

Sichere Arbeitspraxis Elektroreparaturen

Netzwerk Reparaturinitiativen

AG Sicherheit

Cord Elias

Kurzfassung

Stand: 15.10.2018



Wichtige Hinweise

Alle Angaben dieses Dokuments wurden sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Dennoch kann keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen werden.

Nicht fachgerecht ausgeführte Arbeiten an mit Netzspannung betriebenen Elektrogeräten können schwere gesundheitliche Schädigungen bis zum Tod von Menschen verursachen sowie sehr hohe Sachschäden zur Folge haben.

Jede Person, die Elektrogeräte repariert, ist für ihr Handeln in vollem Umfang selbst verantwortlich, unabhängig von ihrer formalen Qualifikation!

In diesem Dokument steht das Thema „Sicherheit“ im Vordergrund, einige Aufzählungen (z.B. beim Thema „Technische Ausstattung“) sind daher auf dieses Thema verkürzt.



Zielgruppe

- Gesamtverantwortliche einer Reparaturinitiative
- Elektroexperten (die Leute im Team, die am meisten Ahnung von „230 Volt“ haben und typischerweise Elektrogeräte reparieren und Gerätetests durchführen)
- Alle Reparaturhelfer, die in irgendeiner Form an Elektrogeräten arbeiten bzw. arbeiten wollen



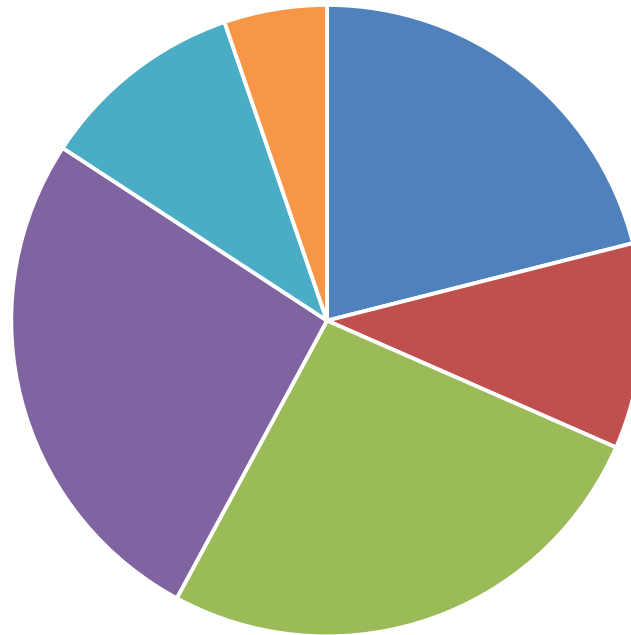
Was soll erreicht werden?

- Verhindern von Elektrounfällen während des Reparierens
- Verhindern, dass Gäste ein unsicheres Elektrogerät mit nach Hause nehmen
- Allen Beteiligten das berechtigte Gefühl vermitteln, dass sicher gearbeitet wird



Einflussfaktoren

Sicheres Arbeiten



■ Elektrische Anlage der Werkstatt

■ Fachwissen

■ Handwerkliche Fähigkeiten

■ Technische Ausstattung (z.B. Messgeräte)

■ Sicherheitsbewusstes Arbeiten (Prozesse, ...)

■ Verfügbarkeit von Material



Vorgehensweise

- Alle Einflussfaktoren sollten berücksichtigt und sinnvoll aufeinander abgestimmt werden
- Eine Gefährdungsbeurteilung sollte erstellt werden (vom Repair-Team selbst oder durch eine externe Person, die damit Erfahrung hat)
 - Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten
 - Ständige Fortschreibung
- Kommunikation im Team über das Thema „Sicherheit“ ist wichtig
- Mit dem Thema „Sicherheit“ ist man nie fertig – es sollte ständig über Verbesserungsmöglichkeiten nachgedacht werden und bei Bedarf die Arbeitsweise geändert werden
 - „Heikle“ Situationen auswerten
 - „Schwierige Fälle“ dokumentieren und im Team besprechen
 - Dinge, die nicht so gut gelaufen sind, nicht „unter den Tisch kehren“ oder bagatellisieren
- Die selbst definierten Prozesse müssen pragmatisch und realistisch sein und auch wirklich „gelebt“ werden



EINFLUSSFAKTOREN



Elektrische Anlage der Werkstatt

- Wenn die elektrische Anlage nicht in Ordnung ist, kann nicht sicher gearbeitet werden!
- Überprüfung gem. DIN VDE 0105-100 erforderlich, speziell im Hinblick auf Personenschutz
 - PE-Durchgängigkeit
 - Korrekte Absicherung der Steckdosenkreise
 - Impedanz L-N
 - Vorhandene FI-Schutzschalter
 - Muss regelmäßig wiederholt werden (alle 2 ... 4 Jahre)
- Zusätzlicher Schutz mit FI-Schutzschalter von Typ A oder besser für alle Steckdosenkreise, die beim Reparieren benutzt werden
 - Anzustreben: Festinstallierter FI
 - Andernfalls: Steckdosenleiste mit FI, PRCD
- In Abhängigkeit von Gefährdungsbeurteilung: FI Typ B
- Verwendete Elektrowerkzeuge müssen regelmäßig geprüft werden



Fachwissen

- Basiskenntnisse der Elektrotechnik
 - Größen wie Spannung, Strom, Widerstand, Leistung, Impedanz
 - Ohmsches Gesetz
 - Bauelemente wie Widerstand, Kondensator, Spule, Transformator
 - Begriffe wie „galvanische Trennung“
 - Einfache Berechnungen (z.B. ohmscher Widerstand des Schutzleiters einer Netzleitung)
- Gefahren durch Netzspannung kennen und einschätzen können
- Basiswissen über Schutzmaßnahmen
- Kenntnis der Elektro-Sicherheitsregeln („Die Fünf Sicherheitsregeln“, https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf_Sicherheitsregeln)
- Praktische Erfahrung im Messen elektrischer Größen (mit einem Multimeter, mit einem zweipoligen Spannungsmesser, ...)
- Kenntnis der DIN VDE 0701 – 0702
- Kenntnis der gängigen Netzteilschaltungen (Trafo, Schaltnetzteil, Kondensatornetzteil)
- Kenntnis von Bauelementen und Bauteile, die ggf. ersetzt werden sollen (Leitungen, Kondensatoren, Sicherungen, ...)
- Funktionsweise der zu reparierenden Geräte



Sicherheitsbewusstes Arbeiten

- Prioritäten richtig setzen
 - Sicherheit ist am wichtigsten
 - Reparatur Erfolg ist schön, aber Sicherheit muss immer vorgehen
- Keine „faulen Kompromisse“ eingehen, z.B. „Netzleitung flicken“
- Gerätetests sind sehr wichtig, sie sollten unbedingt immer durchgeführt werden (nicht zuletzt auch, um das Haftungsrisiko zu begrenzen)
 - Motivation:
 - Vermeidung von Personenschäden (beim und nach dem Reparieren)
 - Verhinderung von Bränden und ähnlichen Schadensereignissen
- Nicht unter Zeitdruck setzen lassen und deswegen nachlässig werden („Es warten draußen noch ganz viele Gäste; das Gerät, an dem Du jetzt arbeitest, sollte in 10 Minuten fertig sein“)
- Es ist keine Schande, einen Kollegen um Hilfe zu bitten, eine Reparatur zu vertagen oder abubrechen
- Handwerklich sauber arbeiten, u.a.
 - Nur passende Ersatzteile verwenden
 - Auf sichere elektrische Verbindungen achten
 - Auf Details achten (z.B. Zugentlastung von Netzleitungen)



Handwerkliche Fähigkeiten (Auswahl)

- Kenntnis der Elektro-Sicherheitsregeln („Die Fünf Sicherheitsregeln“, https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf_Sicherheitsregeln) sowie deren Umsetzung beim Reparieren
- Messen von Spannungen mit dem zweipoligen Spannungsprüfer („Duspol“)
- Messen von Widerständen mit dem Multimeter
- Umgang mit dem Gerätetester
- Fachgerechtes Herstellen von Verbindungen, u.a.
 - Richtiges Abisolieren von mehradrigen Leitungen
 - Einsatz und Verarbeitung von Aderendhülsen
 - Herstellen von Quetschverbindungen (z.B. Crimpen von Kabelschuhen)
- Herstellen von Lötverbindungen
- Gefahrloses Prüfen von Bauteilen, z.B.
 - Überprüfung eines Wärmereizgebers (Bsp.: Kaffeemaschine) durch Widerstandsmessung anstatt durch Probieren an 230V
 - Test eines Motors (Bsp. Staubsauger, „Nebenschlussmaschine“) mit einem Netzteil mit 30V Gleichspannung anstatt mit Netzspannung



Technische Ausstattung

- Zweipoliger Spannungsprüfer („Duspol“, nach DIN EN 61243-3)
- Gerätetester (nach DIN VDE 0404-2), zum Prüfen gem. DIN VDE 0701-0702
- Isoliertücher und Klammern zum Abschränken von spannungsführenden Teilen
- Crimpzangen für Aderendhülsen und Kabelschuhe
- Ggf. Trenntrafo
- Labornetzteil (0 ... 30V; 2 ... 5A)
- Fachliteratur, z.B. „Prüfung ortsfester und ortsveränderlicher Geräte“



Materialen und Ersatzteile, die vorhanden sein sollten

- Fertig konfektionierte Netzleitungen mit Netzstecker
 - 2-polig mit Eurostecker
 - 2-polig mit Konturenstecker
 - 3-polig mit Schukostecker
- Aderendhülsen (0,75; 1,0; 1,5; 2,5 mm²)
- Kabelschuhe und Flachsteckhülsen zum Crimpen (0,5 ... 1,5; 1,5 ... 2,5 mm²)
- MKP-Folienkondensatoren „X2“, Nennspannung $\geq 300V\sim$ (330; 470; 560; 680 nF)
- Feinsicherungen (Sortiment)



RUND UM DIE REPARATUR



Ablauf einer Reparatur

- Erfassung des Geräts (Formular, Laufzettel)
- Besprechen des Fehlerbilds mit dem Gast
 - Wie macht sich der Fehler bemerkbar?
 - Vorgeschichte
 - Auslöseereignis (z.B. „Gerät ist runtergefallen“, „Gerät hat plötzlich gestunken“, „Funktionierte auf einmal nicht mehr“, ...)
- Gefährdungsbeurteilung für dieses Gerät (z.B. rotierende Teile, womöglich Kondensatornetzteil, ...)
- Eingangsüberprüfung („Besichtigung“, Messungen), dabei auch ggf. auch Mängel feststellen, die nichts mit dem vom Gast geschilderten Fehler zu tun haben (z.B. fehlende Zugentlastung der Netzleitung)
- Fehlersuche (Sicherheitsregeln unbedingt beachten)
- Ggf. Reparatur, ggf. am geöffneten Gerät schon Messungen durchführen (insb. R_low PE)
- Sicherheitsüberprüfung („Besichtigung“, Messungen)
- Funktionsüberprüfung
- Dokumentation



Gefährdungsbeurteilung für ein Gerät

- Sich und dem Gast vergegenwärtigen, welche Gefahren von dem Gerät ausgehen können, besonders bei der Fehlersuche, beim Prüfen und beim Funktionstest
 - Verletzungsgefahren
 - Scharfkantige Teile
 - Rotierende Teile
 - Heiße Teile
 - Unter Spannung stehende Teile
- Bei Geräten mit irgendeiner Form von Kleinspannungskomponenten (z.B. Elektronik zur Ansteuerung von 230V-Komponenten):
 - Art des Netzteils sicher identifizieren
- Sicherheitsregeln erläutern und anwenden, den Gast dabei aktiv einbinden
- Ggf. Kollegen hinzuziehen



Besondere Gefahren und deren Behandlung

- Kondensatornetzteile. Keine galvanische Trennung der Kleinspannungsseite vom 230V-Netz. Netzteilform ist von Laien schwer zu erkennen. Tödlicher Stromschlag möglich beim Berühren der 5V-Versorgung eines Mikrocontrollers.

Beispiele: Kaffeemaschine (mit Pads); Dampfbügelstation

-> Fehlersuche nur durch Experten

- Geladene Kondensatoren ($\geq 24V$) -> kontrolliert Entladen (mit geeignetem Widerstand, mit der Lastzuschaltung des Duspols,)
- Schaltnetzteile: u.a. hohe Gleichspannung hinter dem Eingangsgleichrichter -> Fehlersuche/Reparatur nur durch Experten
- Hochspannung (Bsp.: Röhrenfernseher)
- Messung mit Oszilloskopen an netzspannungsführenden Schaltungsteilen -> Gefahr eines Körperschlusses über die GND-Leitung des Tastkopfes -> Nur durch Experten, ggf. Trenntrafo einsetzen



Elektro-Sicherheitsregeln

- Gerät **spannungsfrei machen** – auch nach jedem Testlauf
- **Spannungsfreiheit überprüfen** – mit zweipoligem Spannungsmesser („Duspol“)
 - Auf Kondensatoren achten, die trotz gezogenem Netzstecker noch mit hohen Spannungen geladen sein können
 - Messen
 - Ggf. kontrolliert entladen
- **Gegen Wiedereinschalten sichern**
 - Netzstecker gut sichtbar neben das Gerät legen oder noch besser mit extra dafür vorgesehener Kupplung sichern; dies kann sehr gut vom Gast durchgeführt/überprüft werden
- **Benachbarte spannungsführende Teile abdecken**
 - Wichtig beim Messen unter Netzspannung (was möglichst minimiert werden sollte)
 - Dafür Isoliertücher verwenden, die extra für diesen Zweck verfügbar sind



TECHNISCHE DETAILS



Sichere elektrische Verbindungen

- Schlechte elektrische Verbindungen stellen (u.a. aufgrund zu großer Übergangswiderstände) eine potentielle Brandgefahr dar
- Verarbeiten flexibler Aderleitungen:
 - Enden mit guter Abisolierzange abisolieren; am einfachsten und sichersten geht das mit einer Zange, die sich automatisch auf den Leitungsdurchmesser einstellt
 - Aderende mit einer Aderendhülse im passenden Durchmesser versehen, dazu eine für diesen Zweck bestimmte Aderendhülsenzange verwenden und nicht eine Flachzange o.ä.
 - Schraubklemme, in welche das so vorbereitete Aderende eingeführt wird, gut anziehen, aber auch nicht zu stark. Darauf achten, dass die Leitungsisolierung nicht mit geklemmt wird
 - Verzinnen von Aderenden entspricht nicht mehr dem Stand der Technik!
- Lötverbindungen:
 - Darauf achten, dass keine kalten Lötstellen produziert werden
 - Lötkolben mit ausreichender Leistung verwenden



Gefahrlose Fehlersuche durch Widerstandsmessungen

- Beispiel: Einfache, klassische Kaffeemaschine mit Fehlerbeschreibung „Wasser wird nicht warm bzw. heiß“
- Sinnvolle Vorgehensweise:
 - Eingangsüberprüfung
 - Vergegenwärtigen der für die Erhitzung des Wasser relevanten Komponenten (die in Reihe geschaltet sind):
 - Netzleitung
 - Netzschalter
 - Heizelement
 - Thermoschalter
 - Thermosicherung
 - Durchmessen dieser Komponenten (am spannungsfreien und kalten Gerät !) mit einem Ohmmeter (Multimeter)
 - Die hochohmige Komponente ist für den Fehler verantwortlich
- Vorteil gegenüber Messung unter Spannung: Kein Risiko eines elektrischen Schlags durch Berühren eines spannungsführenden Leiters



Vorgehen bei Fehlerbeschreibung „Beim Einschalten des Geräts fliegt die Sicherung raus“

- Was man auf keinen Fall machen sollte: Das Gerät einstecken und schauen, ob sich der Fehler reproduzieren lässt
- Stattdessen:
 - Unbedingt Eingangsprüfung durchführen (das macht ihr ja sowieso immer ;-), hier besonders gründlich
 - Falls sich beim Messen des Isolationswiderstands kein sachdienlicher Hinweis ergibt: Prüfung abbrechen und Gerät im Detail untersuchen
 - Ursache für offensichtlich viel zu kleinen Widerstand (Kurzschluss ?) zwischen den Leitern „L“ und „N“ suchen
 - Dazu ggf. Baugruppen elektrisch voneinander trennen und Fehler durch Widerstandsmessungen einkreisen
- Beim „blinden Test“ eines Geräts mit o.g. Fehlermuster kann z.B. das eigene Prüfgerät geschädigt werden (und sei es nur die defekte geräteinterne Schmelzsicherung, für die gerade womöglich kein Ersatz verfügbar ist)



Prüfen von Motoren

- Beispiel-Szenario: Ein Staubsauger mit elektronischer Drehzahlregelung, der nicht mehr läuft
- Durch Widerstandsmessung wird festgestellt, dass die Verbindung vom Netzstecker bis zur Elektronik in Ordnung ist, also z.B. kein Kabelbruch vorliegt
- Bevor die Elektronik eingehender untersucht wird, macht es Sinn, den Motor zu testen
- Der Motor besitzt Kohlebürsten, es handelt sich also um einen Reihenschlussmotor für Wechselspannungsbetrieb (<https://de.wikipedia.org/wiki/Einphasen-Reihenschlussmotor>)
- Die Zuleitung zum Motor wird von der Elektronik abgetrennt (normalerweise ist das eine Steckverbindung)
- In die Motorzuleitung wird über eine geeignete provisorische Verbindung mit einem Labornetzteil (Leistung mind. 50W) eine Kleinspannung von ca. 30V eingespeist (es ist egal, ob es sich um Gleich- oder Wechselspannung handelt)
- Der Motor sollte sich (ein Netzteil mit ausreichend Leistung vorausgesetzt) jetzt schwach drehen, wenn er in Ordnung ist
- Dieser Test ist hier viel besser als ein Test mit Netzspannung
 - Aufgrund der niedrigen Spannung besteht keine Gefahr beim Berühren spannungsführender Teile
 - Die aufgenommene Leistung ist viel kleiner, daher ist die Gefahr, die von den rotierenden Teilen ausgeht, deutlich geringer



Netzteilschaltungen

- Gute Einführungen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Netzteil>;
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kondensatornetzteil>

