E10

Prüfen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

04 / 2025

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Prof. Dr.-Ing. Ralf-Dieter Rogler
Dipl.-Ing. K. Schellenberger

1 Einleitung

In diesem Versuch geht es um grundlegende Sachverhalte und das Grundverständnis der Sicherheit von elektrischen Anlagen und Geräten / Betriebsmitteln. Neben der Festigung messtechnischer Fertigkeiten sollen die Teilnehmer befähigt werden, bereits bei der Projektierung von Anlagen und Geräten die Anforderungen an und die gegenseitigen Abhängigkeiten von Schutzeinrichtungen, deren Wirkungsweise sowie die dazugehörigen notwendigen Prüfanforderungen zu berücksichtigen.

Regelmäßige Überprüfungen sind in den „Unfallverhütungsvorschriften für elektrische Anlagen und Betriebsmittel DGUV-V3“ bzw. „- V4“ gesetzlich gefordert. In der DGUV heißt es u.a. in § 5 sinngemäß:

„(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel durch eine Elektrofachkraft … auf ihren ordnungsgemäßen und sicheren Zustand geprüft werden:

1. vor der ersten Inbetriebnahme, sowie
2. nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme und
3. in bestimmten Zeitabständen.

   Die Fristen sind so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden. (2) Bei der Prüfung sind die sich hierauf beziehenden elektrotechnischen Regeln zu beachten.“

Diese sind in mehreren VDE-Bestimmungen enthalten, die in Ihrer jeweils aktuellen Fassung den „Stand der Technik“ wiederspiegeln, so z.B.:
DIN VDE 0100-410 „Errichten von Niederspannungsanlagen - … Schutz gegen elektrischen Schlag“
DIN VDE 0100-600 „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen"
DIN VDE 0105-100/-A1 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Allgemeine Festlegungen"
DIN VDE 0701 und 0702 „Prüfung … elektrischer Geräte - Wiederholungsprüfung … „
Für eine Elektrofachkraft sind daher umfangreiche Kenntnisse bezüglich der dort festgelegten Anforderungen und Maßnahmen erforderlich. Sie muss das Grundverständnis für die Wirkungsweise der Schutzmaßnahmen besitzen, um die erforderlichen Prüfungen auszuwählen und fachgerecht durchzuführen.

2 Allgemeines

2.1 Verwendete Formelzeichen

I_a Abschaltstrom der Schutzeinrichtung
I_{EA} Ersatzableitstrom
I_F Fehlerstrom, Strom über die Fehlerstelle
I_K Kurzschlussstrom
I_M Körperstrom, Strom über den Menschen
I_N Nennstrom
$I\Delta_N$ Nennfehlerstrom (z.B. einer Schutzeinrichtung)
I_{SL} Schutzleiterstrom, Strom der über den Schutzleiter abfließt
L Außenleiter, aktiver Leiter
LS Leitungsschutzschalter, Leitungsschutzsicherung
N Neutralleiter
PA Potentialausgleichsleiter
PEN kombinierter Schutz- und Neutralleiter
R_A Erdungsübergangswiderstand des Anlagenerders
R_B Erdungsübergangswiderstand der Betriebserdung
R_I Isolationswiderstand
R_{ISO} Isolationswiderstand
R_K Widerstand der Fehlerstelle bei Körperschluss
R_L Widerstand des Außenleiters
R_M Widerstand des Menschen (Körperwiderstand)
R_{PE} Schutzleiterwiderstand
R_S Schleifenwiderstand, $R_{Schleife}$
$R_Ü$ Standortübergangswiderstand zum Erdreich
R_V Widerstand des Verbrauchers
t Ansprechzeit, Auslösezeit
U_B Berührungsspannung
U_F Fehlerspannung (zwischen Körper des elektr. Betriebsmittels und Bezugserde)
U_L zulässige Berührungsspannung
U_{LN} Leiter - Erde - Spannung
U_N Netzspannung
U_0 Nennwechsel- oder Nenngleichspannung Außenleiter gegen geerdeten Leiter
RCD Fehlerstromschutzschalter, FI-Schutzschalter; z.B. $I\Delta N$ = 30 mA,
Z_S Impedanz der Fehlerschleife

2.2 Übersicht zur Prüfung von Anlagen

In den letzten Jahren gab es mehrere Anpassungen der Normen zu Erst- und wiederkehrenden Prüfungen von elektrischen Anlagen. Das führte zur Angleichung einiger Abläufe und damit zu höheren Anforderungen bei wiederkehrenden Prüfungen.
Bei der Errichtung sowie nach Änderungen / Erweiterungen ist eine „Erstprüfung“ durchzuführen. Hierzu gehören auch Prüfschritte an der noch offenen Anlage, die an der fertigen Anlage nicht mehr sichtbar oder messbar wären. Für jede Anlage muss nach § 16 BetrSichV eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden. Darin sollten Art, Umfang und Häufigkeit von wiederkehrenden Prüfungen für diese Anlage festgelegt werden. Wiederholungsprüfungen sollten alle testbaren sicherheitsrelevanten Eigenschaften erfassen, jedoch weitestgehend ohne Demontage durchführbar sein.

Elektrischen Anlagen: üblicherweise ortsfest, oft mit Gebäuden verbunden, Zusammenschluss mehrerer elektrischer Betriebsmittel, integrierte Sicherheitseinrichtungen		
Zeitpunkt	Erstprüfung (DIN VDE 0100-600)	Wiederkehrende Prüf. (0105-100 / A1)
	Gesamtprüfung vor Inbetriebnahme / nach Änderungen (verantwortlich ist der Errichter)	nach Instandsetzungen / in Zeitintervallen (verantwortlich ist der Betreiber)
Besichtigen (bewusstes visuelles Prüfen der Anlage) umfasst z.B.:	- Sind verbaute Teile normgerecht ausgewählt + eingestellt, unbeschädigt? - sind alle notwendigen Schutzmaßnahmen gegen mögl. Gefährdungen (elektrische, thermische, mechanische u.s.w.) vorhanden und wirksam? - sind alle Schutz-, Erdungs-, Potentialausgleichsleiter, deren Durchmesser, Anschlüsse, Kennzeichnungen, Sicherungen (noch) in Ordnung? - Sind aussagefähige Schaltungsunterlagen vorhanden und aktuell? - Sind nötige Kennzeichnungen und Warnhinweise (noch) vorhanden?	
Erproben und Messen (Feststellen von Ist-Werten bzw. -Zuständen) bei Wiederholungspr. Prüfung von:	- Schutzleiter- und Schutzpotentialleiter- Widerstand, Verb. zu Körpern - Isolationswiderstand (zwischen akt. Leitern, Leiter - Erde, - Schutzleiter) und / oder Test der Differenzstrom- und Isolationsüberwachungsgeräte - Spannungspolarität, einpolige Schalteinrichtungen <u>nur</u> in Außenleitern - Widerstand des Anlagenerders - Wirksamkeit des Schutzes d. autom. Abschaltung (I_K, Z_{Schl}, Abschaltzeit**)** - Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes (FI-Schutz, Potentialausgleich) - Phasenfolge der Außenleiter (Drehfeldrichtung) - Erproben von Schutzeinrichtungen wie Not-Aus und Sicherheitsschleifen - Funktionsprüfung (Schalt- und Schutzgeräte, Stellglieder, Anzeigen ...) - Spannungsfall (Vergleich $U_{Leerlauf}$ mit $U_{Nennlast}$, Impedanz Stromkreis)	
Dokumentation	- Erstellen eines Prüfberichtes, ggf. Dokumentation von Änderungen	

Bild 1: Prüfschritte für elektrische Anlagen nach DIN VDE 0100-600 (/1/) und 0105-100/A1 (/2/)

2.3 Übersicht zur Prüfung von Geräten

Die Vorgaben für Prüfungen der elektrischen Sicherheit von Geräten sind in den Normen DIN VDE 0701 und 0702 beschrieben. Die Hersteller von Geräten müssen zusätzlich dazu die Forderungen weiterer Normen, z.B. zur Einhaltung von EMV-Grenzwerten und zur Vergabe von Prüfzeichen, beachten. In Gefährdungsbeurteilungen können weitere wiederkehrende Prüfungen gefordert werden.

Elektrisches Gerät: elektrisches Betriebsmittel, welches eine abgeschlossene und selbstständige Funktion ausübt. Es kann fest oder über einen Stecker mit der elektrischen Anlage verbunden sein. (z.B. „ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel“ = „oeB“, diese sind leicht zu transportieren und von der Stromversorgung trennbar)	
Zeitpunkt	Vor der Inbetriebnahme sowie nach Änderungen/ Instandsetzungen, und Wiederholungsprüfungen in bestimmten Zeitintervallen
Sichtprüfung (bewusstes visuelles Prüfen der Anlage) umfasst z.B.:	- Ist Gerät frei von Beschädigungen / Verschmutzungen, die die Sicherheit beeinträchtigen könnten (Gehäuse, Lüftung, Zuleitung, Stecker, Schalter) - Sind Eingriffe oder Anzeichen von Überlastung erkennbar? - Eignung des Gerätes für die Umgebungsbedingungen / Einsatzzwecke? - Sind nötige Kennzeichnungen, Warnhinweise, ein Typenschild am Gerät?
Erproben und Messen (Feststellen von Ist- - Zuständen)	- Schutzleiter- Widerstand $R_{SL,}$ Verbindungen zu Gehäuse u.ä. (nur SK I)
	- Isolationswiderstand R_{ISO} zwischen aktiven und berührbaren Teilen
	- Schutzleiterstrom $I_{SL:}$ direkt, als Differenz- oder Ersatzableitstrom (SK I)
	- Berührungsstrom I_B von nicht schutzleiterverbund. Gehäuseteilen (SK II)
	- Funktionsprüfungen (Bedienelemente, Leistungsaufnahme, Anzeigen, …
Dokumentation	- Dokumentation, Auswertung, ggf. Prüfmarke mit neuem Termin

Bild 2: Prüfschritte für die Prüfung elektrischer Betriebsmittel (nach /2/)

3 Arten von Prüfungen bei elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen

3.1 Besichtigen / Sichtprüfung

Das Besichtigen erfolgt, um äußerlich erkennbare Mängel und die grundsätzliche Eignung des Prüflings für den vorgesehenen Einsatzzweck festzustellen. Dazu müssen die vollständige Anlagendokumentation bzw. das Gerätehandbuch und / oder eine Betriebsanweisung und eine Gefährdungsbeurteilung vorliegen.

3.2 Messen und Erproben

„Messen“ bedeutet das Feststellen und die Bewertung von Ist-Werten. Die angegebene Reihenfolge ist einzuhalten, soweit zutreffend. „Erproben“ bedeutet, die Funktionsfähigkeit von Schutzeinrichtungen (z.B. Verriegelungen, Schutzschalter wie RCD und Not-Aus, Überwachungsanzeigen u.ä.) zu testen. Dies kann durch ggf. vorhandene Test-Taster, durch einen Funktionstest oder durch spezielle Messgeräte erfolgen.
Nach Feststellung und Behebung eines Fehlers sind die vorhergehenden Tests üblicherweise zu wiederholen.

3.2.1 Schutzleiter- Prüfung

Normgerechte, unbeschädigte Schutzleiter und gute Kontaktstellen sind ausschlaggebend für die Funktion der Schutzmaßnahme „Erdung“. Der Schutzleiterwiderstand $\mathbf{R_{SL}}$ muss so gering wie möglich sein. Bei Geräten gibt es in der Norm Grenzwerte, bei Anlagen erfolgt eine Berechnung von $\mathbf{Z_S}$ in Abhängigkeit von der zu erwartenden Belastung durch Fehlerströme und der zugehörigen Absicherung des Stromkreises.

Bei **Geräten** wird der **Schutzleiterwiderstand $\mathbf{R_{SL}}$**, d.h. der Widerstand zwischen dem PE-Kontakt des Netzsteckers oder der Zuleitung und allen zu Schutz- oder Funktionszwecken angeschlossenen leitfähigen Teilen (Gehäuse, Tragekonstruktion u.ä.) gemessen. Das Gerät muss zur Prüfung von anderen geerdeten Systemen getrennt werden.

Bei wiederkehrenden Prüfungen von **Anlagen** wird üblicherweise die Messung des **Schleifenwiderstandes $\mathbf{Z_S}$** durchgeführt (siehe 3.2.5.1), die eine Überprüfung des Schutzleiters einschließt. Es wird überprüft, ob der erreichbare Kurzschlussstrom für eine Schnellauslösung der zugehörigen Sicherung ausreichend wäre. Wenn der Schutzleiter erreichbar ist, und immer bei neuen Anlagen, wird eine Messung des Schutzleiterwiderstandes durchgeführt. Dabei wird überprüft, ob der gemessene mit dem berechneten Wert übereinstimmt. Dieser ergibt sich aus Material, Leiterquerschnitt und Temperatur, d.h. dem „Widerstandsbelag“ und der Leitungslänge der einzelnen Teilleiter sowie Kontakt-Übergangswiderständen.
Parallel angeschlossene Schirmungen oder Potentialausgleichsleitungen (PA) können die Messwerte verfälschen und sind ggf. zu entfernen, PA-Leitungen sind extra zu prüfen.

Der Messstrom beträgt je nach Messmethode zwischen 0,1 und 10 A, zumeist DC, oder AC. Mit hohen Strömen könnten erhöhte Kontaktübergangswiderstände durch punktuelle Lichtbögen wegbrennen oder verschweißen.

Prüfling	Nebenbedingung	Grenzwert
Anlage	Art der Anlage, Länge und Dicke der Leitung, Nennstrom für die automatischen Abschaltung	siehe auch „Schleifenimpedanz“
Gerät	Zuleitung < 5m	< 0,3 Ω
Gerät mit langer Zuleitung	je 7,5 m zusätzliche Leitung (bis 16 A)	+ 0,1 Ω, max.1 Ω

Tabelle 1: Geforderte Schutzleiterwiderstände (aus /1/, /2/)

3.2.2 Messung des ohmschen Widerstandes der Isolation

Der **Isolationswiderstand R_{ISO}** ist der ohmsche Widerstand des Isoliermaterials zwischen verschiedenen Leitern bzw. zu berührbaren Flächen. Er gibt Auskunft über die Qualität der galvanischen Trennung zwischen diesen.
Dieser Test darf **erst nach dem bestandenen Schutzleitertest** durchgeführt werden!

Bei **Geräten** wird zwischen den aktiven Leitern und dem Schutzleiter und allen berührbaren leitfähigen Teilen gemessen. Letztere sind bei Geräten der Schutzklasse **I** üblicherweise mit dem Schutzleiter (PE) verbunden, bei Geräten der SK **II** isoliert angebracht. Der Prüfling muss vom Netz getrennt werden. Die aktiven Leiter des Prüflings werden miteinander elektrisch verbunden (Vermeidung kapazitiver Aufladungen). Bei der Messung nach der Strom-Spannungs-Methode wird eine Messspannung angelegt, der Strom gemessen und daraus der Widerstand berechnet. Es muss darauf geachtet werden, dass alle Geräteteile geprüft werden (alle Schalter geschlossen), und in allen Betriebsarten.
Die Messung darf bei Geräten der Informationstechnik bei Wiederholungstests entfallen.

Bei **Anlagen** muss R_{ISO} zwischen den verschiedenen aktiven (ggf. verbundenen) Leitern und dem mit der Erde verbundenen Schutzleiter gemessen werden, bei Erstprüfungen auch zwischen aktiven Leitern. Die Messung erfolgt bei all-poliger Trennung vom Netz. Der Neutralleiter ist ggf. von der Haupterdungsschiene zu trennen. Es muss festgelegt sein, ob fest angeschlossene Geräte in die Messung einbezogen oder vorher abgeklemmt werden sollen. Wenn ein Differenzstrom- oder Erdungsüberwachungsgerät vorhanden ist, ist es bei wiederkehrenden Prüfungen ausreichend, nur dieses zu prüfen.

Üblicherweise sind reale Werte intakter Isolierungen wesentlich höher als die angegebenen Grenzwerte. Ist R_{ISO} zu gering, kann es durch Fehlerströme am Ort der defekten Isolation zu Bränden kommen. Bei gleichzeitig fehlendem oder defektem PE-Leiter können zudem gefährlich hohe Berührungsspannungen auftreten.

Prüfobjekt	**Messspannung (DC)**	**Min. Isolations-widerstand**
Anlage mit SELV / PELV	250 V	≥ 0,25 MΩ
Anlage bis einschl. 500 V Nennspannung sowie FELV, ohne / mit Verbrauchern	500 V	≥ 1,0 MΩ (1000 / 300 Ω/V)
Anlage über 500 V Nennspannung	> U_N	≥ 1,0 MΩ
Geräte Schutzklasse I allgemein	500 V	≥ 1,0 MΩ
Geräte Schutzklasse I mit Heizelementen	500 V	≥ 0,3 MΩ
Geräte Schutzklasse II	500 V	≥ 2,0 MΩ
Geräte Schutzklasse III	250 V	≥ 0,25 MΩ

Tabelle 2: Geforderte Mindest-Isolationswiderstände (aus /1/, /2/)

Falls zwischen aktivem Leiter und Schutzleiter elektronische Bauteile, z.B. Überspannungsableiter geschaltet sind, müssen diese ggf. vor der Prüfung abgeklemmt oder ein Messverfahren mit einer reduzierten Prüfspannung ($U_{prüf}$ ≤ Nennspannung des Gerätes) verwendet werden.

3.2.3 Messung des Schutzleiterstromes

3.2.3.1 Direkte Messung (Geräte der SK I, ggf. bei Anlagen)

Der Schutzleiterstrom ist die Summe aller Ströme, die über den Schutzleiter abfließen. Wenn I_{SL} durch den PE-Leiter fließt, kann er direkt während des Betriebes bei Netzspannung und –Frequenz z.B. mittels Stromzange oder Messgerät erfasst werden. Der Prüflingskörper muss während der Prüfung vollständig von der Umgebungserde isoliert sein.

3.2.3.2 Messung von Ableitströmen (nur bei Geräten)

Diese Messung erfolgt mit Wechselspannung (AC). Zusätzlich zu den bereits bekannten ohmschen Widerständen werden hierbei auch kapazitive Widerstände erfasst. Diese sind zumeist bauartbedingt und führen zu zusätzlichen Ableitströmen über den Schutzleiter. Sie können dazu beitragen, dass bei einem Betrieb in einer Anlage deren RCD auslöst.

3.2.3.3 Alternative Methode: Messung des Ersatzableitstromes

Das Gerät muss vom Netz getrennt und an ein spezielles Messgerät angeschlossen werden. Dieses erzeugt eine Ersatz-Wechselspannung veränderlicher Höhe (10 bis 220 V AC). Intern wird der bei der Messspannung fließende Ableitstrom gemessen und daraus der Ableitstrom berechnet und angezeigt, der bei Netzspannung fließen würde.
Diese Messung ist nur möglich, wenn keine netzspannungsabhängigen Schalteinrichtungen vorhanden sind.

Prüfling	Grenzwert I_{SL}	Bemerkung
Gerät allgemein	3,5 mA	andere Grenzwerte durch Produktnorm oder Herstellerangaben möglich
Gerät mit eingeschalteten Heizelementen bei einer Gesamtleistung > 3,5 kW	1mA/kW, max. 10 mA	

Tabelle 3: Höchstwerte für den Ableitstrom bzw. Fehlerstrom (aus /2/)

3.2.3.4 Messung des Differenzstromes

Wenn parallel zu PE-Leiter Verbindungen zum Erdpotential bestehen, z.B. durch das geerdete Gehäuse, würde bei der direkten Messung an PE ein Teil der Ströme nicht erfasst. Differenzstrommessgeräte funktionieren ähnlich wie RCD und messen die Differenz zwischen dem hineinfließenden und den durch den N-Leiter zurückfließenden Strom. Die Messgeräte werden zur Überwachung von R_{Iso} in Anlagen zumeist fest installiert.

Für alle Verfahren gilt: Es ist dafür zu sorgen, dass alle Netzspannungs-Schalter geschlossen sind, und dass ggf. in mehreren Betriebsarten getestet wird.

3.2.4 Messung des Berührungsstromes

Der **Berührungsstrom I_B** ist der Strom, der beim Berühren von Teilen des Gerätes (die nicht mit einem PE verbunden sind) über einen **Widerstand von 2 kΩ** zur Erde fließen kann. Die Messung ist bei Betrieb des Gerätes mit Netzspannung (wie beim Schutzleiterstrom) direkt oder als Differenz (oder ggf. mit einer Ersatzspannungsquelle) möglich.

Geräteteil	Grenzwert I_B	Bemerkung
nicht mit dem Schutzleiter verbundene berührbare leitfähige Teile	0,5 mA	bei gleichzeitig mit einer Hand berührbaren Teilen die Summe bewerten

Tabelle 4: Höchstwerte für den Berührungsstrom (aus /2/)

3.2.5 Messungen, die nur bei Anlagen durchgeführt werden

Nach der Kontrolle des Erdungsanschlusses und des Isolationswiderstandes müssen bei Anlagen weitere Prüfungen durchgeführt werden. Je nach verwendetem Erdungssystem (TN, TT, IT) und verwendeten Sicherheitsgeräten und deren Nennwerten gelten hier zumeist anlagenspezifische Grenzwerte.

3.2.5.1 Prüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung

Die **Schleifenimpedanz Z_S** wird ermittelt als Summe aller Scheinwiderstände in der Stromschleife, durch die der Strom während eines Kurzschlusses zwischen L und PE oder einem niederohmigen Körperschluss fließen würde. Z_S besteht aus der Impedanz der Stromquelle, der des Außenleiters von einem Pol der Stromquelle bis zur Fehler- bzw. Messstelle und der Impedanz des Schutzleiters (TN-System) oder des Erdungswiderstandes (TT-System) von der Fehlerstelle zurück zur Stromquelle. Ähnliche Werte erreicht bei TN-Systemen die Messung des „Netzinnenwiderstandes“ über L und N, ein defekter PE würde aber nicht erkannt.
R_{Schl} sollte normalerweise < 2 Ohm sein, und ist stark abhängig vom Anlagenaufbau.
Bei dieser Messung wird überprüft, ob ein genügend hoher Strom fließen kann, um die zugeordnete **Überstromschutzeinrichtung** schnell und sicher zum **Auslösen** zu bringen (abhängig von der Abschaltcharakteristik, Richtwert: 10 * I_N des LS-Schalters).

3.2.5.2 Widerstand des Anlagenerders R_A bzw. R_E

Das ist der Widerstand, den das Gebäude oder die Anlage einem Stromfluss von der Erdungsanlage (Haupterdungsanschlusspunkt) über Fundament- oder Tiefenerder in das umgebende Erdreich und damit letztendlich zurück zum Erder des Energieversorgers entgegensetzt. R_E kann wichtig für die normgerechte Abschaltung (s.o.), sowie für das Funktionieren eines Blitzableiters sein. Nach /1/ wird die Messung bei bestimmten Anlagen, z.B. bei IT und TT-Systemen, gefordert. Gute Erder sollten Werte < 10 Ohm erreichen. Die Messung muss mit speziellen Messgeräten unter Beachtung der Umgebungsbedingungen (Einplanung veränderlicher Erdfeuchte, Setzen von Hilfserdern und Messsonden in das Erdreich außerhalb von Spannungstrichtern) durchgeführt werden.

3.2.5.3 Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes

Der **Potentialausgleich** der gesamten Anlage ist zu überprüfen (Richtwert PA-Leitungen: < 3 Ω). Dieser dient der Vermeidung unzulässig hoher Berührungsspannungen zwischen gleichzeitig berührbaren Metallgegenständen.

Bei **FI-Schutzschaltern** muss die Einhaltung der maximalen Abschaltzeit bei Isolationsfehlern überprüft werden (z.B. < 0,2 s) sowie der minimal notwendige Auslösestrom. Weiterhin wichtig ist die maximale messbare Berührungsspannung berührbarer Teile der Anlage zum Auslösezeitpunkt (< 50 V).

3.2.5.4 Drehfeldrichtung

Bei Drehstromsteckdosen ist zu überprüfen, ob die Drehfeldrichtung ein Rechtsdrehfeld ergibt. Dabei ist von vorn auf die z.B. in der Wand eingebaute Steckdose zu schauen.

3.3 Prüfabschluss und Prüffristen

Wiederum sowohl für Geräte als auch für Anlagen werden folgende abschließende Prüfschritte, soweit zutreffend, durchgeführt:

- Bei einem **Funktionstest** wird die Funktion der Bedienelemente, das Verhalten des Gerätes bei der Betätigung von Schaltern, beim Auslösen von Schutzeinrichtungen, die Verbrauchskennwerte (im eingeschalteten Zustand) und ggf. die Ausgangswerte wie Spannungen oder Signale überprüft.
- Eine **Dokumentation** der Prüfergebnisse muss erfolgen, ggf. wird eine Prüfmarke mit neuem Termin angebracht, bei Nichtbestehen sind weitere Maßnahmen einzuleiten.

Zur Beurteilung der erforderlichen **Prüffristen** können die Vorschläge in der DGUV-Vorschrift 3 bzw. 4 genutzt werden.

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist Richt- und Maximalwerte	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel	Festlegung in Gefährdungsbeurteilung, max. **4 Jahre**	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Fehlerstrom-, Differenzstrom- u.ä. Schutzschalter - in stationären Anlagen - in nichtstationären Anlagen	**6 Monate** **arbeitstäglich**	auf einwandfreie Funktion durch betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt); sowie - Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen; - Anschlussleitungen mit Stecker; - bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss	**Richtwert 6 Monate,** **auf Baustellen 3 Monate**. Bei geringer Fehlerquote < 2% und dementsprechender Gefährdungsbeurteilung und Antrag ist Prüffrist verlängerbar; Maximalwert auf **Baustellen**, in Fertigungsstätten oder unter ähnlichen Bedingungen auf max. **1Jahr** **in Büros** oder unter ähnlichen Bedingungen auf max. **2 Jahre**	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte auch elektrotechnisch unterwiesene Person

Bild 3: Prüffristen (Auswahl, nach DGUV)

3.4 Hinweis auf weitere Anwendungen

Nur am Rande betrachtet werden in diesem Praktikum Anwendungen mit Schutzkleinspannung (z.B. Geräte der Schutzklasse III). Die Regeln und Grenzwerte dafür können in den angegebenen Quellen nachgelesen werden. Der Einfluss des speisenden Netzes auf die Auswirkungen von Fehlern in Geräten und Anlagen wird in den Praktika E9/A6 (Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen) und E11 (IT-Netze) ausführlicher behandelt.

4 Vorbereitungsaufgaben

4.1 Definieren Sie: Elektrische Anlage / Elektrisches Betriebsmittel

4.2 Welche Prüfungen müssen an elektrischen Anlagen durchgeführt werden? Welche Grenzwerte oder Regeln sind ggf. vorgeschrieben?

4.3 Die Prüfung von Anlagen kann als Erst- oder als Wiederholungsprüfung stattfinden. Zu welchen Zeitpunkten / Anlässen muss welche Prüfung durchgeführt werden, und wer ist jeweils dafür verantwortlich?

4.4 Wie lautet die Definition eines elektrischen Schutzleiters? Welche Anforderungen muss dieser erfüllen?

4.5 Was ist ein „Potentialausgleich“? Warum, wo und wie wird dieser eingesetzt?

4.6 Was ist eine „Schleifenimpedanz“ (Z_S)? Nennen Sie deren Bestandteile. Wie groß darf diese sein, und wozu benötigt man deren Größe?

4.7 Wie kann Z_S in einer Anlage während des Betriebes gemessen werden?

4.8 Welche Prüfschritte sind bei der elektrischen Prüfung von Betriebsmitteln (d.h. elektrischen Geräten) der SK1 durchzuführen? (Reihenfolge beachten, wichtige Grenzwerte angeben)

4.9 Berechnen Sie überschlägig den Schutzleiterwiderstand zweier Schuko-Verlängerungskabel von je 10 m Länge und unterschiedlicher Dicke. (Leitermaterial: Kupfer, 25 °C, Annahme: Übergangswiderstände an den Kontakten: je 0,02 Ohm). Geben Sie alle verwendeten Kennwerte, Formeln und Zwischenergebnisse an. Vergleichen Sie mit den Grenzwerten der Norm. Bewerten Sie die Ergebnisse.

Formel	Kabel-querschnitt	Berechneter Schutz-leiterwiderstand	Norm-gerecht?
	0,75 mm²		
	1,5 mm²		

Tabelle 4: Berechnung Schutzleiterwiderstände

5 Versuchsdurchführung

Die „Anlagenprüfungen“ und „Prüfungen ortsveränderlicher Geräte“ finden teils an einem Versuchsplatz statt, teils an realen zu testenden Geräten bzw. Anlagen.
Die Aufgaben sind mit verschiedenen handelsüblichen Messgeräten auszuführen (siehe rechte Spalte in den Tabellen). Nutzen Sie ggf. die ausliegenden Kurzanleitungen.

Sicherheitsregeln während der Versuchsdurchführung:

Einige Messungen werden bei realer **Netzspannung (**ca. **240 V)** durchgeführt! Es dürfen nur unbeschädigte berührungsgeschützte Messkabel und Steckbrücken verwendet werden. Vor Veränderungen an der Schaltung muss die Spannung an der Anschlusseinheit abgeschaltet werden. Ein Wiedereinschalten darf nur nach Freigabe durch den Versuchsbetreuer erfolgen. **Einige Messungen müssen bei abgeschalteter Netzspannung erfolgen, da sonst das Messgerät zerstört werden könnte!**
Bei jedem Anzeichen einer Fehlfunktion muss sofort die Spannung abgeschaltet oder der Not-Aus-Taster betätigt und der Laboringenieur informiert werden.

<u>Aufgabe 1</u> Erstprüfung einer Anlage vor der Inbetriebnahme

Energieversorgung der Anlage:

- Wandsteckdose Raum S205 (AC, 240 V, L / N beachten, oder Drehstrom)
- Schalttafel-Messinstrument zur Kontrolle der Versorgungsspannung
- [*Anschlusseinheit*] mit Schutzleiter, LED´s und Einschalter,
- [*Kontrolleinheit*] mit Sicherung, Ein-Aus-Tastern, Schaltschütz und Not-Aus
- Ergänzungseinheit: [*FI-Schutzschalter 30 mA*]

Weitere Komponenten, die zur Verbraucheranlage gehören:

- „Fest“ verlegte Leitungen, Abzweige zu einer fest angeschlossenen [*Steckdose*]
- und zu fest angeschlossenen Geräten [*Heißwasserspeicher*] und [*Automat*]

Anschlusseinheit! RCD einzeichnen!

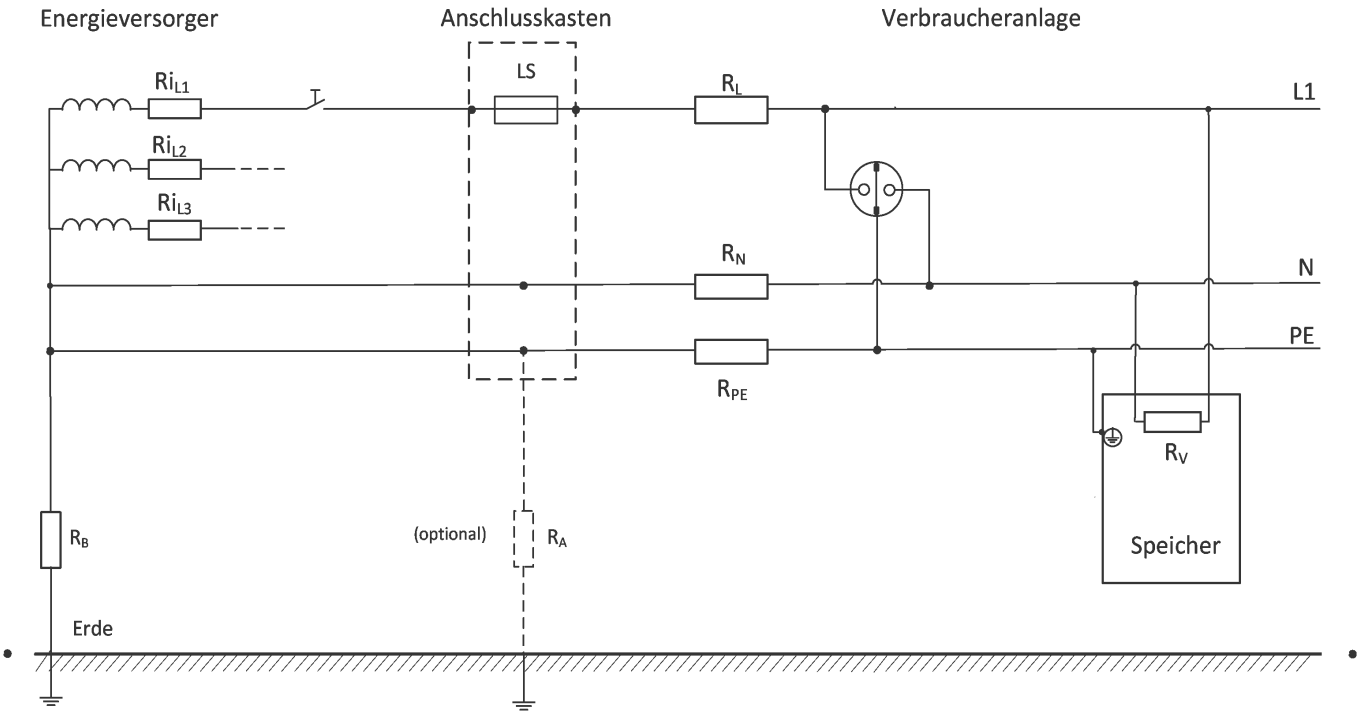

Bild 4: Versuchsstand „Anlagenprüfung“ (TN-S-System)

Sichtprüfung der Anlage:

- Kontrolle der PE- und Erdverbindungen, an der [*Steckdose*] Steckbrücke bei „0“
- Kontrolle der Laborkabel und Steckbrücken zwischen den Platten auf festen Sitz
- Einschalten der Stromversorgungs-Anschlusseinheit. Ggf. Kontrolle Polarität.
- Am Schalttafelinstrument ablesen: ca. 220 – 245 V (L-N) liegen an?
- Einschalten der Anlage an der Kontrolleinheit: Das Schütz schaltet hörbar ein.
- Schalten Sie die Anlage an der Anschlusseinheit wieder aus: das Schütz fällt ab.

<u>Aufgabe 1.1</u> Optional: **Kontrolle der Durchgängigkeit der Schutzleiter** (**R_{SL}**)

- Diese Prüfung erfolgt nur bei der Erstprüfung, vor der Inbetriebnahme der Anlage.
- Kontrollieren Sie, dass die **Anschlusseinheit auf „0“ (<u>ausgeschaltet)</u>** ist!
- Wählen Sie die richtige Einstellung des Messgerätes aus.
- Verbinden Sie den schlanken Anschluss des Messgerätes mit dem Haupterdungs-Anschlusspunkt der Anlage, den anderen mit einem Testpunkt (Tabelle 1.1).
- An der [Steckdose] kann mittels Umstecken einer Brücke (von „0“ auf „2“) der PE-Widerstandswert verändert werden. Bei Geräten sind Messpunkte (1/2) bezeichnet.
- ***Frage:*** *Sollten die Geräte dabei ein- oder ausgeschaltet sein oder ist das egal?*

		Steckdose	**HW-Speicher**	**Automat**	**Messgerät**
R_{SL} / Ω		(PE "0")	(Testp.1)	(Testp.1)	Benning oder Metriso 1000 D
		(PE "2")	(Testp.2)	(Testp.2)	
zuläss. **R_{SL}**					

Tabelle 1.1: Messwerte Schutzleiterwiderstand

Bewerten *Sie die Messergebnisse. Schlagen Sie ggf.* ***Maßnahmen*** *zur Verbesserung vor und besprechen Sie die Notwendigkeit / Realisierbarkeit mit dem Versuchsbetreuer.*

<u>Aufgabe 1.2</u> Bestimmung von Schleifenimpedanz Z_S und Kurzschlussstrom

Hinweis: Spezielle Messgeräte haben intern einen Prüfwiderstand (z.B. 10 Ω), mit dem die Anlage kurzzeitig stark belastet wird, jedoch ohne die Sicherung auszulösen. Durch Messung von Stromfluss (L- PE) und Spannungsfall (Differenz zwischen unbelasteter Spannung und der Spannung während der Messung) können die Schleifenimpedanz und der zu erwartenden Kurzschlussstrom berechnet werden. Das Messverfahren hat eine Messungenauigkeit von bis zu 30 %. Durch Erwärmung und Alterung von Leitern und Verbindungen verschlechtert sich der Wert bei Betrieb der Anlage weiter. Der gemessene Widerstandswert sollte also sicherheitshalber weit (50%) unter dem rechnerisch ermittelten zulässigen Höchstwert liegen. (siehe auch 3.2.5.1)

- Diese Prüfung kann nur bei einer <u>in Betrieb</u> befindlichen Anlage stattfinden.
- Machen Sie sich mit dem Messgerät vertraut. Nutzen Sie die Kurzanleitung.
- Schließen Sie das Messgerät phasenrichtig an [*Steckdose*] bzw. [*Automat*] an.
- Schalten Sie (nach Freigabe durch den Versuchsbetreuer) die Anlage ein.
- Beachten Sie die Anzeigen auf dem Display. Wählen sie mittels Taste „Menü“ die richtige Messung aus. (ggf. Rücksprache mit Versuchsbetreuer)

	Span-nung	**Steckdose** (PE-Brücke bei „2“)	**Automat** (Testpunkt „2“)	**Automat** (repariert) (Testpunkt „2“)	**Mess-gerät**
$Z_{Schleife}$ bzw. **$R_{Schleife}$ / Ω**	ca. 240 V				Benning, PG 0100 oder Profitest
I_K / A	ca. 240 V				
zulässiger Wert für **I_K**					

Tabelle 1.2: Messwerte Schleifenwiderstände und Kurzschlussströme

Notieren *Sie, ob die Ergebnisse in dem für diese Anlage zulässigen Bereich liegen!*

<u>Aufgabe 1.3</u> Bestimmung des Isolationswiderstandes R_{iso} der Anlage

- Anlage **<u>abschalten!</u>** Trennen Sie im Anschlusskasten L1, sowie N von PE.
- Wählen Sie die richtige Prüfspannung am Messgerät aus.
- Wählen Sie je nach Prüfung die richtigen Messpunkte aus, Eintragung in Spalte 1.
- Testen Sie die Anlage einmal mit und einmal ohne fest angeschlossene Geräte.

Messpunkte	**240 V**	**fest angeschlossene Geräte „ein“**	**/ „aus“**		**Messgerät**
R_{iso} …… / MΩ	**Aus !**				Benning oder Metriso Tech U = …….V Spannungsform: …….
R_{iso} …….. / MΩ	**Aus !**				
Max. zuläss. Wert für **R_{iso}**					

Tabelle 1.3: Messwerte Isolationswiderstand

- *Liegen die Ergebnisse in dem für diese Anlage **zulässigen** Bereich?*
- ***Erklären** Sie den Unterschied der Ergebnisse bei ein- und ausgeschalteten Geräten!*

<u>Aufgabe 1.4</u> Funktionstest der Schutzelemente („N“ wieder verbunden!)

- Testen Sie die möglichen Sicherheits- und Abschaltfunktionen der Kontrolleinheit.

Bauteil	Test / Funktion	Bauteil	Test / Funktion

Tabelle 1.4: Schutzfunktionen

Notieren Sie, welches Bauteil Sie wie getestet haben und welche Schutzfunktion es erfüllt.

<u>Aufgabe 1.4.1</u> Optional: **Bestimmung der Kennwerte des RCD in dieser Anlage**

- Bestimmen Sie an der Steckdose (PE-Brücke bei "2") die am Testpunkt vor dem Auslösen maximal anliegende **Berührungsspannung, Auslösezeit** und **Auslösestrom** des RCD!

RCD	**Span-nung**	**Berührungs-spannung / V**	**Auslösezeit ms**	**Auslösestrom mA**	**Messge-rät**
Messwerte	ca. 240 V				Benning
Normwert bzw. -Bereich					

Tabelle 1.5 RCD Messwerte und Normwerte an der Steckdose (PE-Brücke bei „2“)

<u>Aufgabe 1.6</u> (optional) **Prüfung des Erdungswiderstandes des Anlagenerders (R_A)**

- Die Prüfung erfolgt ggf. am Anlagenmodell „TT-Netz“ vom Versuch E9 (R_B = 2,2 Ω)
  Erforderliche Geräte-Zusatzausstattung:
  „Erdspieß“ zur Simulation einer Referenz-Erdungssonde (Schalttafel-Platte [*Sonde*])
  Anlagen-Prüfgerät „PG 0100 N“ zur Feststellung von R_A, oder Benning mit 2 Sonden
  Wählen Sie einen Messbereich (R_E). Nutzen Sie ggf. die ausliegende Gerätebeschreibung. Wählen Sie mittels Brücken zuerst den größeren, dann **den kleineren** R_A aus.

Anlagenerder	$R_{A\ (groß)}$= Ω	$R_{A\ (klein)}$= Ω

<u>Aufgabe 1.7</u> (optional) **Prüfung des Potentialausgleichs der Anlage in Raum S205**

- Erforderliche Geräte-Zusatzausstattung:
  Multimeter zur Messung des vorhandenen Potentialunterschiedes
  Stromzange zur Messung des Ausgleichsstromes (oder Messgerät DM62, hellgrün)
  Schiebewiderstand 1 kOhm zur Simulation des menschlichen Körperwiderstandes

Versuchsdurchführung:
- Bestimmung des Potentialunterschiedes zwischen Heizkörper und PE der Steckdose
- Welcher Strom fließt bei einer galvanischen Verbindung beider?
- Welcher Strom würde bei Berührung über den Menschen fließen?

Dieser Versuch findet üblicherweise im Rahmen des Kolloquiums mit dem Prof. statt.

<u>Aufgabe 1.8:</u> Prüfung der Drehfeldrichtung einer 5-poligen Steckdose

- Erforderliche Geräte: Benning (Vorsicht mit den Prüfspitzen!) oder Testkoffer "PAKS"
- Welche Standard-Drehfeldrichtung ist vorgeschrieben?
  Skizzieren Sie das.

- Bestimmen Sie mit dem Prüfgerät die Richtung des Drehfeldes einer Drehstromsteckdose und die eines Verlängerungskabels.

Drehfeld	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
Drehstrom-Steckdose		**Benning** oder **PAKS**
5-poliges Verlänge-rungskabel		

Tabelle 1.8: Bestimmung des Drehfeldes

<u>Aufgabe 2</u> Prüfung an einem „Elektrischen Gerät der Schutzklasse I“

Das Gehäuse des Prüflings „Gerät der Schutzklasse I“ befindet sich aus Sicherheitsgründen hinter einer Schalttafel, drei „Erdungspunkte“ sind nach vorn geführt. Mittels Drehschalter (Positionen 1 – 4) können 4 verschiedene Geräte bzw. deren Fehlerzustände eingestellt werden.

Die Messungen sind mit verschiedenen handelsüblichen Messgeräten durchzuführen (siehe Aufgabentexte).

Messaufbau:
- Spannungsversorgung über [*Einphasen-Anschlusseinheit*], obere LED [L1] leuchtet
- mit Sicherung, Ein-Aus-Schalter, Verbindungen zur [*Steckdose*], Brücke bei „0“
- Verbindung des Erdanschlusses des Prüflings mit der Anschlusseinheit

Inbetriebnahme:
- Vor Beginn jeder Messung sollte der Prüfling ausgeschaltet sein. Der Geräte-Wahlschalter sollte zuerst auf „1“ stehen.
- Kontrollieren Sie, ob die drei Brücken für den PE- und Stromanschluss gesteckt sind.
- Das „Gerät“ besitzt ein normales Anschlusskabel mit Schuko-Stecker. Dieses darf nur zum Anschluss an die Platte [*Steckdose*] benutzt werden! Bitte anschließen.

- Nach Abnahme der Schaltung durch den Versuchsbetreuer: Anlage und Gerät einschalten. Funktionstest: LED- Schalter und Lampe des Gerätes leuchten.

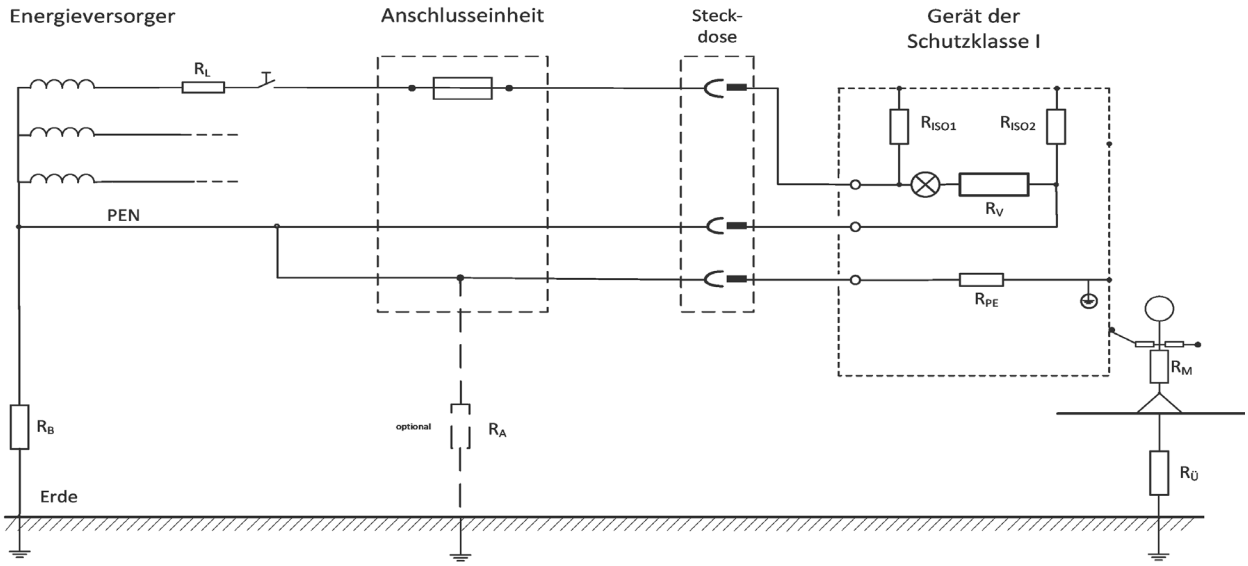

Bild 5: Messaufbau zur Prüfung eines Gerätes der Schutzklasse I

Führen Sie den elektrotechnischen Teil einer Prüfung ortsveränderlicher Betriebsmittel nach DIN VDE 0702 durch.
Führen Sie die Messungen **zügig** aus. (**Erwärmungsproblem**). Schalten Sie jetzt und in Messpausen die [*Einphasen-Anschlusseinheit*] aus.

Aufgabe 2.1 Bestimmung der Schutzleiterwiderstände

Entfernen Sie den Netzstecker des Prüflings wieder aus der Platte [*Steckdose*].
- Verbinden Sie den schlanken Anschluss des Messgerätes mit einem sinnvollen Bezugspunkt (z.B. dem Schutzleiterkontakt am Netzstecker des Prüflings).
- Verbinden Sie das andere Prüfkabel mit einem der Prüfpunkte (PE Tür, PE Fuß).
- Überlegen Sie, ob der Prüfling ein- oder ausgeschaltet sein muss, oder ob das egal ist.
- Starten Sie die Messung. Sollte bei einer der Einstellungen kein Messwert angezeigt werden, benutzen Sie ggf. einen anderen Messbereich oder ein Multimeter.

Wahlschalter	Netzspann.	PE Tür / Ω	PE Fuß / Ω	Messgerät
Gerät 1	**ohne**			Metriso 1000-D
Gerät 2				
Gerät 3				
Gerät 4				
4 *				

Tabelle 2.1: Schutzleiterwiderstände

Wie hoch ist der Grenzwert? Bewerten Sie die Ergebnisse.
Hat eines oder mehrere dieser Ergebnisse einen Einfluss auf den weiteren Prüfablauf?
Schlagen Sie ggf. eine Maßnahme vor und realisieren Sie diese nach Rücksprache.
Notieren Sie die veränderten Ergebnisse bei 4 *.

Aufgabe 2.2 Bestimmung der Isolationswiderstände

- Der Prüfling wird zuerst vom Netz getrennt, das Prüfgerät erzeugt die Prüfspannung.
- Bei welcher Spannung muss diese Prüfung durchgeführt werden (Höhe, AC / DC)?
- Welche Anschlüsse sollten beim Betrieb gut gegeneinander isoliert sein? Welche Anschlüsse können / müssen Sie gegeneinander prüfen? Welche dürfen Sie **nicht** prüfen?

  - Diese Messung ist mit verschiedenen Messgeräten möglich. Zumeist muss der Prüfling vom Netz getrennt werden (Schuko-Stecker aus der [*Steckdose*] entfernen, Stecker ggf. mit dem Messgerät verbinden!). L- und N-Leiter können (nur bei abgeschalteter Netzspannung!) gemeinsam (verbunden) getestet werden. Bei einigen Messgeräten wird das bereits intern so verschaltet, andere können jede Leitung einzeln testen.

- Überlegen Sie, ob der Prüfling bei dieser Messung ein- oder ausgeschaltet sein muss!

Messgerät	Netzspannung	Spannungshöhe	Spannungsform	Prüfung zwischen den Anschlüssen	Prüfling einschalten?
Metriso Tech	ohne!				

Messeinstellungen für Aufgabe 2.2

Tragen Sie die Messwerte in die folgende Tabelle ein:

Wahlschalter	Netzspannung	R_{ISO} / k Ω	Messgerät
Gerät 1	**ohne**		Metriso Tech oder Metrawatt M 5013
Gerät 2			
Gerät 3			
Gerät 4			
Gerät 4 *			

Tabelle 2.2: Isolationswiderstände

Welcher Grenzwert gilt? Welche Geräte würden diese erfüllen?
Warum ist der bei „Gerät 4“ gemessene Wert unrichtig?
*Überprüfen Sie bei "4 *“ den Einfluss der unter Aufgabe 2.1. realisierten Maßnahme.*
Entfernen Sie die beiden Hilfskabel wieder vom Gerät.

<u>Aufgabe 2.3:</u> Bestimmung des Ersatzableitstromes

Eine weitere Methode, den Zustand der Isolation von Geräten der Schutzklasse I festzustellen, ist die Bestimmung des Ersatzableitstromes. Bei netzspannungsbetriebenen empfindlichen Geräten wie Heizdecken ist das eine sehr schonende Prüfung.

- Stellen Sie am Drehschalter die „1“ ein. Verbinden Sie das „Metrawatt“ mit der Steckdosenleiste. Stellen Sie den richtigen Messbereich ein.
- Verbinden Sie den Netzstecker des Prüflings mit der Prüfdose des Messgerätes.
- Benutzen Sie ein Multimeter (16 S) um festzustellen, mit welcher Spannung $U_{prüf}$ das Messgerät arbeitet. Benutzen Sie ein weiteres Messgerät (18 S) oder eine Stromzange (mit 10 Windungen des Messkabels) um den real fließenden Ableitstrom zu messen.

- *Mit welcher Prüfspannung arbeitet das Metrawatt? Welcher Ersatzableitstrom I_{EA} wird am Metrawatt angezeigt? Welcher I_{SL} fließt gleichzeitig real durch den Schutzleiter?*

Gerät	Netzsp.	I_{EA} / mA	$U_{prüf}$ (*1)/ V AC oder DC?	I_{SL} (*2)/ mA	Grenzw.: …… Norm erfüllt?	Messgerät
1	**ohne**					**Metrawatt M5013 Multimeter Stromzange**
2						
3						
4						
4 *						

Tabelle 2.3: Ersatzableitstrom *1: Messgerät „16 S“ verwenden! *2: Stromzange oder Messgerät „18 S“ verw.

Warum ist eine nochmalige Überprüfung der „Isolation“ mit AC notwendig?
Vergleichen Sie das Ergebnis mit Tabelle 2.2. Erklären Sie auftretende Unterschiede, z.B. bei Gerät 1!
Stromversorgung abschalten.
Ggf. I_{SL}-Messgerät wieder herausnehmen und **PE verbinden**.

Aufgabe 2.4 (optional) **Bestimmung des Schutzleiterstromes I_{SL} sowie der Berührungsspannung U_B und des Körperstromes I_K**

Eine andere Methode, den Zustand der Isolation von Geräten der Schutzklasse I zu bestimmen, ist die Erfassung des Schutzleiterstromes während des Betriebes des Gerätes. Stellen Sie fest, durch welche Gerätefehler der Modellmensch gefährdet gewesen wäre. Nutzen Sie ggf. auch die Stromzange zur Messung des Schutzleiterstromes.

- Verbinden Sie die "Hand" des Modellmenschens mit der Buchse „PE Tür“, die "Füße" mit dem „Erdreich“ (R_M beträgt 750 Ω, Brücke bei $R_Ü$ 220 Ω setzen).
- Schließen Sie Multimeter zur Messung des Schutzleiterstromes $\mathbf{I_{SL}}$, der Berührungsspannung $\mathbf{U_B}$ und des Körperstromes durch den Modellmenschen $\mathbf{I_M}$ (= $\mathbf{I_K}$) an!
- Verbinden Sie den Schukostecker des Prüflings mit der Platte [*Steckdose*].

Hinweis: Führen Sie die Messungen **zügig** aus (**Erwärmungsproblem**).

Gerät	Netzspann.	U_B / V	$I_K = I_M$ / mA	I_{SL} / mA	Bemerkungen
1	Ein (Stecker - Richtung "A", Leitung nach unten)				
2					
3					
4					
1	Ein (Richtung „B“ Leitung nach oben)				
2					
3					
4					
4 *					

Tabelle 2.4: Einfluss von R_{iso} und R_{SL} auf U_B, I_K und I_{SL}

Aufgabe 2.5 **Zusammenfassung**

- Übertragen Sie (in Worten) die Messergebnisse der Aufgaben 2.1 bis 2.3 in die folgende Tabelle (z.B. gut, grenzwertig, sehr schlecht).
- Notieren Sie verbal das Prüfergebnis für jedes der 5 Geräte. Welches hätte eine Prüfplakette erhalten?

Gerät	Schutzleiter-Widerstand	Isolations-widerstand	Ableitstrom / Ersatzableitstrom	Ergebnis
1				
2				
3				
4				
4 *				

Tabelle 2.5: Zusammenfassung

<u>Aufgabe 3:</u> Prüfungen an realen ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmitteln (oeB) nach DIN VDE 0701 - 0702

Nutzen Sie für die folgenden Aufgaben industrieübliche Messgeräte. Diese sollten Sie bei der Durchführung normgerechter Prüfungen unterstützen.

<u>Aufgabe 3.1:</u> Wiederholungsprüfung von Geräten

Das hier zu verwendende Prüfgerät **„Secutest“** vereinigt in sich alle notwendigen Funktionen zur Geräteprüfung. Mit dem standardisierten Testablauf (Wahlschalter auf „VDE 0702“) ist eine teilautomatisierte, schnelle und rationelle Prüfung möglich. Orientieren Sie sich an den Anzeigen auf dem Display. Über den angeschlossenen Drucker können die Prüfergebnisse ausgedruckt und später an das Protokoll angeheftet werden. Möglich wäre auch eine Datenübertragung an einen PC.

- Führen Sie an zwei Geräten (Schutzklasse 1, Schutzklasse 2) eine Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0701-0702 durch und tragen Sie die Prüfschritte und Ergebnisse in die Tabellen ein und / oder kommentieren Sie die Ausdrucke!

Testobjekt	Prüfschritte	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
Name: …… …… …… Schutzklasse …..			

Tabelle 3.1a: Gerätetest 1

Testobjekt	Prüfschritte	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
Name: …… …… …… Schutzklasse …..			**Secutest**

Tabelle 3.1b: Gerätetest 2

(Platz zum Anheften der Protokollausdrucke: nächste Seite)

Protokollausdrucke Aufgabe 3.1:

Aufgabe 3.2: Prüfung eines elektronischen Gerätes

Das hier zu verwendende Gerät "Minitester" ist ein besonders einfach zu bedienendes Prüfgerät für Standard-Wiederholungsprüfungen. Mit diesem Gerät kann ausnahmsweise statt des üblichen Isolationstestes der Differenzstrom (entspricht dem Ableitstrom) bei Nennspannung überprüft werden. Damit ist auch ein Test empfindlicher elektronischer Geräte möglich, deren Elektronik bei Tests mit $U > U_N$ Schaden nehmen könnte.

- Prüfen Sie den schon etwas älteren PC.

Prüfschritte	Ergebnis/ Bemerkungen	Messgerät
		Minitester

Tabelle 3.2: PC-Test

Abschlussfragen:

1. Fassen Sie in einer Tabelle zusammen, welche Prüfungen bei Anlagen durchzuführen sind, und welche Grenzwerte bzw. Regeln eingehalten werden müssen.

2. Fassen Sie in einer weiteren Tabelle die Prüfungen für Ortsveränderliche Betriebsmittel zusammen. Welche Grenzwerte bzw. Regeln sind einzuhalten?

Hinweise zur Erstellung des Protokolls:

- Achten Sie darauf, alles in kurzen Sätzen zu formulieren und konzentrieren Sie sich auf das Wesentliche. Das Abschreiben von langen Texten ist hier nicht erwünscht.

- Fertigen Sie das Protokoll als wissenschaftliche Arbeit an, in der Sie Ihr Experiment so darstellen, dass eine andere Person dieses in kurzer Zeit nachvollziehen und von Ihren Erkenntnissen profitieren kann.

- Beginnen Sie mit einer kurzen eigenen Einleitung zum Ziel des Praktikums.

- Übernehmen Sie die Schaltungen in Ihr Protokoll, und nennen Sie kurz die Messbedingungen.
- Übernehmen Sie die Messwerttabellen in Ihr Protokoll!
- Notieren Sie Ihre Erkenntnisse für jeden Teilversuch! Orientieren Sie sich dabei ggf. an den gestellten Fragen! Jede Frage sollte mit einem, höchstens 2 Sätzen beantwortet werden!

- Formulieren Sie das Ergebnis des Praktikums, was Sie daraus für sich entnehmen konnten. Orientieren Sie sich dabei auch an den Abschlussfragen.

6 Literatur

- /1/ DIN VDE 0100 – 600: 2017-06
- /2/ DIN VDE 0701 - 0702 : 2008-06 (ab 2022 wieder getrennt)
- /3/ DIN VDE 0100 – 410: 2018-10
- /4/ DIN VDE 0413 (1 – 16: Geräte zum Prüfen, Messen oder überwachen von Schutzmaßnahmen …)…2007 - 2014
- /5/ DIN VDE 0105 - 100 : 2015-10 und weitere!
- /6/ Rosenberg; Werner (neu: Henning, Wilfried, 2006),VDE-Prüfung nach Forderung der VBG 4; VDE-Schriftenreihe 43; VDE-Verlag GmbH, Berlin, Offenbach; 1997
- Henning, Wilfried: VDE-Prüfung nach BetrSichV, TRBS und DGUV-Vorschrift 312., überarbeitete Auflage, Band 43, VDE-Verlag Berlin, 2019, Volltext an der HTW online verfügbar
- /7/ Nienhaus; Vogt, Prüfungen vor Inbetriebnahme von Starkstromanlagen; VDE-Schriftenreihe 63; VDE, Verlag GmbH, Berlin, Offenbach; 1995
- /8/ Winkler; Lienenklaus; Rontz, Sicherheitstechnische Prüfungen in elektrischen Anlagen mit Spannungen bis 1000 V; VDE Schriftenreihe 47; VDE-Verlag GmbH, Berlin, Offenbach; 1995
- /9/ UVV VBG4, neu: DGUV-V3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“, (Unfallverhütungsvorschrift, Verband der gewerblichen Berufsgenossenschaften)
- /10/ Bödeker, K. ; Kindermann, R., Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten nach DIN VDE 0702, Elektropraktiker, Berlin 49 (1995) 9, S.762 ff
- /11/ Kiefer, G.; Schmolke, H., VDE 0100 und die Praxis. Wegweiser für Anfänger und Profis. VDE-Verlag GmbH Berlin Offenbach 15. vollständig überarbeitete Auflage, 2014, sowie: Kiefer, Gerhard: VDE 0100 und die Praxis; 15. Aufl.- Berlin; Offenbach: VDE - Verlag 2014, Volltext (2017) an der HTW online verfügbar
- /12/ Vorlesung „Elektrosicherheit“ Prof. Rogler
- /13/ Praktikumsanleitung E09 „Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen nach DIN VDE 0100“, HTW