DGUV
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Spitzenverband

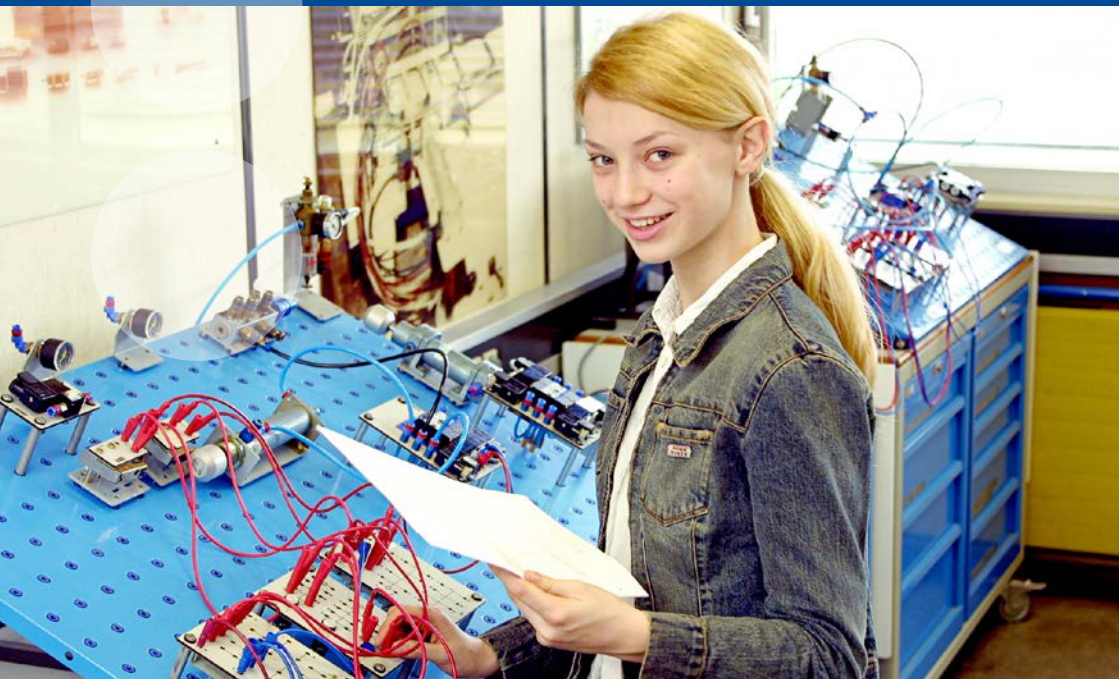
8040

BG/GUV-SI 8040

Information

Sicher experimentieren mit elektrischer Energie in Schulen

Grundlagen – Gefährdungsbeurteilung – Experimentieren



September 2012

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Fachgruppe „Bildungswesen“, Sachgebiet „Naturwissenschaftlicher und technischer Unterricht“ der DGUV.

Layout & Gestaltung:
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Medienproduktion

Titelfoto: Franz Pfluegl - Fotolia.com
Weitere Fotos: Walter Schreiber

Ausgabe September 2012

BG/GUV-SI 8040 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen

Sicher experimentieren mit elektrischer Energie in Schulen

Grundlagen – Gefährdungsbeurteilung – Experimentieren

BG/GUV-SI 8040

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung ... **5**

1 Elektrotechnische Grundlagen ... **7**

1.1 Gefahren durch elektrischen Strom ... 7

1.2 Schutz gegen elektrischen Schlag ... 11

1.2.1 Basisschutz ... 13

1.2.2 Fehlerschutz ... 13

1.2.3 Zusätzlicher Schutz ... 19

1.3 Prüfen elektrischer Anlagen und Geräte ... 21

2 Experimentieren mit elektrischer Energie in der Schule ... **24**

2.1 Gefährdungsbeurteilung ... 24

2.2 Experimentieren mit nicht berührungsgefährlicher Spannung ... 27

2.3 Experimentieren mit Schutz durch SELV- oder PELV-System ... 28

2.3.1 Technische Voraussetzungen ... 28

2.3.2 Organisatorische Schutzmaßnahmen in SELV-/ PELV-Systemen ... 30

2.4 Experimentieren mit gefährlicher Spannung größer 50 V AC/120 V DC ... 30

2.4.1 Technische Voraussetzungen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung ... 30

2.4.2. Organisatorische Schutzmaßnahmen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung ... 34

2.4.3 Verhaltensmaßnahmen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung ... 35

3 Erste Hilfe bei Elektrounfällen ... **37**

Anhang A Dokumentation zur Gefährdungsbeurteilung ... **39**

Anhang B Zehn elektrotechnische Sicherheitsregeln für Schulen ... **40**

Anhang C Prüfliste für die Sichtprüfung an Elektrogeräten ... **41**

Anhang D Vorschriften, Regeln und Informationen ... **42**

Einleitung

Das Experimentieren mit elektrischer Energie in Schulen findet in Unterrichtsräumen statt, die gemäß der Unfallverhütungsvorschrift „Schulen“ (GUV- V S1) errichtet sein müssen.

Grundsätzlich gilt für Unterricht im Fachraum, dass Schülerinnen und Schüler mindestens zweimal jährlich über vorhandene Gefahren sowie erforderliche Schutzmaßnahmen (z. B. Not-Aus-Einrichtung, Erste Hilfe-Maßnahmen, Fluchtwege) zu unterweisen sind. Die Unterweisung ist zu dokumentieren (z. B. im Kurs- oder Klassenbuch).

Speziell beim Umgang mit elektrischer Energie kommen zusätzliche Anforderungen hinzu, die Fragen aufwerfen:

?

Wie können elektrische Experimente sicher gestaltet werden?
Welche Vorschriften sind beim Experimentieren mit elektrischer Energie zu beachten?
Welche Prüfungen der elektrischen Geräte und Einrichtungen sind erforderlich, um im Unterricht sicher experimentieren zu können?

Der Umgang mit elektrischer Energie ist aus unserem täglichen Leben nicht wegzudenken. Mit Selbstverständlichkeit nutzen wir elektrische Geräte in Schule, Beruf und Freizeit. Elektronische Medien, Elektrowerkzeuge und eine Vielzahl elektrischer Helfer prägen unseren Alltag. Grundsätzlich ist die Verwendung - bedingt durch die elektrotechnischen Sicherheitsstandards – gefahrlos möglich. Trotzdem können Unwissenheit, leichtsinniger Umgang, nicht fachmännische Reparaturen oder auch technische Mängel zu Gefährdungen mit erheblichen Gesundheitsfolgen führen. Um Unfälle zu vermeiden, ist die Beurteilung dieser elektrischen Gefährdungen notwendig.

In allgemeinbildenden Schulen soll gemäß den Lehrplänen der Bundesländer das Basiswissen zum sicheren Umgang mit elektrischer Energie vermittelt werden.
Im Technik- oder Werkunterricht lernen Schülerinnen und Schüler die technische Funktion elektrischer und elektronischer Bauteile im Stromkreis kennen. Im Physikunterricht werden die Grundlagen der Elektrizität vermittelt. In beiden Fächern ist das Experimentieren mit Strom und Spannung eine Voraussetzung für den Lernerfolg.

Diese Broschüre soll die Lehrkraft unterstützen, elektrische Gefährdungen zu erkennen, zu beurteilen und die erforderlichen Maßnahmen abzuleiten.

Damit wird die Lehrkraft in die Lage versetzt, die Gefährdungsbeurteilung gemäß §§ 5 Arbeitsschutzgesetz und § 3 “Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1) sowohl für den Fachraum als auch für das elektrische Experiment durchzuführen.

Im Einzelnen soll diese Broschüre

- Lehrkräfte im Umgang mit Strom und Spannung vertraut machen, bei der Einschätzung der Gefahren unterstützen und über Schutzmaßnahmen informieren.
- Vorschriften und Fachinformationen über notwendige Maßnahmen zur elektrischen Sicherheit bei Einrichtungen, Anlagen und Geräten vermitteln.
- Rahmenbedingungen für das sichere Experimentieren im Unterricht aufzeigen.
- Hinweise zur Vermittlung von Grundlagen der elektrischen Sicherheit anbieten.
- darüber hinaus Grundlagen der elektrischen Sicherheit selbst zum Unterrichtsinhalt machen.
- Unterstützung bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung mit Ablaufschema und Checkliste zu deren Dokumentation geben.

1 Elektrotechnische Grundlagen

1.1 Gefahren durch elektrischen Strom

Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Organismus?

Elektrischer Strom ohne Schutzmaßnahmen kann für den Menschen gefährlich sein. Wenn über einen menschlichen Körper ein Stromkreis geschlossen wird, kommt es zu einer Körperdurchströmung.

Maßgeblich für eine schädigende Wirkung auf den menschlichen Körper sind Spannung und Stromstärke, Frequenz, Körperwiderstand, Dauer der Durchströmung, Weg des Stromes durch den Körper und Größe der Kontaktfläche.

Wechselstrom ist für das menschliche Herz wegen der häufigen Polaritätswechsel kritisch, aus diesem Grund ist die Gefahr von Herzrhythmusstörungen und Kammerflimmern ungleich größer als bei Gleichstrom.

Häufig ereignen sich Stromunfälle im Niederspannungsbereich mit 230 V bzw. 400 V, die in Haushalt, Gewerbe und Industrie üblich sind.

Bei Elektrounfällen wird unterschieden zwischen Niederspannungs- und Hochspannungsunfällen (Niederspannung ≦ 1000 V AC bzw. ≦ 1500 V DC, Hochspannung › 1000 V AC bzw. › 1500 V DC).

Bei schweren Niederspannungsunfällen steht das lebensbedrohliche Herzkammerflimmern im Vordergrund. Allerdings kann es auch durch Lichtbogeneinwirkung zu Verbrennungen kommen.

Beim Hochspannungsunfall steht der Schaden durch Verbrennungen von Gewebe im Vordergrund, jedoch sind auch im Hochspannungsbereich Durchströmungen des Körpers möglich, die zum Herzkammerflimmern führen.

Bei größeren Stromstärken kann es an den Ein- und Austrittstelle beim Menschen zu starker Wärmeentwicklung kommen, die zu Verbrennungen in Form von „Strommarken“ führen. Bei einem elektrischen Unfall spielen nicht nur Haut- und Körperinnenwiderstand eine Rolle, sondern auch die Leitfähigkeit von Gerätegehäuse, Kleidung, Schuhwerk, Bodenbelag etc.

Je nach der Stärke des Stromes, der durch den Körper fließt, genügen Millisekunden bis Sekunden, um schwere Verletzungen zu verursachen bzw. zum Tode zu führen.

Bereits das Durchströmen mit geringen Stromstärken kann zu Krampfgefühlen in der Brust, Atemnot, Angstzuständen etc. führen. Stromstärken über 0,5 bis 2 mA werden vom Menschen in der Regel als Kribbeln wahrgenommen.

Oberhalb der sogenannten Loslassgrenze reagiert die Muskulatur auf elektrischen Strom mit deutlichen Muskelverkrampfungen. Dies führt dazu, dass sich der Betroffene aus dem Stromkreis selbst nicht befreien kann. Deshalb spricht man auch vom „Klebenbleiben am Strom“. Die Loslassgrenze liegt bei ca. 6 –15 mA.

In einer Größenordnung von 25 – 50 mA kann Wechselstrom zu Herzrhythmusstörungen und ab 50 mA, abhängig von der Durchströmungsdauer, zum sogenannten Herzkammerflimmern führen, wenn das Herz in den Stromkreis einbezogen ist.

Das Herz ist für Stromimpulse anfällig. Der normale Herzrhythmus kann durch einen Stromimpuls aus dem „Takt“ kommen und in „Herzkammerflimmern“ übergehen.

In Abhängigkeit von der Dauer der Körperdurchströmung und dem Stromweg können folgende Wirkungen beobachtet werden:

Körperstrom (mA) Wechselstrom	mögliche Wirkungen
0 bis 0,2	Unmerklich
0,2 bis 2	Kribbeln
2 bis 6	Muskelkontraktionen, überwindbar
6 bis 15	Schmerzen, Erreichen der Loslassschwelle
15 bis 25	Loslassschwelle meist überschritten; leichte Behinderung der Atmung; leichte Beeinflussung des Kreislaufs
25 bis 50	Loslassen unmöglich; Behinderung der Atmung; Herzrasen, Herzrhythmusstörung; Blutdruckanstieg
50 bis 80	Steigende Gefahr von Herzkammerflimmern bei Durchströmung › 1 Herzperiode; Herzrhythmusstörung, Herzstillstand; Blutdruck stark erhöht; zunehmende Letalität (Todeswahrscheinlichkeit)
80 bis 120	Gefahr von Herzkammerflimmern zunehmend
120 bis 800	Steigende Gefahr von Herzkammerflimmern bei Durchströmung ‹ 1 Herzperiode; ansteigende Letalität
800 bis 2.000	Kammerflimmern häufig; thermische Wirkung bei Durchströmung › 10s; Bewusstlosigkeit
› 2.000	Kammerflimmern; zunehmende thermische Gefährdung; Bewusstlosigkeit; Lungenschäden

Was ist Herzkammerflimmern?

Normalerweise zeigt das Herz regelmäßige elektrische Aktionen (Abb. 1), die mit einer geordneten Pumpfunktion des Herzens und somit mit einem ausreichenden Blutdruck bzw. Blutkreislauf verbunden sind.

Beim Herzkammerflimmern ziehen sich die vielen Herzmuskelfasern völlig unabhängig voneinander zusammen: das Herz „flimmert“ (Abb. 2). Die Pumpwirkung des Herzens ist aufgehoben. Dadurch bricht der Blutkreislauf zusammen. Man spricht von Herz-Kreislaufstillstand. Dieser führt zur Minderversorgung der Organe einschließlich des Gehirns mit Sauerstoff. Das Herzkammerflimmern kann allerdings auch verzögert einsetzen, weshalb jeder Verunglückte nach einem Stromschlag ärztlich versorgt werden muss.

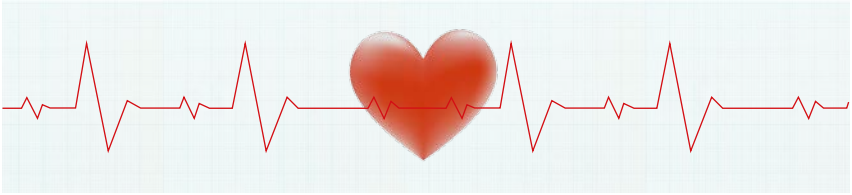


Abb. 1 normaler Herzrhythmus



Abb. 2 Herzkammerflimmern

Die einzigen Maßnahmen mit einem positiven Effekt auf das Langzeitüberleben sind die Herz-Lungen-Wiederbelebung und die elektrische Defibrillation.

Die Chancen, ein Herzkammerflimmern zu überleben, nehmen mit jeder Minute rapide ab.

Deshalb müssen alle Bemühungen darauf gerichtet sein, Verzögerungen zwischen dem Eintritt des Herzkammerflimmerns und der Defibrillation zu minimieren. Wir wissen heute, dass bei einem Herzkammerflimmern mit jeder verstrichenen Minute die Überlebenschancen ohne Defibrillation um 10 % sinken. Je früher die Defibrillation erfolgt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Überlebens ohne bleibende Schäden (Kapitel 3 Erste Hilfe bei Elektrounfällen).

1.2 Schutz gegen elektrischen Schlag

Personen müssen auf Grund der gefährlichen Wirkungen gegen elektrischen Schlag geschützt sein. Deshalb sind in den Fachhandel kommende elektrische Geräte und fachgerecht installierte elektrische Anlagen durch technische Schutzmaßnahmen abgesichert.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass

- von anschlussfertigen elektrischen Geräten aus dem Handel,
- von einer Elektrofachkraft installierten elektrischen Anlage
- und von regelmäßig instandgehaltenen und geprüften Geräten und Anlagen

keine Gefahr ausgeht und die Sicherheit gewährleistet ist.

Zum Verständnis der Funktion von Schutzmaßnahmen werden die Netzsysteme der öffentlichen Stromversorgung dargestellt.

Netzsysteme
sind Energieversorgungssysteme mit Nennspannungen bis 1000 V.

Sie sind gegliedert nach

- Art der aktiven Leiter
- Art der Erdverbindung

Erster Kennbuchstabe:
Erdungsverhältnisse der Stromquelle
T = (terre) direkt geerdet.

Zweiter Kennbuchstabe:
Erdungsverhältnisse der Verbraucher der elektrischen Anlage.

T = (terre) direkt geerdet, unabhängig von der etwa bestehenden Erdung der Stromquelle.

N = (neutral) über einen zusätzlichen Leiter mit der Stromquelle/dem Transformator verbunden.

Beim zweiten Kennbuchstaben „N“ kann durch weitere Buchstaben angegeben werden, wie Neutralleiter (N) und Schutzleiter (PE) verlegt sind (siehe die folgenden Schaltbilder). Dabei bedeutet

S = (separated) Neutralleiter- und Schutzleiterfunktionen durch getrennte Leiter,

C = (combined) Neutralleiter- und Schutzleiterfunktionen kombiniert in einem Leiter, dem PEN-Leiter,

C-S = nur in einem Teil des Netzes sind die Funktionen des Neutralleiters und des Schutzleiters in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter, zusammengefasst.

L1, L2, L3 = Außenleiter (spannungsführende Leiter)
N = Neutralleiter
PE = Schutzleiter
PEN = kombinierter Neutral- und Schutzleiter
R_A = Anlagenerder
R_B = Betriebserder

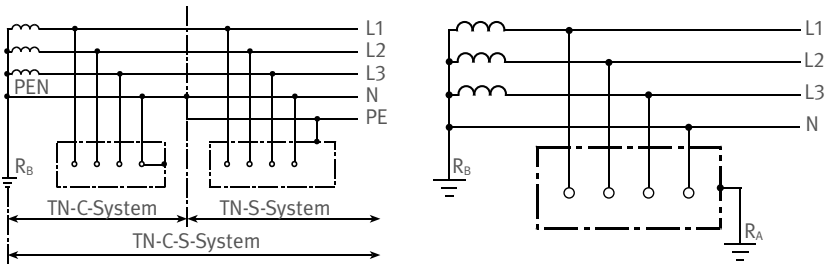


Abb. 3 Netzsystem

a) TN-C-S-System

b) TT-System

Bereits die Berührung eines unter Spannung stehenden Leiters (L1 oder L2 oder L3) führt im geerdeten Netz zu einem Stromfluss über den Körper zur Erde. Körperdurchströmung ist lebensgefährlich!

Technische Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag (DIN VDE 0100-410) müssen je nach Verwendungszweck der Geräte und Anlagen durch folgende Schutzstufen realisiert werden.

1.2.1 Basisschutz

Der Basisschutz wird auch als „Schutz gegen direktes Berühren“ oder als „1. Schutzebene“ bezeichnet.

Das Schutzziel heißt: Gefährliche aktive (im üblichen Betrieb unter Spannung stehende) Teile dürfen nicht berührbar sein.

Dies wird dadurch erreicht, dass aktive Teile

- vollständig mit einer Basisisolierung abgedeckt sind, die nicht entfernt werden kann ohne sie zu zerstören.
- mit einer Abdeckung/Umhüllung versehen sind, die nicht unabsichtlich entfernbar ist.

Früher wurden Geräte, die nur über den Basisschutz verfügten, mit Schutzklasse 0 bezeichnet. Geräte mit der Schutzklasse 0 sind nicht mehr zulässig und müssen entsorgt werden.

Beispiel
Die aktiven Teile eines vergossenen Steckernetzteiles sind gegen direktes Berühren geschützt.

Beispiel
Jede Steckdose besitzt eine Abdeckung, die entfernt werden kann. Das Gehäuse einer Mehrfachsteckdose (Tischverteilung) ist eine Umhüllung.

1.2.2 Fehlerschutz

Der Fehlerschutz wird auch als „Schutz bei indirektem Berühren“ oder als „2. Schutzebene“ bezeichnet. Er verhindert, dass beim Auftreten eines Defektes berührbare Teile eine gefährliche Spannung annehmen.

Dieser Schutz wird dadurch gewährleistet, dass in der elektrischen Anlage eine oder mehrere der folgenden Schutzmaßnahmen angewendet werden:

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (siehe 1.2.2.1)
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung (siehe 1.2.2.2)
- Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung eines Verbrauchers (siehe 1.2.2.3)
- Schutz durch Kleinspannung mittels SELV- oder PELV-System (siehe 1.2.2.4).

1.2.2.1 *Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung*

In den fest installierten elektrischen Anlagen in Gebäuden wird in der Regel der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung angewandt.

Steht bei einem Gerätedefekt das leitfähige Gehäuse unter Spannung, fließt ein Strom vom Leiter L1 über das Gehäuse und den Schutzleiter PE zur Spannungsquelle zurück. Dieser Strom entspricht faktisch dem Kurzschlussstrom und löst die Überstromschutzeinrichtung (Sicherung F) aus; die Stromversorgung wird automatisch abgeschaltet.

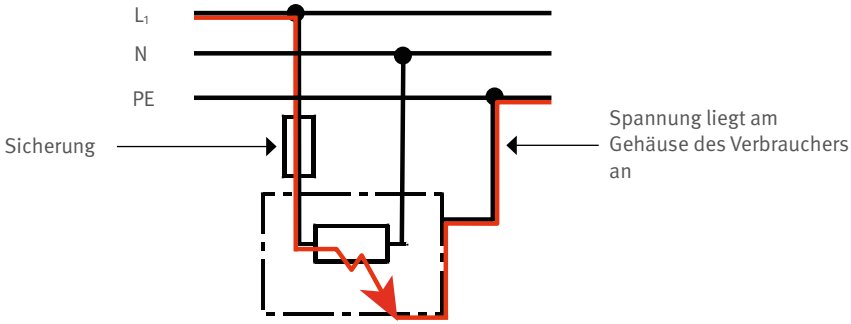


Abb. 4 Prinzip des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-S-System

Geräte mit Schutzleiter werden als Betriebsmittel der Schutzklasse I bezeichnet.



Symbol für Schutzleiter bei Schutzklasse I

Oft werden auch Geräte der Schutzklasse I mit diesem Symbol im Typenschild gekennzeichnet.

1.2.2.2 Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung

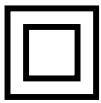
Doppelte oder verstärkte Isolierung (auch Schutzisolierung genannt) liegt vor, wenn

- zusätzlich zur Basisisolierung eine weitere Isolierung

oder

- eine verstärkte Isolierung vorhanden ist, die gleichzeitig Basis- und Fehlerschutz sicherstellt.

Diese Geräte besitzen in der Regel keinen Schutzleiter und werden als Betriebsmittel der Schutzklasse II bezeichnet.



Symbol für Schutzklasse II

Geräte der Schutzklasse II sind mit diesem Symbol gekennzeichnet.

1.2.2.3 Schutz durch Schutztrennung

Bei der Schutzmaßnahme „Schutztrennung“ wird der Verbraucher über einen eigenen, nicht geerdeten Stromkreis betrieben, der sicher (z. B. über einen Sicherheitstrenntransformator) vom geerdeten öffentlichen Stromnetz abgetrennt ist. Da elektrischer Strom nur in einem geschlossenen Stromkreis fließt, ist hierdurch sichergestellt, dass auch bei einem Gerätefehler kein Strom über den Körper zur Erde abfließen kann. Der Basisschutz muss gewährleistet sein.

Wichtiger Hinweis
Schutztrennung kann nur dann wirksam sein, wenn nur ein Verbraucher am Schutztransformator angeschlossen wird.

Das Schutzprinzip ist im folgenden Bild dargestellt:

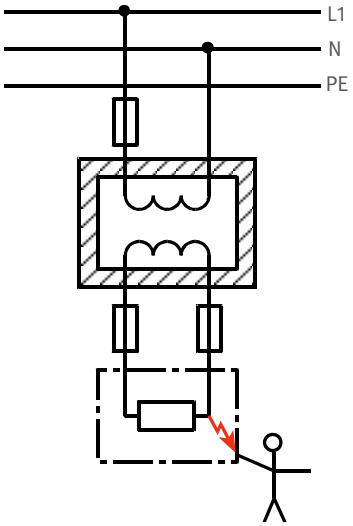


Abb. 5
Prinzip
der Schutztrennung

Einpolige Berührung
führt nicht zum elektrischen Schlag, weil die Spannungsquelle nicht mit Erde verbunden ist.



Symbol für einen Sicherheitstrenntransformator (Trenntransformator der Schutzklasse III)

Als Voraussetzungen für die Schutztrennung muss eine sichere Trennung vom (geerdeten) Versorgungsnetz gewährleistet sein.

1.2.2.4 Schutz durch Kleinspannung mittels SELV- oder PELV-System

Die Abkürzungen SELV und PELV bedeuten:

SELV **S**afety **E**xtra-**L**ow **V**oltage (Sicherheitskleinspannung)
PELV **P**rotective **E**xtra-**L**ow **V**oltage (Funktionskleinspannung).

Die Schutzmaßnahme Kleinspannung mit sicherer Trennung mittels SELV- oder PELV-System umfasst drei Anforderungen, die gleichzeitig erfüllt sein müssen (DIN VDE 0100-410):

- Begrenzung der Spannung auf
  50 V AC (Wechselspannung 50 Hz) oder
  120 V DC (Gleichspannung)
- Sichere Trennung von anderen Stromkreisen mittels
  Sicherheitstrenntransformator nach DIN EN 61558-1
- Basisisolierung

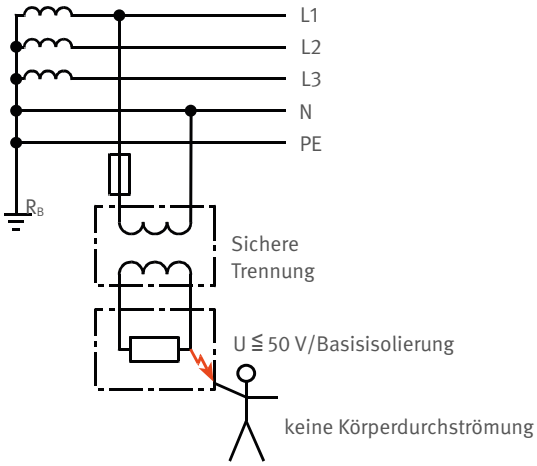


Abb. 6
Schutzwirkung von SELV

Zur Bereitstellung einer Kleinspannung SELV oder PELV sind prinzipiell geeignet:

- Schutztrenntransformatoren,
- Versorgung aus Akkus, Solarmodulen oder Batterien

Kleinspannungsnetzteile oder Ladegeräte, z. B. für Handys oder Laptops erfüllen meist nicht den Anspruch an eine sichere Trennung und sind deshalb nicht geeignet.

Unterschied zwischen SELV und PELV:

- SELV ist erdfrei.
- PELV darf einseitig geerdet werden.

Besonders in Bereichen der Informationstechnik kann es erforderlich sein, Kleinspannungen einseitig zu erden.

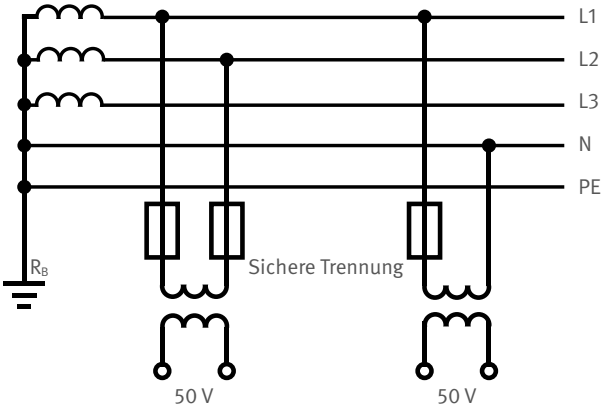


Abb. 7
SELV

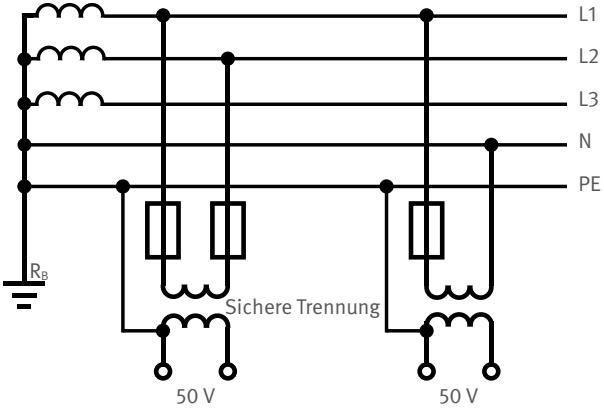


Abb. 8
PELV

Im Gegensatz zur Schutztrennung dürfen bei SELV oder PELV beliebig viele Verbrauchsmittel angeschlossen werden.

Geräte, die SELV oder PELV max. AC 50 V / DC 120 V aus Netzspannung erzeugen, müssen mit einem Sicherheitstransformator ausgestattet sein, der auf dem Typenschild mit EN 61558-2-6 (DIN VDE 0570-2-6) gekennzeichnet ist. Wird die so erzeugte SELV oder PELV auf max. AC 25 V / DC 60 V begrenzt, bezeichnet man diese Spannung als **nicht berührungsgefährlich**. In diesem Fall kann auf den Basisschutz verzichtet werden.



Symbol
für Schutzklasse III

Geräte mit doppelter oder verstärkter Isolierung, die mit SELV oder PELV arbeiten, werden als Betriebsmittel der Schutzklasse III bezeichnet.

1.2.3 Zusätzlicher Schutz

Der zusätzliche Schutz wird auch als „3. Schutzebene“ bezeichnet. Er wurde bisher nur für elektrische Anlagen in Betriebsstätten oder Räumen mit erhöhter Gefährdung oder erhöhtem Schutzbedürfnis, wie Experimentiereinrichtungen in Unterrichtsräumen, Räumen mit Badewanne oder Dusche und Baustellen gefordert.
Seit dem 1. Februar 2009 ist bei Neuinstallation für alle Steckdosenstromkreise bis 20 A als zusätzlicher Schutz eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung vorgeschrieben.

Für die in Deutschland üblichen TN- und TT-Netzsysteme mit Wechselspannung 50 Hz kann der zusätzliche Schutz nur **durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N}$ ≤ 30 mA** sichergestellt werden.

Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) realisiert neben dem Basis- und dem Fehlerschutz eine zusätzliche Schutzebene. Basis- und Fehlerschutz werden damit nicht überflüssig. Im Fehlerfall unterbricht die RCD den Stromkreis in

höchstens 0,2 bis 0,4 Sekunden. Durch die Abschaltung im Fehlerfall innerhalb dieser kurzen Abschaltzeit werden schwerwiegende Gesundheitsschäden verhindert.

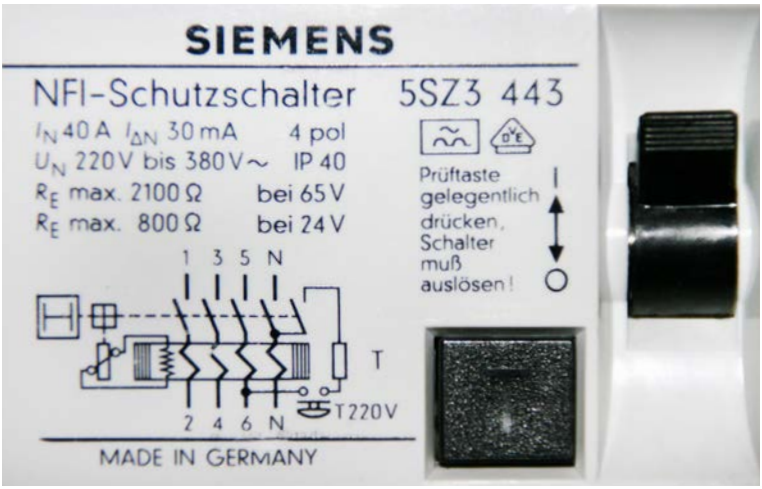


Abb. 9 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30$ mA

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen bestehen im Prinzip aus einem Stromwandler, in dem die hin- mit den rückfließenden Strömen verglichen werden.
Beide Ströme verursachen im Stromwandler einen magnetischen Fluss. Sofern kein Fehler vorliegt, sind beide Ströme gleich und demzufolge die Beträge des von Ihnen verursachten Magnetflusses auch. Da sich beide Magnetflüsse im Vorzeichen unterscheiden, heben sie sich auf.
Im Fehlerfall fließt ein Teil des hinfließenden Stromes über die Fehlerstelle, z. B. eine Person, die ein defektes Gerät berührt, zurück. Der über die RCD zurückfließende Strom ist um den Betrag dieses Fehlerstromes geringer als der hinfließende.
Aus dem Differenzstrom resultiert ein magnetischer Fluss, der in der Sekundärwicklung des Stromwandlers eine Spannung induziert, die den Stromkreis über ein Auslöse-Relais abschaltet.

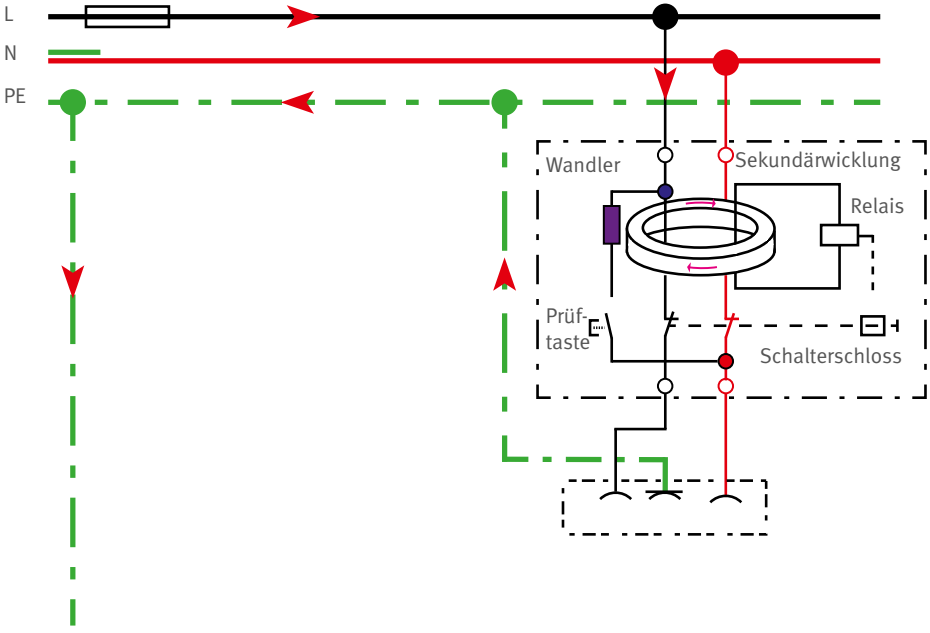


Abb. 10 Funktion einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

1.3 Prüfen elektrischer Anlagen und Geräte

Für die elektrische Sicherheit in Unterrichtsräumen mit Experimentierständen ist Voraussetzung, dass die elektrische Installation bestimmungsgemäß ausgeführt ist, sicher betrieben und nachweislich regelmäßig geprüft wird.
Die Arbeits- und Lehrmittel müssen ebenfalls regelmäßig wiederkehrend mit Nachweis geprüft werden.
Diese Pflichten obliegen dem Sachkostenträger der Schule.

Grundsätzlich sollen nur Geräte mit GS- oder VDE-Prüfzeichen mit Nachweis aus dem Fachhandel beschafft und verwendet werden.

Unabhängig davon ist jede Lehrkraft verpflichtet, elektrische Geräte vor jeder Nutzung auf sichtbare Mängel zu prüfen (Prüfliste Anhang C).

Anlage/Betriebsmittel	Empfohlene Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
elektrische Anlagen	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft [1)]
ortsfeste elektrische Geräte	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, elektrotechnisch unterwiesene Personen [2)]
ortsveränderliche elektrische Geräte	12 Monate	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, elektrotechnisch unterwiesene Personen
Not-Aus-Einrichtung	12 Monate vor jedem Experimentieren mit berührungsgefährlicher Spannung	auf einwandfreie Funktion	Hausmeister, Lehrkraft
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	6 Monate vor jedem Experimentieren mit berührungsgefährlicher Spannung	auf einwandfreie Funktion bei Betätigen der Prüftaste	Hausmeister, Lehrkraft
alle elektrischen Geräte	vor jeder Nutzung	Sichtprüfung	Lehrkraft

Abb. 11 Übersicht der Wiederholungsprüfungen

1 Lehrkräfte sind in der Regel keine Elektrofachkräfte.
2 Elektrotechnisch unterwiesene Personen arbeiten unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft.

Damit die Lehrkraft erkennt, ob sie über ein geprüftes Gerät innerhalb der festgelegten Prüffrist verfügt, wird die Kennzeichnung mit einem Prüfsiegel empfohlen.

Bewährt haben sich farbige Plombenschnüre sowie Geräte- und Leitungsprüfplaketten mit Angabe des Prüftermins.

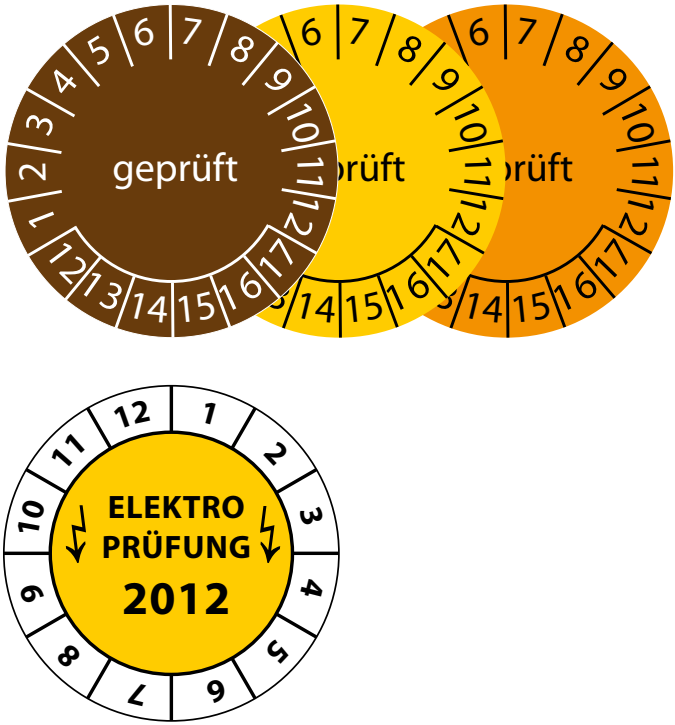


Abb. 12 Beispiele für Prüfplaketten

2 Experimentieren mit elektrischer Energie in der Schule

Experimentieren mit elektrischer Energie ist das Vorführen, Üben und Betrachten von naturwissenschaftlichen und technischen Vorgängen der Elektrizität.

Vor dem Experimentieren erstellt die Lehrkraft eine Gefährdungsbeurteilung, aus der sie die technischen, organisatorischen und verhaltensorientierten Schutzmaßnahmen ableitet.

Dazu ist eine entsprechende Fachkunde gefordert:
die Lehrkraft muss auf Grund ihrer Aus- und Fortbildung über die notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen verfügen, um die von ihr geleiteten oder auszuführenden Experimente mit elektrischer Energie beurteilen und mögliche Gefahren erkennen zu können.

2.1 Gefährdungsbeurteilung

Gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz muss für Beschäftigte und gemäß § 3 BGV/GUV-V A1 für Versicherte eine Gefährdungsbeurteilung für alle Arten von Gefährdungen durchgeführt und das Ergebnis dokumentiert werden. Umfassende Hinweise zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung enthält die Broschüre „Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz“ (BGI/GUV-I 8700).

Die folgenden Hinweise betreffen die elektrische Gefährdung beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht.

Die Höhe und Art der Versorgungsspannung und die Ausführung des Berührungsschutzes sind die wesentlichen Kriterien bei der Beurteilung der elektrischen Gefährdungen.

Nach den „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (GUV-SI 8070) dürfen Schüler bis einschließlich Jahrgangsstufe 10 nur mit nichtberührungsgefährlicher Spannung experimentieren, wenn im Aufbau berührungsgefährliche Teile enthalten sind.

Dies bedeutet, dass beim Experimentieren die Spannung entweder kleiner 25 V AC/60 V DC sein muss oder bei einer Spannung über 25 V AC/60 V DC keine spannungsführenden Teile des Versuchsaufbaus berührt werden können.

Grundsätzlich gilt dies auch für Schüler oberhalb der Jahrgangsstufe 10.

Nur wenn das Lernziel mit ungefährlicher Spannung nicht erreicht werden kann, dürfen Schüler mit berührungsgefährlicher Spannung experimentieren.

Abweichende Regelungen einzelner Bundesländer sind zu beachten.

Wenn das Lernziel mit nicht berührungsgefährlicher Spannung erreicht werden kann, muss nicht berührungsgefährliche Spannung zum Experiment eingesetzt werden.

Folgendes Ablaufschema ist eine Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung:

Elektrisches Experiment



Abb. 13 Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung

2.2 Experimentieren mit nicht berührungsgefährlicher Spannung

Nicht berührungsgefährliche Spannung liegt vor bei

- Wechselspannung AC ≦ 25 V
- Gleichspannung DC ≦ 60 V

oder

- möglichem Kurzschlussstrom ≦ 3 mA AC oder ≦ 12 mA DC

oder

- elektrischer Entladungsenergie ≦ 350 mJ.

Bei diesen Voraussetzungen liegt keine elektrische Gefährdung vor. Ein Berührungsschutz nach 1.2.1 ist nicht erforderlich.

Die Bereitstellung der Spannung erfolgt

- netzunabhängig, z. B. durch Batterien, Solarzellen

oder

- netzabhängig durch Netzgeräte mit Sicherheitstrenntransformator mit begrenzter Ausgangsspannung 25 V AC / 60 V DC (siehe 1.2.2.3).

Wichtiger Hinweis

Kleinspannungsnetzteile oder Ladegeräte, z. B. für Handy oder Laptop erfüllen diese Anforderungen nicht und sind deshalb zum Experimentieren nicht zugelassen.

Beispiel

Im Unterrichtsraum wird mit Elektrobaukästen experimentiert. Die Spannungsversorgung erfolgt aus Batterien oder Netzgeräten mit Sicherheitstrenntransformator bei einer Spannung von 9 V. In diesem Raum wird zwar experimentiert, aber die verwendete Spannung ist nicht berührungsgefährlich. Es sind keine weiteren elektrischen Schutzmaßnahmen erforderlich.

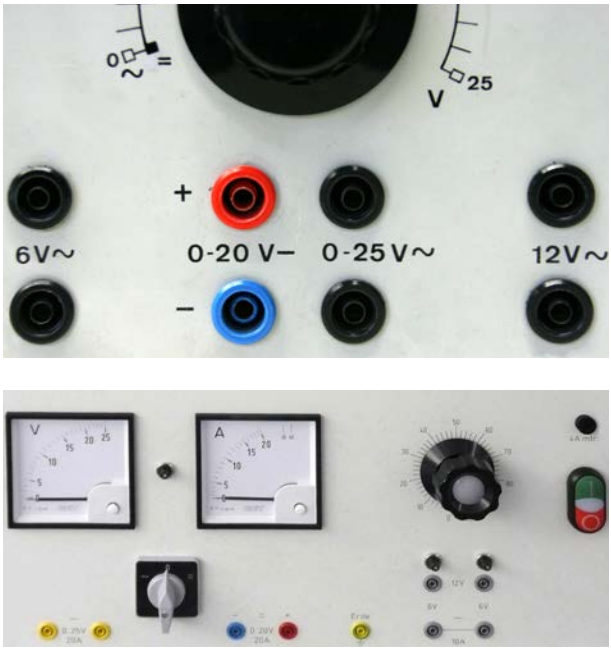


Abb. 14 Netzgeräte mit begrenzter Ausgangsspannung 25 V AC/DC

2.3 Experimentieren mit Schutz durch SELV- oder PELV-System

2.3.1 Technische Voraussetzungen

SELV- und PELV-Systeme sind Schutzmaßnahmen gegen berührungsgefährliche Teile, die folgende Anforderungen erfüllen:

- Begrenzung der Spannung auf Wechselspannung AC ≦ 50 V oder Gleichspannung DC ≦ 120 V
- Sichere Trennung des SELV- oder PELV-Systems von anderen Stromkreisen
- Basisschutz nach 1.2.1

Grundsätzlich ist eine Spannung über 25 V AC/60 V DC nach DIN VDE 0105-112 eine „gefährliche Spannung“. Wird jedoch die Schutzmaßnahme SELV- oder PELV-System angewandt, kann mit Spannungen bis 50 V AC/120 V DC sicher experimentiert werden, da ein solcher Versuchsaufbau nicht berührungsgefährlich ist.

Zum sicheren Experimentieren im SELV- oder PELV-System müssen Sicherheits-Experimentierkabel verwendet werden, damit der Basisschutz sichergestellt wird.



Abb.15 Sicherheits-Experimentierkabel

Wichtiger Hinweis
Einfache Experimentierkabel („Bananenstecker“) dürfen nicht verwendet werden, da der Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz) nicht gegeben ist.



Abb. 16 Experimentierkabel („Bananenstecker“)

2.3.2 Organisatorische Schutzmaßnahmen in SELV-/ PELV-Systemen

- Auswahl eines geeigneten Versuches
- Auswahl geeigneter Geräte und Zubehör für SELV/PELV-Systeme
- Unterweisung der Schülerinnen und Schüler über die Gefährdungen und Schutzmaßnahmen des Versuches

Bei der Einhaltung der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen sind keine weiteren Verhaltensmaßnahmen erforderlich (siehe Beispiel).

Beispiel

In einer Physikübung erarbeiten die Schülerinnen und Schüler die Transformatorgesetze. Die Spulen sind schutzisoliert und es werden Sicherheits-Experimentierkabel verwendet. Die Spannungsversorgung erfolgt über einen Sicherheitstrenntransformator. Die Versuchsspannung beträgt auf der Primär- und Sekundärseite maximal 50 V.

Es handelt sich um ein SELV-System. Zusätzliche technische Schutzmaßnahmen sind nicht notwendig. Die organisatorischen Maßnahmen nach 2.3.2 sind umzusetzen.

2.4 Experimentieren mit gefährlicher Spannung größer 50 V AC/120 V DC

Grundsätzlich soll in allen Jahrgangstufen nur mit nicht berührungsgefährlicher Spannung oder mit einem SELV/PELV-System experimentiert werden.
Ausnahmen sind nur oberhalb der Jahrgangsstufe 10 zulässig, wenn das Lernziel auf anderem Weg nicht erreicht werden kann.

Bei der Auswahl und Vorbereitung der Experimente mit berührungsgefährlicher Spannung obliegt der Lehrkraft eine besondere Verantwortung, denn auch bei Einhaltung der nachgenannten Schutzmaßnahmen bleibt eine Gefährdung. Dies gilt gleichermaßen für von der Lehrkraft angeleitete, als auch für selbst ausgeführte Experimente.

2.4.1 Technische Voraussetzungen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung

Für Unterrichtsräume, in denen mit berührungsgefährlicher Spannung experimentiert werden soll, müssen die Anforderungen der DIN VDE 0100-723 „Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen“ erfüllt sein:

- Not-Aus-Einrichtung
  Jede Experimentiereinrichtung, an der mit berührungsgefährlicher Spannung gearbeitet werden kann, muss mit einem Not-Aus-Schalter ausgerüstet sein, der alle Experimenteinrichtungen von der Stromversorgung trennt.

Alle vorhandenen Not-Aus-Schalter müssen in die Not-Aus-Kette eingebunden sein.

An Experimentiereinrichtungen ohne Not-Aus-Schalter dürfen keine Experimente mit berührungsgefährlicher Spannung durchgeführt werden.



Abb. 17 Pilztaster

Zusätzlich muss mindestens an jedem Ausgang ein Not-Aus-Schalter vorhanden sein.

Die Wiedereinschaltung nach einer Not-Aus-Betätigung darf nur durch eine befugte Person mittels einer übergeordneten Schalteinrichtung, z. B. eines Pilztasters mit Schlüssel möglich sein.

Wichtiger Hinweis

Gemäß den „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (GUV-SI 8070) genügt eine Betätigungseinrichtung für die NOT-AUS-Einrichtung an den Ausgängen und am Lehrerexperimentiertisch. Diese Anordnung erfordert für Schülerexperimentiertische, dass

- *nur elektrische Betriebsmittel mit vollständigem Berührungsschutz (z. B. Netzgerät) verwendet werden*

oder

- *nur nicht berührungsgefährliche Spannung bereit steht*

oder

- *nur Schutzkleinspannung SELV oder Funktionskleinspannung PELV zum Einsatz kommt.*

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (siehe 1.2.3)
  Die Steckdosenstromkreise an den Experimentiereinrichtungen müssen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) Typ B mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30$ mA versehen sein.
- Trenneinrichtung
  Sämtliche Stromkreise an den Experimentiereinrichtungen eines Raumes müssen einzeln oder in Gruppen allpolig von der Stromversorgung getrennt werden können. Diese Trenneinrichtung muss gegen unbefugtes Einschalten gesichert sein (z. B. Schlüsselschalter).



Abb. 18 Tableau mit Trenneinrichtung

- Zusätzlicher Potentialausgleich
  In Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen müssen alle berührbaren fremden leitfähigen Teile (wie z. B. Wasser- und Gasleitungen) mit Potenzialausgleichsleitern (mind. mit 4 mm² Cu) untereinander und mit dem Schutzleiter verbunden sein.
- Kennzeichnung von Steckdosen
  Steckdosen außerhalb der Experimentiereinrichtungen, die die vorgenannten Anforderungen erfüllen und deshalb zum Experimentieren geeignet sind, müssen wie folgt gekennzeichnet sein:

Für Experimentierzwecke geeignet

Um Verwechslungen zu vermeiden, kann es erforderlich sein, andere Steckdosen im Raum zu kennzeichnen, z. B.



Abb. 19
gekennzeichnete Steckdose

An solchermaßen gekennzeichneten Steckdosen sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen in der Regel nicht oder nicht im notwendigen Maße vorhanden.

- Berührungssichere Steckbuchsen
  Einpolige Anschlussstellen an Experimentiereinrichtungen, die mit nicht berührungssicherer Spannung versorgt werden können, müssen vollständig berührungssichere Steckdosen sein (Laborsteckbuchsen, Sicherheitsbuchsen).
- Sicherheits-Experimentierkabel
  Für Experimente mit berührungsgefährlicher Spannung müssen Sicherheits-Experimentierkabel mit isolierten Kontakten verwendet werden.

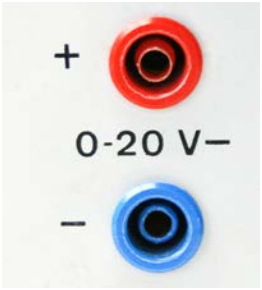


Abb. 20 Sicherheitsbuchsen



Abb. 21 Sicherheits-Experimentierkabel

Beispiel

Im Physikraum werden sowohl am Lehrerexperimentiertisch als auch an den Schülerarbeitstischen elektrische Experimente durchgeführt. Für die Schüler werden Stromversorgungsgeräte bereitgestellt, deren maximale Ausgangsspannung AC 12 V und DC 12 V nicht überschreitet.

Am Lehrertisch werden Experimente mit Spannungen DC › 150 V an Elektronenröhren vorgeführt.

Die Experimente am Lehrertisch mit berührungsgefährlicher Spannung erfordern besondere Sicherheitsmaßnahmen. Die Anforderungen an Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen nach DIN VDE 0100-723 müssen erfüllt sein.

2.4.2. Organisatorische Schutzmaßnahmen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung

Die Vorbereitung und Durchführung der Experimente liegen in der unmittelbaren Verantwortung der Lehrkraft.

In der DIN VDE 0105-112 sind Maßnahmen für das Experimentieren mit berührungsgefährlicher Spannung in Unterrichtsräumen festgelegt, die von der Lehrkraft umgesetzt werden müssen.

- Die fehlerfreie Funktion von Not-Aus-Einrichtung und Fehlerstromschutzeinrichtung ist vor jedem Experimentieren mit berührungsgefährlicher Spannung zu prüfen.
- Die wiederkehrenden Prüfungen der elektrischen Geräte und Anlagen müssen durchgeführt und dokumentiert sein (Abb. 11 Seite 22).
- Alle für das Experimen**tieren erforderlichen Betriebsmittel (Leitungen, Bauteile) sind vor der Benutzung auf offensichtlich erkennbare Beschädigungen zu überprüfen. Beschädigte Betriebsmittel dürfen nicht verwendet werden.
- Vor jedem Schüler- oder Lehrerexperiment mit berührungsgefährlicher Spannung sind die Schülerinnen und Schüler über die versuchsspezifischen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu unterrichten. In diesem Zusammenhang ist

der Hinweis auf ein Verbot häuslicher Experimente mit berührungsgefährlicher Spannung erforderlich.

- Vor dem Zuschalten der elektrischen Energie hat die Lehrkraft sich vom sicheren und ordnungsgemäßen Versuchsaufbau zu überzeugen.

2.4.3 Verhaltensmaßnahmen bei Experimenten mit berührungsgefährlicher Spannung

- Jeder Aufbau, Umbau und Abbau von Versuchsanordnungen darf nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.
- Die Lehrkraft muss vor Spannungsfreigabe jeden Versuchsaufbau der Schülerinnen und Schüler prüfen. Die Spannungsfreigabe muss angekündigt werden.
- Die Lehrkraft muss während der Versuchsdurchführung im Unterrichtsraum anwesend sein.
- Sicherheitseinrichtungen dürfen auch zu Experimentierzwecken nicht außer Kraft gesetzt werden.
- Für Messungen müssen geeignete und sichere Messgeräte verwendet werden.



Abb. 22 Ein- und mehrpolige Phasenprüfer

Wichtiger Hinweis
Einpolige Spannungsprüfer („Phasenprüfer“) dürfen nicht verwendet werden, da eine zuverlässige Aussage über das Anliegen einer Spannung nicht möglich ist.

- In jedem Experimentieraufbau ist eine Ein-Aus-Schalteinrichtung vorzusehen.
- Akkumulatoren dürfen an Experimentiereinrichtungen nur an- oder abgeklemmt werden, wenn zu diesem Zeitpunkt kein Strom fließen kann.
- Sicherheits-Experimentierkabel sind vor jeder Nutzung auf erkennbare Schäden zu prüfen.
- Zur Abnahme von Spannung aus Experimentiersteckdosen (siehe 2.4.1) für den Versuchsaufbau dürfen nur Sicherheitsadapter („Anschlussdosen“) verwendet werden.

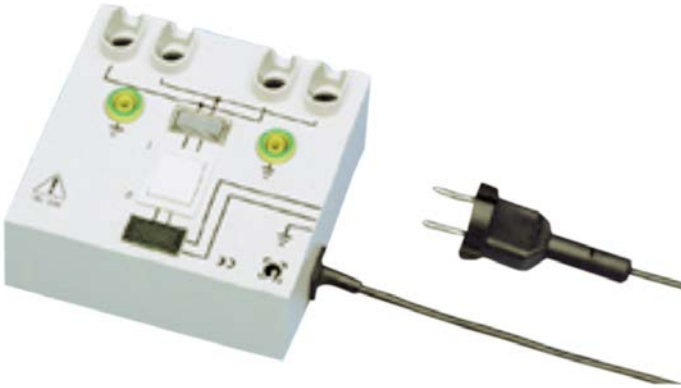


Abb. 23 Anschlussdose

3 Erste Hilfe bei Elektrounfällen

Bei Experimenten mit elektrischer Energie ist trotz Einhaltung der notwendigen Schutzmaßnahmen bei einem technischen, organisatorischen oder verhaltensbedingten Fehler ein Stromfluss über den Körper nicht vollständig auszuschließen. In den meisten Fällen ist Fehlverhalten Ursache von Stromunfällen.

Schnelle und fachgerechte Erste Hilfe bewahrt den Verunglückten vor weiteren Schäden und kann lebensrettend sein.
Bei einem Stromunfall müssen folgende Maßnahmen unverzüglich eingeleitet werden:



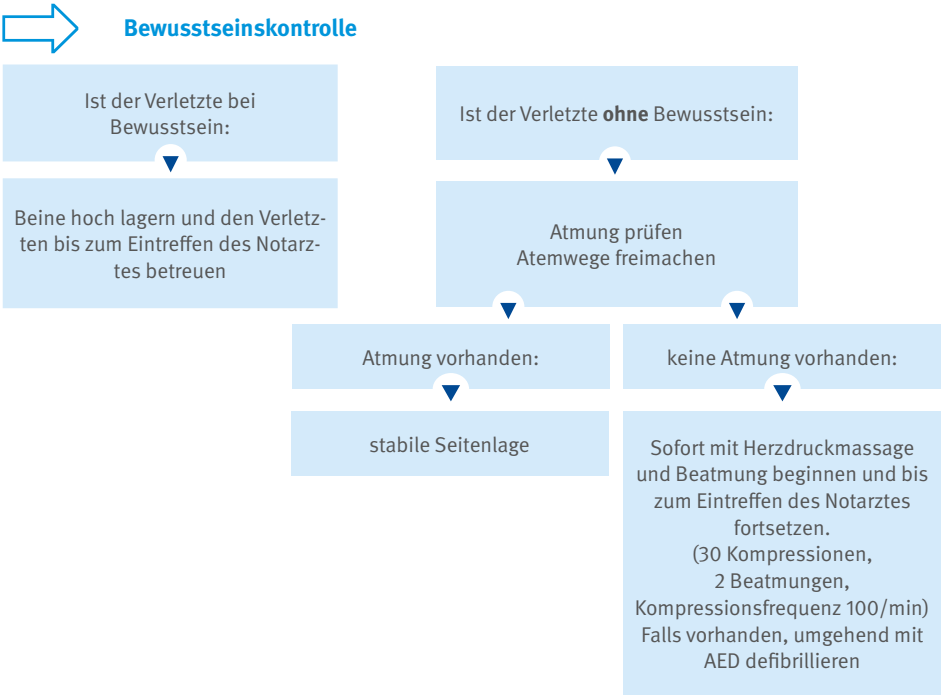
Stromkreis sofort unterbrechen:
z. B. Not-Aus-Einrichtung betätigen

Bei einem Elektrounfall ist die erste Maßnahme, den Verunglückten vom Stromnetz oder der Stromquelle zu trennen (Not-Aus-Einrichtung betätigen, Sicherung herausnehmen, Netzstecker ziehen).
Ist das Freischalten der Spannung nicht möglich, muss der Verletzte mit einem isolierenden Gegenstand (z. B. Holzbesen) von der spannungsführenden Quelle weggezogen werden.
Das Berühren des Verletzten ist für den Helfer lebensgefährlich, solange noch Strom fließt.
Eigenschutz geht vor.



Notarzt rufen

Da bei Stromunfällen der Grad der Verletzung durch den Ersthelfer in der Regel nicht beurteilt werden kann und Spätfolgen nie auszuschließen sind, ist grundsätzlich ein Notarzt zu rufen.
In der Regel wird die verunfallte Person zur Beobachtung in eine Klinik gebracht.



Ebenso wichtig wie die Wundversorgung ist die psychische Betreuung der verunfallten Person:

- Sprechen Sie die verletzte Person an und erklären, was geschieht.
- Suchen Sie vorsichtig Körperkontakt und halten Sie Blickkontakt.
- Sprechen Sie ruhig und hören Sie zu.
- Halten Sie Schaulustige fern.

Anhang A

Dokumentation zur Gefährdungsbeurteilung

Elektrisches Experiment (Bezeichnung):

Datum: Jahrgangsstufe:

mit nicht berührungsgefährlicher Spannung	mit Kleinspannung mit sicherer Trennung	mit berührungsgefährlicher Spannung
U ≦ 25 V AC U ≦ 60 V DC ☐	25 V < U ≦ 50 V AC 60 V < U ≦ 120 V AC ☐	U > 50 V AC U > 120 V DC ☐
Technische Voraussetzungen Siehe Abschnitt 2.2 • vom Netz unabhängige Spannungsversorgung (z. B. Batterie oder Solarmodul) oder • Sicherheitstrenntransformator mit Spannungsbegrenzung auf max. 25 V AC/60 V DC ☐	**Technische Voraussetzungen** Siehe Abschnitt 2.3.1 • SELV/PELV nach DIN VDE 0100-410 • Basisschutz des Aufbaus • Sicherheits-Experimentierkabel ☐	**Technische Voraussetzungen** Siehe Abschnitt 2.4.1 • Unterrichtsraum nach DIN VDE 0100-723 (Not-Aus, RCD, Trenneinrichtungen, Potentialausgleich, usw.) ☐
	Organisatorische Schutzmaßnahmen Siehe Abschnitt 2.4.2 • Geeigneter Versuch • Geeignete Geräte und Zubehör • Experimentbezogene Unterweisung ☐	**Organisatorische Schutzmaßnahmen** Siehe Abschnitt 2.4.2 • Experimentieren nach DIN VDE 0105-112 (experimentbezogene Unterweisung) ☐
bis einschließlich Jahrgangsstufe 4 →		**Verhaltensmaßnahmen** Siehe Abschnitt 2.4.3 • Experimentieren nach DIN VDE 0105-112 (Auf-, Um- und Abbau Spannungsfreigabe, Anwesenheitspflicht, usw.) ☐
bis einschließlich Jahrgangsstufe 10 →		
nur oberhalb Jahrgangsstufe 10 →		

Unterschrift: _____

Anhang B

Zehn elektrotechnische Sicherheitsregeln für Schulen

Der Umgang mit elektrischer Energie in der Schule unterscheidet sich nicht von der Handhabung elektrischer Geräte im täglichen Leben.
Zur Sicherheit der Nutzer müssen technische, organisatorische und verhaltensbezogene Vorgaben und Regeln eingehalten werden.

Die folgenden 10 Sicherheitsregeln sind beim Umgang mit elektrischer Energie zu beachten.

1. Überzeugen Sie sich vor der Benutzung elektrischer Geräte durch eine Sichtprüfung von ihrem einwandfreien Zustand. Verwenden Sie keine beschädigten Leitungen und Steckvorrichtungen und keine Geräte mit defekter Abdeckung.
2. Bei Störungen und Funktionsfehlern schalten Sie sofort die Spannung ab und ziehen Sie den Stecker. Führen Sie zur Störungsbeseitigung nur Handhabungen durch, die in der Bedienungsanleitung für den Benutzer vorgesehen sind.
3. Melden Sie Schäden oder ungewöhnliches Verhalten von elektrischen Geräten oder Anlagen sofort der Schulleitung. Entziehen Sie das Gerät oder die Anlage bis zur Instandsetzung einer weiteren Nutzung.
4. Reparaturen an elektrischen Geräten (z. B. Projektoren, Abspielgeräte, Fernsehgeräte, Spannungsversorgungsgeräte zum Experimentieren) oder Anlagenteilen (Leitungen, Steckdosen, Schalter) dürfen nur von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden. Führen Sie keine Reparaturen und „Bastelarbeiten“ –auch noch so einfacher Art– an elektrischen Geräten und Anlagen selbst durch.
5. Verlegen Sie Leitungen stets so, dass Knick- und Scherstellen vermieden werden und keine Stolperstelle entsteht. Ziehen Sie niemals einen Stecker an der Leitung aus der Steckdose heraus.
6. Benutzen Sie grundsätzlich keine nassen elektrischen Geräte und schützen Sie elektrische Geräte vor Nässe und Feuchtigkeit.
7. Nehmen Sie Sicherheitseinrichtungen niemals außer Betrieb; manipulieren Sie Sicherheitseinrichtungen niemals.
8. Führen Sie Experimente mit Stromversorgung aus der Steckdose nur in den dazu vorgesehenen Fachräumen mit den vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen durch. (z. B. Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, Not-Aus-Einrichtung)
9. Verwenden Sie zum Anschluss an die Stromversorgung nur Geräte mit GS- oder VDE-Kennzeichen.
10. Verwenden Sie elektrische Anlagen und Geräte nur gemäß ihrem Bestimmungszweck und bedienen sie Geräte nur entsprechend der Bedienungsanleitung.

Anhang C

Prüfliste für die Sichtprüfung an Elektrogeräten

Sichtbare Mängel an Elektrogeräten betreffen typischerweise

an Steckern, Kupplungen und Buchsen:

- gelockerte, verbogene oder verschmorte Steckkontakte
- gerissene, verformte oder abgeplatzte Gehäuse bzw. Gehäuseteile
- abgelöster bzw. beschädigter Knickschutz
- gelockerte bzw. gelöste Zugentlastung
- unsachgemäß ausgeführte Reparaturen

an den Leitungen:

- Flickstellen
- schadhafte Leitungsisolierungen
- Versprödungen (z. B. durch UV-Einstrahlung oder Wärmewirkungen)
- fühlbare Deformationen, die auf Leitungsbrüche oder Knickstellen im Inneren der Leitungen hinweisen

am Gerätegehäuse:

- gebrochene oder abgeplatzte Gehäuseteile
- Schmorstellen
- leitfähiger Schmutz oder Feuchtigkeit
- unsachgemäß ausgeführte Reparaturen
- Deformationen
- verstopfte oder verschmutzte Lüftungsöffnungen

Anhang D

Vorschriften, Regeln und Informationen

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt.

1. Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle:
Buchhandel und Internet: z. B. www.gesetze-im-internet.de

Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit vom 7. August 1996 (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG),

2. Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:
Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger
und unter www.dguv.de/publikationen

Unfallverhütungsvorschriften:

„Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1),

„Schulen“ (GUV-V S1)

„Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-V A3)

Informationen:

„Anleitung zur Ersten Hilfe“ (BGI/GUV-I 503)

„Erste Hilfe“ (BGI/GUV-I 510-1)

„Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel“ (BGI/ GUV-I 8524)

„Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz“ (BGI/GUV-I 8700)

„Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (GUV-SI 8070)

DIN-VDE-Normen:

DIN VDE 0100-410	Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme
DIN VDE 0100-723	Errichten von Niederspannungsanlagen -Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Teil 723: Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen
DIN VDE 0105-112	Betrieb von elektrischen Anlagen - Teil 112: Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de