuchsen umfunktioniert werden. Allerdings besteht ein Risiko in der nicht immer ausreichenden mechanischen Festigkeit. Die Verspreizung an der Kontaktfläche, die zugleich Befestigungsfläche ist, kann nach mehrmaliger Kontaktierung – bei den auftretenden Zugbeanspruchungen – aus der Buchse rutschen. Dann besteht eine Stromgefährdung.

Darum sind derartige Hilfsmittel nicht sicher und sollten nur eingesetzt werden, wenn es unumgänglich ist. Jedoch ist dann eine Überprüfung auf ordnungsgemäßen Zustand in kurzen Zeitabständen durch Sichtprüfung und Handprobe erforderlich (Gefährdungsbeurteilung durchführen!).

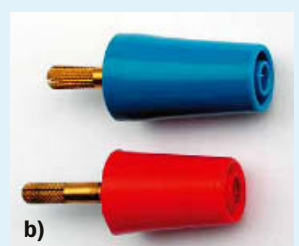
4.2 Normengerechte Ausführungen

Geeignete Sicherheits-Experimentierleitungen zeichnen sich durch die heute üblichen Kontaktlamellen-Steckverbinder mit starren Isolierhülsen aus. Diese sind bis zur Messkategorie (bisher Überspannungskategorie) III (CAT III) bei Bemessungsspannungen bis AC 600 V verfügbar (Bild 8 c).

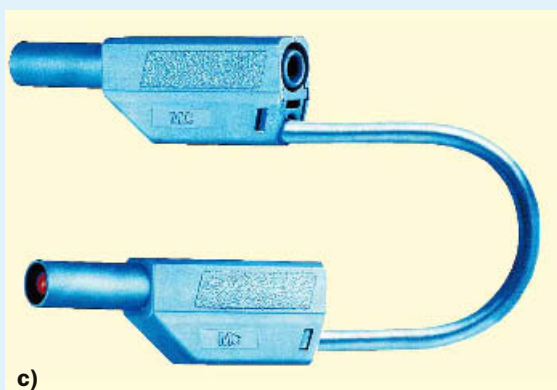
Eine Anpassung auf das dem heutigen Normenwerk entsprechende System liegt hier-



a)



b)



c)



d)

8 Stecker für einpolige Experimentierleitungen Bedenkliche Ausführungen:

- a) Schiebehülsenstecker
- b) Übergangssteckverbinder zur Anpassung herkömmlicher 4-mm-Buchsen

Berührungsgeschützte Ausführungen:

- c) Experimentierleitung mit Sicherheits-Steckverbinder der Messkategorie CAT III
- d) Klemmverbinder zur Aufnahme von mehrdrähtigen Leitern, deren Kontaktierung über eine per Drucktaste zu entriegelnde Trompetenöffnung erfolgt

Autor

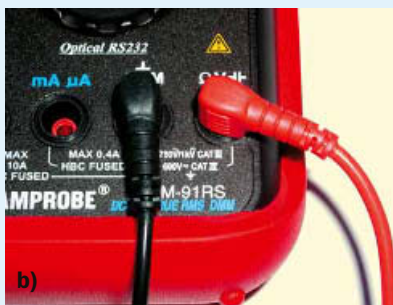
Rüdiger H. F. Heuchel ist technischer Angestellter der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft, Dortmund.



9 2-poliger Spannungsprüfer – geeignet zum Feststellen der Spannungsfreiheit



a)



b)

10 Sicherheit von Messgeräten

- a) Sicherheitsrisiko durch früher übliche Steckverbindung
- b) Messkategorie CAT III, geeignet für handgehaltene Benutzung

bei allerdings im Ermessen des Anlagenverantwortlichen. Auf die durchzuführende Gefährdungsbeurteilung sei in dem Zusammenhang noch einmal hingewiesen.

Experimentierleitungen sollten auf jeden Fall mit berührungssicheren Sicherheitssteckern versehen sein, zumal in VDE 0105 Teil 12 die Forderung nach berührungssicheren Steckbuchsen enthalten ist.

Im Handel wird bereits seit einigen Jahren berührungssicheres „handgehaltene Messzubehör“ („handheld“) angeboten. Bei solchen Ausführungen sind die Spannung führenden Kontaktteile durch eine Isolierstoff-Schutzhülse umhüllt und dadurch weder im gesteckten, noch im ungesteckten Zustand berührbar.

Passend zu solchen Systemen werden auch Klemmverbinder für die Aufnahme mehrdrähtiger Leiter, als Ersatz für die „Krokodil- oder Alligatorklemmen“ angeboten (Bild 3 d).

Einpolige Anschlussstellen der elektrischen Anlage und Betriebsmittel sollten grundsätzlich den Anforderungen an berührungssichere Steckbuchsen genügen und fest eingebaut sein.

Von großer Wichtigkeit ist auch, dass eine Vertauschung von Experimentierleitungen wirksam verhindert werden muss. Ein weiterer Grund, nur Sicherheits-Steckverbinder zu benutzen, besteht darin, dass diese nicht in Netzsteckdosen gesteckt werden können, was bei ggf. noch vorhandenen „Bananen-“ und Schiebehülstensteckern möglich ist (Gefährdungsbeurteilung durchführen!).

Für Schuko-Netzsteckdosen ist es empfehlenswert, sogenannte „Baby- oder Kindersicherungen“ einzusetzen.

5 Arbeiten mit Mess- und Prüfgeräten

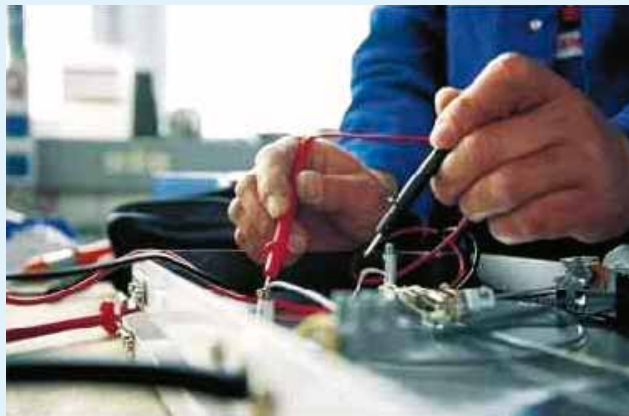
Bei der Fehlbedienung/-schaltung elektrischer Messgeräte ist eine Gefährdung durch Lichtbogenbildung gegeben. Im Gegensatz zu zweipoligen Spannungsprüfern (Bild 9), die zum Feststellen der Spannungsfreiheit eingesetzt werden, verfügen Multimeter über eine Messbereichsvielfalt, die zu Fehlhandlungen führen kann. Hier ist eine sorgfältige Bedienung erforderlich.

Vor dem Einschalten der Stromversorgung ist bei Multimetern unbedingt darauf zu achten, dass der richtige Messbereich ausgewählt und eingestellt wurde. Bei falscher Messbereichsauswahl, z. B. Spannungsmessung im Strommessbereich, können Kurzschlussströme in der Größenordnung bis etwa 10 kA auftreten. Deshalb ist das Feststellen der Spannungsfreiheit mit einem Vielfachmessgeräte in energiereichen Anlagen nicht zugelassen. Ebenfalls unzulässig sind einpolige Spannungssucher (Phasenprüfer) mit Glühlampe. Zum Feststellen der Spannungsfreiheit sind ausschließlich 2-polige Spannungsprüfer geeignet.

Mess- und Prüfgeräte, ob alt oder neu (Bild 10), die nicht mit Sicherheitsbuchsen ausgerüstet wurden, sind zwar erlaubt, sie sind allerdings nur als Geräte der elektrischen Anlage und somit als feste Bestandteile innerhalb des Versuchs- bzw. Übungsaufbaus zulässig. Als handgehaltene Betriebsmittel dürfen derartige Ausführungen nicht betrieben werden. Das bedeutet, alle nicht nach VDE 0411 hergestellten Betriebsmittel dürfen während des Betriebs nicht berührt werden. Sie



① Berührungssichere Messleitung – der transparente und arretierte Schutzkragen an der Prüfspitze wird durch Tastendruck entriegelt



⑫ Nach Messungen zur Störungssuche sind die fünf Sicherheitsregeln unbedingt zu beachten

fallen unter die fünf Sicherheitsregeln. Eine Ausnahme bildet die Messbereichsumschaltung. Dann muss allerdings der Schalter berührungssicher sein und das Schalterumfeld mindestens einen teilweisen Berührungsschutz aufweisen.

Bei Sicherheits-Messleitungen sind die Abgreifer, z. B. Tast- oder Klemmprüfspitzen, mit Griffschutzkragen und Griffbereichsmarkierungen versehen. Damit kann sicher und normgerecht bis Messkategorie III (CAT III) bei Bemessungsspannungen bis AC 600 V kontaktiert werden (Bild ①). Die Messkategorien (bisher Überspannungskategorien) berücksichtigen Eigenschaften wie Kurzschlussströme, Leistungen und zu erwartende Transienten.

Weiterhin zu beachten ist:

- Bei Messungen in Hauptstrom-/Leistungskreisen sollten ausschließlich Abgreifer mit integrierten Hochleistungssicherungen benutzt werden.
- Das An- und Abklemmen von fest angeschlossenen Messleitungen im Übungs-/Versuchsaufbau darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen. Eine Ausnahme bildet das Heranführen von Prüfspitzen und Strommesszangen.
- Der Aufbau einer Messeinrichtung erfolgt zuerst am Messgerät und zuletzt an der Spannungsquelle, also vom niedrigen zum hohen Potential. Der Abbau erfolgt sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge.

6 Durchführung von Übungen/Versuchen

6.1 Einweisung und Sicherheitsunterweisung

Vor dem ersten Üben von Auszubildenden/Teilnehmer ist eine intensive Einweisung und Sicherheitsunterweisung über

- die Gefahren des elektrischen Stroms und
- über das sicherheitsgerechte Verhalten bei der Verrichtung von elektrotechnischen Arbeiten vorzunehmen.

Die Durchführung der Unterweisung ist zu dokumentieren, wobei die Anwesenden ihre Teilnahme schriftlich bestätigen. Treten beim Experimentieren Gefahren auf, die für die Auszubildenden nicht ohne weiteres erkennbar sind, ist darauf besonders hinzuweisen.

Von herausragender Bedeutung ist die Unterweisung über zu treffende Maßnahmen im Gefahrenfall, beispielsweise hinsichtlich der Anordnung und Wirksamkeit von vorhandenen Not-Aus-Einrichtungen.

6.2 Inbetriebnahme

Das Freischalten der Stromkreise und das Inbetriebnehmen der Experimentiertische mit den dort befindlichen Versuchsaufbauten, Steckübungen oder Verdrahtungen darf erst erfolgen, wenn

- keine Gefährdungen bestehen und
- eine Überprüfung durch den Anlagenverantwortlichen – in der Regel ein Ausbilder – stattgefunden hat.

Erforderlichenfalls sind weitere technische, organisatorische oder persönliche Sicherheitsmaßnahmen festzulegen und durchzuführen. Der Übungsaufbau darf nach Anlegen der Betriebsspannung nicht mehr berührt werden.

6.3 Durchführen von Übungen/Versuchen

Folgende Festlegungen sind beim Durchführen von Übungen/Versuchen unbedingt zu beachten:

- Bei Übungen mit berührungsgefährlichen Spannungen muss der Ausbilder im Unterrichtsraum anwesend sein und die Lernenden ständig beaufsichtigen. Kann der Ausbilder den Übungs-/Experimentierbetrieb nicht ausreichend überblicken, sind weitere

Aufsicht führende – elektrotechnisch unterwiesene – Personen hinzuzuziehen.

- Beim Experimentieren ist nur das Heranführen geeigneter Mess-, Prüf- und Justiereinrichtungen an berührungsgefährliche Teile erlaubt – auch zur Fehlersuche (Bild ⑫). Spannungsprüfer sind unmittelbar vor der Benutzung auf einwandfreie Funktion zu prüfen.
- Vor jeder Veränderung der Versuchsanordnung und zur Fehlerkorrektur ist die Spannung abzuschalten. Veränderungen fallen unter die fünf Sicherheitsregeln.
- Sicherungen ohne Berührungsschutz dürfen nur im spannungsfreien Zustand gewechselt werden.
- Akkumulatoren an Experimentiereinrichtungen dürfen nur an oder abgeklemmt werden.

NORMENÄNDERUNG

Im Nachgang zu Teil 1 dieses Beitrags [1] ist auf Veränderungen im Normenwerk hinzuweisen. Zeitgleich mit dem Erscheinen des Beitrags wurde VDE 0100-723: 2005-06 mit geänderten Festlegungen in Kraft gesetzt.

Wesentliche Änderungen gegenüber der Fassung 1990-11 sind:

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) müssen dem Typ B zum Schutz bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen, pulsierenden Gleichfehlerströmen und glatten Gleichfehlerströmen in Wechselspannungsnetzen entsprechen.

Kennzeichnung: 

- Bei der Versorgung durch IT-Systeme darf grundsätzlich auf eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung verzichtet werden. Die erforderliche Isolationsüberwachungseinrichtung muss beim ersten Fehler (Ansprechwert = 50 kΩ) abschalten.
- An Stelle der Isolierung, Abdeckung oder Umhüllung von berührbaren fremden leitfähigen Teilen, sind diese über einen zusätzlichen örtlichen Potentialausgleich miteinander und mit dem Schutzleiter (PE) der Stromversorgung zu verbinden. Der Mindestquerschnitt der Potentialausgleichsleiter beträgt 4 mm² Kupfer.

den, wenn zu diesem Zeitpunkt kein Strom fließt.

- Kondensatoren, die für Experimente verwendet werden, sind vor und nach dem Versuch zu entladen (vierte Sicherheitsregel beachten).

Bei Elektrolyt-Kondensatoren ist auf die richtige Polung zu achten – keine zu hohe Spannung anlegen, da sonst die Isolierschicht zerstört werden kann und Explosionsgefahr besteht.

- Während des Experimentierens müssen die Zugänge zu Schalt- und Verteilungsanlagen von Gegenständen frei bleiben.
- Bedienteile für Not-Aus-Einrichtungen sowie die Einrichtungen zur Brandbekämpfung müssen ständig zugänglich sein.

Werden Mängel oder Schäden festgestellt, ist das Experimentieren sofort zu unterbrechen.

6.4 Außerbetriebnahme

Die Energieversorgung ist nach Beendigung der Übung oder bei Auftreten unvorhersehbarer Gefahren, z. B. Lichtausfall, Ausbruch eines Brandes, abzuschalten. Der Abbau von Experimentiereinrichtungen darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen. Leitungsverbindungen sollten auch nach der

Freischaltung zuerst an der Spannungsquelle getrennt werden.

7 Prüfungen

Für die stationäre elektrische Anlage und die ortsfesten Betriebsmittel sowie für die ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmittel sind in der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 und in VDE 0104 Wiederholungsprüfungen in regelmäßigen Zeitabständen festgeschrieben. Die Prüfungen sind von einer Elektrofachkraft oder unter deren Verantwortung durchzuführen und grundsätzlich in geeigneter Form zu dokumentieren. Dabei ist es empfehlenswert, die Messwerte aufzuzeichnen.

Sicherheitseinrichtungen wie Not-Ausschaltungen und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind arbeitstäglich auf ihre Funktion zu überprüfen.

Außerdem hat vor jeder Benutzung von ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmitteln (Geräte, Mehrfachverteiler, Anschlussleitungen mit Steckern, Mess- und Prüfgeräte, Mess- und Prüfzubehör usw.) eine Prüfung auf augenfällige Mängel und Schäden durch den Benutzer zu erfolgen.

8 Fazit

Nur vorschriftsmäßig errichtete und betriebene Experimentiereinrichtungen ermöglichen eine sichere Durchführung des Ausbildungsbetriebs.

Ältere Anlagen von Elektro-Ausbildungsstätten, die zwar nach den zum Errichtungszeitpunkt gültigen Bestimmungen ordnungsgemäß errichtet wurden und entsprechend dem seinerzeit gültigen Normenwerk betrieben werden, entsprechen in vielen Bereichen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Für derartige Übungs- und Versuchseinrichtungen ist keine Anpassungspflicht festgelegt.

Gleichwohl sind grundsätzlich die in den neueren Errichtungs- und Betriebsbestimmungen getroffenen Festlegungen zu beachten, wenn im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung die Notwendigkeit einer Nach- bzw. Umrüstung erkannt wird.

Literatur

- [1] Heuchel, R.: Sicherheit in Elektro-Ausbildungsstätten – Errichten, Betreiben, Versuchsaufbau. Elektropraktiker, Berlin 59(2005)6, S. 469-471.