

**E10 / A6 / PEA****Prüfen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel**

04/2020

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

**1 Einleitung**

In diesem Versuch werden grundlegende Sachverhalte zur Sicherheit von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln anhand von vorgeschriebenen Prüfabläufen untersucht. Neben der Festigung messtechnischer Fertigkeiten sollen die Teilnehmer befähigt werden, bereits bei der Projektierung von Anlagen und der Entwicklung von Geräten die Anforderungen und die gegenseitigen Abhängigkeiten von Schutzeinrichtungen, deren Wirkungsweise sowie die dazugehörigen Prüfmöglichkeiten 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“ widerspiegeln, 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 0701-0702** „Prüfung ... elektrischer Geräte - Wiederholungsprüfung ... „

Für eine Elektrofachkraft sind daher umfangreiche Kenntnisse bezüglich der dort festgelegten Anforderungen und Maßnahmen erforderlich. Sie muss die Fähigkeit besitzen, die jeweils zutreffenden Prüfungen auszuwählen und diese verantwortungsbewusst durchzuführen. Im Versuch sollen Sie einige der wichtigsten Prüfungen selbst durchführen.

## 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, $R_{Schleife}$
$R_{\ddot{U}}$	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 Nengleichspannung Außenleiter gegen geerdeten Leiter
$RCD$	Fehlerstromschutzschalter, FI-Schutzschalter; z.B. $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ ,
$Z_S$	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 und zur Angleichung einiger Abläufe und damit zu höheren Anforderungen bei wiederkehrenden Prüfungen.

Bei der Errichtung sowie nach Änderungen / Erweiterungen sollten bestimmte Prüfschritte, die an der fertigen Anlage nicht mehr mess- oder sichtbar wären, an der noch offenen Anlage ggf. ohne angeschlossene Verbraucher u.ä. durchgeführt werden. Für jede Anlage muss nach § 16 BetrSichV eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden. Darin sollten Art, Umfang und Häufigkeit von wiederkehrenden Prüfungen für die konkrete Anlage festgelegt werden. Die Prüfungen sollten alle testbaren sicherheitsrelevanten Eigenschaften erfassen, jedoch weitestgehend ohne Demontage durchführbar sein.

<b>Elektrischen Anlagen:</b> üblicherweise ortsfest, oft mit Gebäuden verbunden, Zusammenschluss mehreren elektrischer Betriebsmittel, integrierte Sicherheitseinrichtungen		
Zeitpunkt	Erstprüfung (DIN VDE 0100-600)	Wiederkehrende Prüf. (0105-100 / A1)
	Gesamtprüfung vor Inbetriebnahme (vom Errichter)	Prüfungen nach Instandsetzungen / in Zeitintervallen (vom Betreiber)
Besichtigen (bewusstes visuelles Prüfen der Anlage) umfasst z.B.:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sind verbaute Teile normgerecht ausgewählt + eingestellt, <b>unbeschädigt</b>?</li> <li>- sind alle notwendigen Schutzmaßnahmen gegen mögl. Gefährdungen (elektrische, thermische, mechanische u.s.w.) vorhanden und wirksam?</li> <li>- sind alle Schutz-, Erdungs-, Potentialausgleichsleiter, deren Durchmesser, Anschlüsse, Kennzeichnungen, Sicherungen (noch) in Ordnung?</li> <li>- Sind aussagefähige Schaltungsunterlagen vorhanden und aktuell?</li> <li>- Sind nötige Kennzeichnungen und Warnhinweise <b>(noch)</b> vorhanden?</li> </ul>	
Erproben und Messen (Feststellen von Ist-Werten bzw. -Zuständen) bei Wiederholungspr. Prüfung von:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schutzleiter- und Schutzpotentialleiter- Widerstand, Verb. zu Körpern</li> <li>- Isolationswiderstand (zwischen akt. Leitern, Leiter - Erde, - Schutzleiter) <b>und / oder</b> Test der Differenzstrom- und Isolationsüberwachungsgeräten</li> <li>- Spannungspolarität, einpolige Schalteinrichtungen <b>nur</b> in Außenleitern</li> <li>- Erdungswiderstand (ggf. Berechnung)</li> <li>- Wirksamkeit des Schutzes d. autom. Abschaltung (<math>I_K</math>, <math>Z_{Schl}</math>, <b>Abschaltzeit</b>)</li> <li>- Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes (FI-Schutz, Potentialausgleich)</li> <li>- Phasenfolge der Außenleiter (Drehfeldrichtung)</li> <li>- Erproben von Schutzeinrichtungen wie Not-Aus und Sicherheitsschleifen</li> <li>- Funktionsprüfung (Schalt- und Schutzgeräte, Stellglieder, Anzeigen ..)</li> <li>- <b>Spannungsfall (Vergleich <math>U_{Leerlauf}</math> mit <math>U_{Nennlast}</math>, Impedanz Stromkreis)</b></li> </ul>	
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 seit 2008 in der Norm DIN VDE 0701-0702 zusammengefasst. 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.

<b>Elektrisches Gerät:</b> 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.:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ist Gerät frei von Beschädigungen / Verschmutzungen, die die Sicherheit beeinträchtigen könnten (Gehäuse, Lüftung, Zuleitung, Stecker, Schalter)</li> <li>- Sind Eingriffe oder Anzeichen von Überlastung erkennbar?</li> <li>- Eignung des Gerätes für die Umgebungsbedingungen / Einsatzzwecke?</li> <li>- Sind nötige Kennzeichnungen, Warnhinweise, ein Typenschild am Gerät?</li> </ul>
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, Bewertung, 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, Schutzschaltern wie RCD und Not-Aus, Überwachungsanzeigen u.ä. zu testen. Dies kann durch ggf. vorhandene Test-Taster oder durch einen Funktionstest 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  $R_{SL}$  muss so gering wie möglich sein. Bei Geräten gibt es in der Norm Grenzwerte, bei Anlagen werden die geforderten Werte berechnet in Abhängigkeit von der zu erwartenden Belastung durch Fehlerströme und der zugehörigen Absicherung des Stromkreises.

Bei **Geräten** wird der **Schutzleiterwiderstand**  $R_{SL}$ , 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**  $Z_s$  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.

Sowohl bei Geräten als auch bei Anlagen können parallel angeschlossene Schirmungen oder Potentialausgleichsleitungen die Messwerte verfälschen und sind ggf. zu entfernen!

Der Messstrom beträgt je nach Messmethode zwischen 0,1 und 10 A, zumeist DC, oder AC. Mit hohen Strömen könnten z.B. erhöhte Kontaktübergangswiderstände durch punktuelle Lichtbögen verschweißen und „unsichtbar“ werden, könnten aber auch hörbar sein.

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

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

### 3.2.2 Messung des Isolations-Widerstandes

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 sowie zu allen berührbaren leitfähigen Teilen gemessen. Letztere sind bei Geräten der Schutzklasse **I** üblicherweise mit dem Schutzleiter (PE) verbunden, bei Geräten der Schutzklasse **II** isoliert angebracht.

Der Prüfling muss vom Netz getrennt werden. Die aktiven Leiter dürfen miteinander elektrisch verbunden werden. Es muss darauf geachtet werden, dass alle aktivierbaren Geräteteile geprüft werden (alle Schalter geschlossen, auch interne!).

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 Neutraleiter 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, 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 defektem PE-Leiter können zudem gefährlich hohe Berührungsspannungen auftreten!

Prüfobjekt	Messspannung (DC)	Min. Isolationswiderstand
Anlage mit SELV / PELV	> 250 V	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
Anlage bis einschl. 500 V Nennspannung sowie FELV, ohne / mit Verbrauchern	500 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$ (1000 / 300 $\Omega$ /V)
Anlage über 500 V Nennspannung	> $U_N$	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
Geräte Schutzklasse I allgemein	500 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
Geräte Schutzklasse I mit Heizelementen	500 V	$\geq 0,3 \text{ M}\Omega$
Geräte Schutzklasse II	500 V	$\geq 2,0 \text{ M}\Omega$
Geräte Schutzklasse III	250 V	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$

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

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

### 3.2.3 Messung des Schutzleiterstromes (Geräte der SK I, ggf. auch bei Anlagen)

Die Messung des Schutzleiterstromes  $I_{SL}$  ist eine weitere Methode der Überprüfung der **Isolation**. Durch die hierbei verwendete Netzspannung (AC) können auch Prüflinge mit netzspannungsabhängigen Einschaltern geprüft werden, aber es werden auch Ströme durch vorhandene Entstör-Kondensatoren oder sonstige Kapazitäten mit erfasst.

$I_{SL}$  ist die Summe aller Ströme, die über die Isolierung einer Anlage / eines Gerätes über den Schutzleiter abfließen. Ein geringer Ableitstrom fließt auch über eine fehlerfreie Isolierung ab. Dazu kommt der Fehlerstrom, der über die fehlerhaften Teile der Isolierung zur Erde fließt. Der **Schutzleiterstrom**  $I_{SL}$ , der durch den PE-Leiter fließt, kann **direkt** bei Netzspannung und –Frequenz z.B. mittels Stromzange oder Messgerät erfasst werden.

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 Schutzleiterstrom ( aus /2/ )

Bei bestehenden Parallel-Erdverbindungen z.B. des Gehäuses würde bei dieser direkten Messung ein Teil der Ströme nicht erfasst, jedoch bei einer Messung des **Differenzstromes**. Bei **Anlagen** werden Differenzstrommessgeräte zur Überwachung des Isolationswiderstandes zumeist **fest installiert** und auf anlagenspezifische Grenzwerte eingestellt. Bei empfindlichen elektronischen **Geräten** ohne netzspannungsabhängige Schalteinrichtungen kann (nur nach bestandener Isolationswiderstandsmessung!) stattdessen oder zusätzlich eine Messung des **Ersatzableitstromes** vorgenommen werden. Dabei muss das Gerät vom Netz getrennt und an ein spezielles Messgerät angeschlossen werden. Für alle Verfahren gilt: Es ist dafür zu sorgen, dass alle Netzspannungs-Schalter geschlossen sind, und dass ggf. in mehreren Betriebsarten getestet wird. Bei nicht festgelegter Phasenzuordnung des Anschlusskabels (deutsche Schuko-Stecker!) muss stets in beiden Stecker-Positionen gemessen und der höchste gemessene Wert bewertet werden. Große Kapazitäten und feucht gewordene Heizelemente können das Messergebnis beeinflussen, dann können vom Hersteller im Datenblatt abweichende Grenzwerte festgelegt werden. (**Aber: RCD** könnte bei Betrieb auslösen, sobald  $I_{ableit} > 15 \text{ mA}$ !)

### 3.2.4 Messung des Berührungstromes

Der **Berührungstrom**  $I_B$  ist der Strom, der beim Berühren von Teilen des Gerätes (die nicht mit einem SL verbunden sind) über einen **Widerstand von 2 k $\Omega$**  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 Berührungstrom (aus /2/)

### 3.2.5 Messungen die bei Anlagen durchgeführt werden müssen

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 zu meist 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) zurück zur Stromquelle. Zumeist ähnliche Werte erreicht bei TN-Systemen die Messung des „Netzzinnenwiderstandes“, d.h. die Summe der Widerstände zweier aktiver Leiter (z.B. L und N) und dem Innenwiderstand der Stromquelle, der bei Leiterschlüssen relevant wäre.

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:  $10 \cdot I_N$  des LS-Schalters).

Der **Erderwiderstand** ist der Widerstand, den ein Gebäude oder eine Anlage einem Stromfluss von der Erdungsanlage (Fundamenterder, 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 beim Betrieb bestimmter Anlagen, z.B. bei IT und TT-Systemen, gefordert. Die Messung muss mit speziellen Messgeräten unter Beachtung der Umgebungsbedingungen (Einplanung veränderlicher Erdfeuchte, Setzen von Hilfserdern und Messsonden außerhalb von Spannungstrichtern) durchgeführt werden (siehe auch Praktikum E9 / A7). Ggf. ist auch eine Berechnung möglich.

#### 3.2.5.3 Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes

Der **Potentialausgleich** der gesamten Anlage ist zu überprüfen. Ggf. sind zusätzliche Potentialausgleichsleitungen zu installieren, z.B. zwischen gleichzeitig berührbaren Metallgegenständen zur Vermeidung von unzulässig hohen Berührungsspannungen.

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

**Bild 3:** Prüffristen (Auswahl, nach DGUV)

### 3.3 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 folgende Sachverhalte und gehen Sie dabei auf Unterschiede ein:
  - Elektrische Anlage / Elektrisches Betriebsmittel
  - Erstprüfung / Wiederholungsprüfung (Zeitpunkte, Prüfschritte, Verantwortlichkeit)
- 4.2. Worauf ist bei der Sichtprüfung von Elektrogeräten zu achten?
- 4.3. Wie lautet die Definition eines „Schutzleiters“, welche Arten gibt es, wofür und wie werden diese bei Geräten bzw. bei Anlagen verwendet?
- 4.4. Welche Unterschiede zwischen Geräten und Anlagen gibt es bei den Schutzleiter-Kennwerten und den notwendigen Prüfungen?
- 4.5. Mit welchen Messverfahren kann der Zustand der Isolation von elektrischen Betriebsmitteln festgestellt werden?
- 4.6. Was ist ein „Potentialausgleich“? Warum, wo und wie wird dieser eingesetzt?
- 4.7. Was ist eine „Schleifenimpedanz“? Wozu benötigt man deren Größe und wie kann diese bestimmt werden?
- 4.8. Berechnen Sie überschlägig den Schutzleiterwiderstand von 10 m langen Schuko-Verlängerungskabeln unterschiedlicher Durchmesser. (Leitermaterial: Kupfer, 25 °C). Vergleichen Sie die berechneten Werte mit den Grenzwerten der Norm.

Formel	Kabel- querschnitt	Berechneter Schutz- leiter- widerstand	Norm- gerecht?
	0,5 mm <sup>2</sup>		
	1,5 mm <sup>2</sup>		

**Tabelle 4 :** Berechnung Kabelwiderstände

## 5 Versuchsdurchführung

Die erste Aufgabe „Anlagenprüfung“ und die zweite Aufgabe „Prüfung ortsveränderlicher Geräte“ finden am Versuchsplatz (1 oder 3) statt. Die restlichen Aufgaben werden an realen zu testenden Geräten bzw. Anlagen durchgeführt.

Die Aufgaben sind mit verschiedenen handelsüblichen Messgeräten auszuführen (siehe rechte Spalte in den Tabellen). Nutzen Sie die ausliegenden Kurzanleitungen. Beachten Sie, ob die Prüfung mit Netzspannung durchgeführt werden soll, ansonsten ist diese abzuschalten. Fremdspannung kann Messgeräte zerstören! Notieren Sie bei jedem gemessenen Wert, ob dieser der Norm entspricht. (z.B. durch farbige Kennzeichnung).

### Sicherheitsregeln während der Versuchsdurchführung:

Viele Messungen werden bei realer **Netzspannung (ca. 240 V)** durchgeführt! Es dürfen nur unbeschädigte berührungsgeschützte Messkabel verwendet werden. Vor dem Umstecken von Kabeln und Messgeräten muss die Spannung an der Anschlusseinheit abgeschaltet werden. Ein Wiedereinschalten darf nur nach Freigabe durch den Versuchsbetreuer erfolgen.

Bei jedem Anzeichen einer Fehlfunktion muss sofort die Spannung abgeschaltet oder der Not-Aus-Taster betätigt und der Laboringenieur informiert werden.

## Aufgabe 1 Erstprüfung einer Anlage

### Energieversorgung:

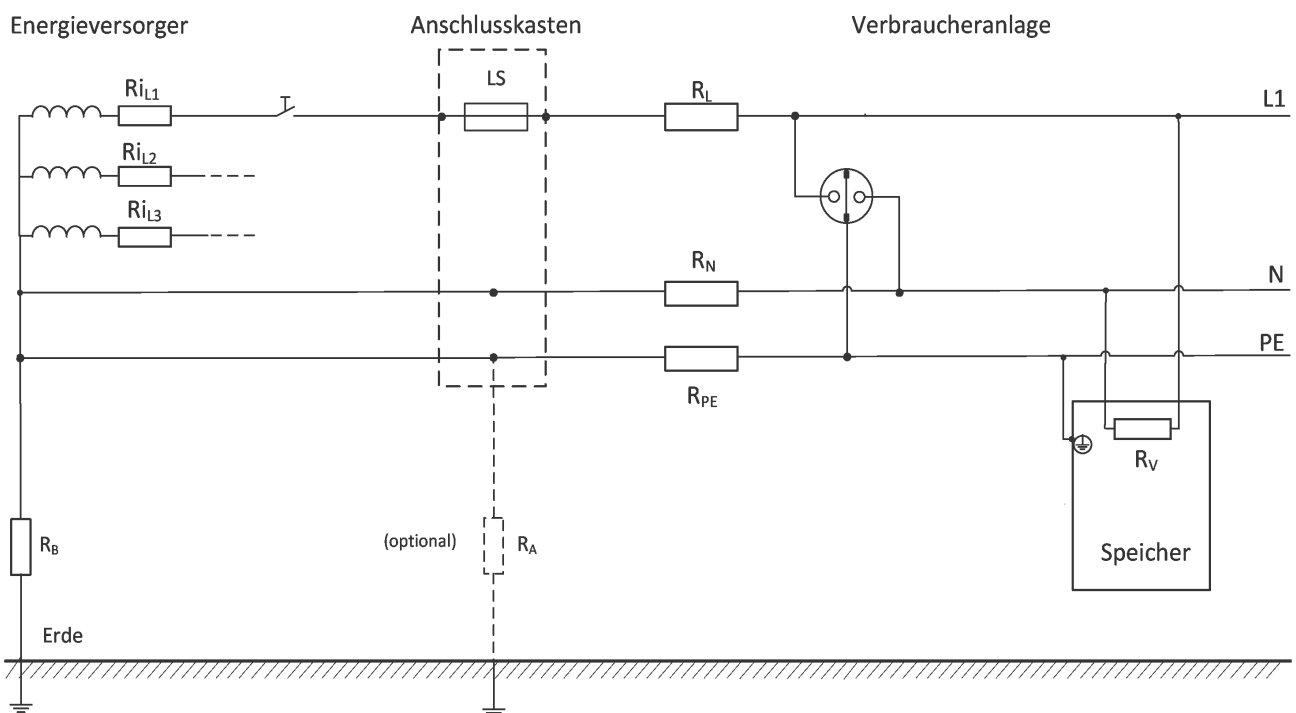
- Wandsteckdose Raum S205 (AC, 240 V, Zuordnung L / N beachten)

### Anschlusseinheit der Anlage:

- Schalttafel-Messinstrument zur Kontrolle der Versorgungsspannung
- Platte mit Phasentest – LED, Einschalter und Sicherung
- Platte mit Schaltschütz, Ein-Aus-Tastern und Not-Aus-Anschluss
- Haupterdungsanschlusspunkt (Hauptpotentialausgleich)
- Optional kann ein FI-Schutzschalter integriert werden.

### Weitere Komponenten die zur "Verbraucheranlage" gehören:

- „Fest“ verlegte Leitungen, eine „fest“ angeschlossene Steckdose
- „Fest“ angeschlossene Geräte [*Heißwasserspeicher*] und [*Automat*]



**Bild 4:** Versuchsstand „Anlagenprüfung“

### Inbetriebnahme der "Anlage":

- Kontrolle aller PE- und Erdverbindungsleitungen, Brücke (bei „0“) auf [Steckdose]
- Kontrolle der Laborkabel-Verbindungen zwischen den Platten auf festen Sitz,
- Einschalten der Anschlusseinheit. Oberste rote LED leuchtet? (untere darf nicht)
- Am Schalttafelinstrument ablesen: ca. 230 – 240 V liegen an?
- Einschalten der Anlage mittels Taster („Ein“). Hauptschütz schaltet hörbar ein.
- Einschalten [*Speicher*] und [*Automat*] mittels Kippschaltern. Kontrolle rote LED's.

**Aufgabe 1.1** Funktionstest der **Schutzelemente** des Anlagen-Anschlusses

- Testen Sie die möglichen Sicherheits-Abschaltfunktionen.

Bauteil	Funktion	Bauteil	Funktion	Bauteil	Funktion

**Tabelle 1.1:** Abschaltfunktionen**Aufgabe 1.2** Kontrolle der **Durchgängigkeit der Schutzleiter ( $R_{SL}$ )** aller Anlagenteile

- Schalten Sie die Anlage an der Anschlusseinheit aus.
- Wählen Sie die richtige Einstellung des Messgerätes (Metriso) aus. Nutzen Sie ggf. die ausliegende Kurzanleitung.
- Verbinden Sie einen Anschluss des Messgerätes mit dem PE-Anschlusspunkt (z.B. Haupterdungspunkt) der Anlage, den anderen Anschluss mit verschiedenen Testpunkten.
- An der Steckdose kann mittels Umstecken einer Brücke (von „0“ auf „2“) der PE-Widerstandswert variiert werden.
- Testen Sie [*Speicher*] und [*Automat*] je einmal an Messstelle 1 und 2. Sollten die Geräte dabei ein- oder ausgeschaltet sein oder ist das egal?

	240 V	Steckdose	HW-Speicher	Automat	Messgerät
$R_{SL} / \Omega$	<b>Aus !!!</b>	(PE "0")	(Pos.1)	(Pos.1)	Metriso
		(PE "2")	(Pos.2)	(Pos.2)	
zuläss. Wert für $R_{SL}$					

**Tabelle 1.2:** Messwerte Schutzleiterwiderstand

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

**Aufgabe 1.3** Bestimmung des **Isolationswiderstandes  $R_{iso}$**  der Anlage

- Wählen Sie die richtige Prüfspannung aus. Achtung! Prüfspitzen nicht berühren!
- Wählen Sie je nach Prüfung die richtigen Testpunkte aus.
- Testen Sie die Anlage einmal mit und einmal ohne fest angeschlossene Geräte.

Testpunkte	240 V	mit fest angeschl. Geräten Geräte „ein“ / Geräte. „aus“	ohne Geräte	Messgerät
$R_{iso} \dots\dots\dots / M\Omega$	<b>Aus !</b>			Metriso
$R_{iso} \dots\dots\dots / M\Omega$	<b>Aus !</b>			U = .....V Spannungsform: .....
zulässiger Wert für $R_{iso}$				

**Tabelle 1.3:** Messwerte Schutzleiter- und Isolationswiderstandsmessung

**Aufgabe 1.4** Prüfung des zusätzlichen Schutzes (RCD) für alle Anlagenteile

Erforderliche zusätzliche Geräte: Platte mit FI-Schutzschalter (30 mA).  
Integrieren Sie diesen an der richtigen Stelle in die Schaltung der Anlage.

- Überprüfen Sie von mehreren Stellen der Anlage aus die **Auslösung** des RCD (ja/nein)

RCD	Spannung	Steckdose (PE-Brücke bei „2“)	Automat (PE-Messpunkt „2“)	Automat (repariert) (PE-Messpunkt „2“)	Mess- gerät
30 mA	ca. 240 V				M5011

**Tabelle 1.4:** Auslösung RCD

- Aufgabe 1.5** Bestimmen Sie an der Steckdose (PE-Brücke bei "2") die am Testpunkt vor dem Auslösen maximal anliegende **Berührungsspannung**, die **Auslösezeit** und den **Auslösestrom** des RCD! Lesen Sie zuvor die Anleitung der Messgeräte!

RCD	Spannung	Berührungs- spannung / V	Auslösezeit ms	Auslösestrom mA	Messge- rät
Messwerte					PG 0100N und Profitest
Sollwerte	ca. 240 V				

**Tabelle 1.5** RCD Messwerte und Normwerte an der Steckdose

**Aufgabe 1.6** Bestimmung von **Schleifenwiderstand** und **Kurzschlussstrom** (siehe 3.2.3.) mit einem speziellen Messgerät

Hinweis: Messgeräte können wahlweise die Schleifenimpedanz und / oder den zu erwartenden Kurzschlussstrom anzeigen. Diese Werte werden aus den gemessenen Strom- und Spannungswerten ermittelt. Da zumeist nur der ohmsche Anteil der Impedanz gemessen wird, tritt ein (geringfügiger) Fehler auf. Die Messgeräte selbst haben eine Messungenauigkeit von bis zu 30 % (Durch Erwärmung der Leiter und durch Vergrößerung von Übergangswiderständen durch Alterungsprozesse). Der gemessene Widerstandswert sollte also sicherheitshalber weit unter dem rechnerisch ermittelten zulässigen Höchstwert liegen.

- Machen Sie sich mit den Messgeräten vertraut. Nutzen Sie die Anleitungen.
- Schließen Sie das Messgerät phasenrichtig an [Steckdose] bzw. [Automat] an.
- Schalten Sie (nach Freigabe) die Anlage ein.
- Bei einem zu hohen Potentialunterschied zwischen N und PE warnt das Messgerät und blockiert die Messung. (ggf. Rücksprache mit Betreuer notwendig)
- „Start“-Taste nicht länger als nötig und nicht zu oft drücken, das Messgerät überhitzt!
- Überprüfen Sie ob die Ergebnisse in dem für diese Anlage zulässigen Bereich liegen.

	Spannung	Steckdose (Brücke bei „2“)	Automat (PE-Messpunkt „2“)	Automat (repariert) (PE-Messpunkt „2“)	Mess- gerät
Z <sub>Schleife</sub> bzw. R <sub>Schleife</sub> / Ω	ca. 240 V				PG0100N oder Profitest
I <sub>k</sub> / A	ca. 240 V				
zulässiger Wert für I <sub>k</sub>					

**Tabelle 1.6:** Messwerte Schleifenwiderstände und Kurzschlussströme

### Aufgabe 1.7 (optional) Bestimmung des Schleifenwiderstandes mittels Prüf-widerstand und Messung des Spannungsfalls

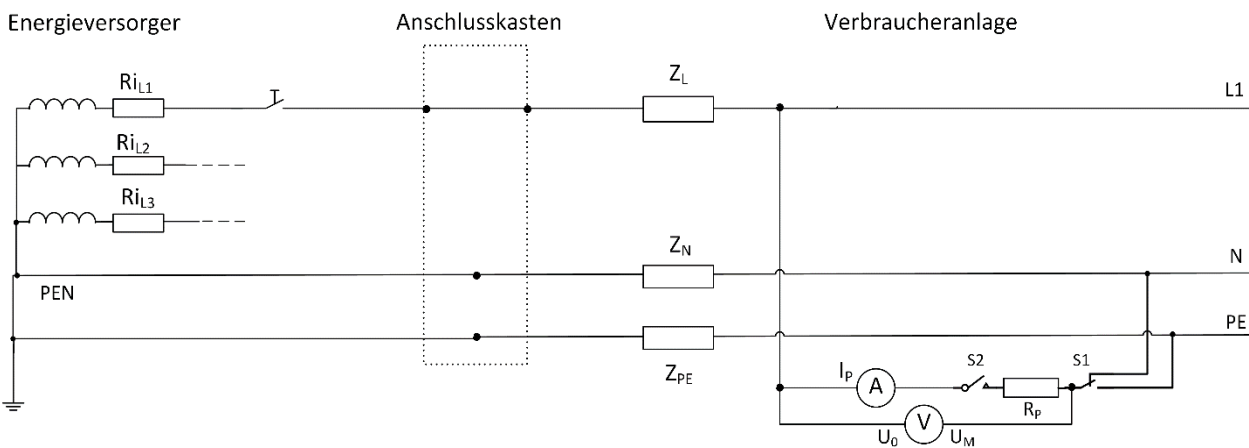
Bei dem hier benutzten Messverfahren wird der "Kurzschluss" zwischen L und PE über einen **Prüfwiderstand  $R_P$**  geführt und der entstehende **Spannungsfall  $\Delta U$**  (Unterschied der Spannung vor und bei Belastung mit  $R_P$ ) bewertet. (siehe auch /11/ S. 365 - 368)

zusätzlich erforderliche Geräte:

- 2 Multimeter („16 S“ zur Spannungsmessung, „18-S“ oder „23 S“ zur Strommessung)
- Platte [*Schleifenimpedanz*] (mit Bauteilen  $Z_{L1} = 100 \Omega$ ,  $Z_N = 99,3 \Omega$ ,  $Z_{PE} = 148 \Omega$ )

**Aufbau** der Schaltung:

- Schalten Sie die Spannungsversorgung aus. Überbrücken Sie den FI-Schutzschalter.
- Schließen Sie die Platte [*Schleifenimpedanz*] an das rechte Ende der Hauptleitungen an, (L, N, PE und „Erde“). Kontrollieren Sie die Verbindungen aller Leiter!
- Schließen Sie die beiden Multimeter an. Einstellung Amperemeter: 10A / AC



**Bild 6:** Prinzipschaltbild zur Messung der Schleifenimpedanz ( $Z_S$ )

**Messablauf:**

- Spannung einschalten (230 V), danach A-Meter  $I_P$  auf „MAX“ stellen (5 mal drücken).
- Kippschalter auf „L1-PE“ (Schleifenimpedanz) oder „L1-N“ (Netzinnenwiderstand).
- Spannung  $U_0$  ablesen und in Tabelle 1.7. notieren. Ggf. A-Meter auf „0“ rückstellen (2 mal „Auto“).
- **Achtung! Taster  $R_P$  (rechte Seite) nur kurz gedrückt halten, währenddessen  $U_M$  ablesen.**
- Das Strommessgerät zeigt den Maximalwert an und kann später in Ruhe abgelesen werden.

Schleife	Spannung	$U_0 / V$	$U_M / V$	$I_P / A$	$\Delta U$ (berechnet)	$R_S$ (berechnet)
L1-PE	ca. 240 V					
L1-N	ca. 240 V					

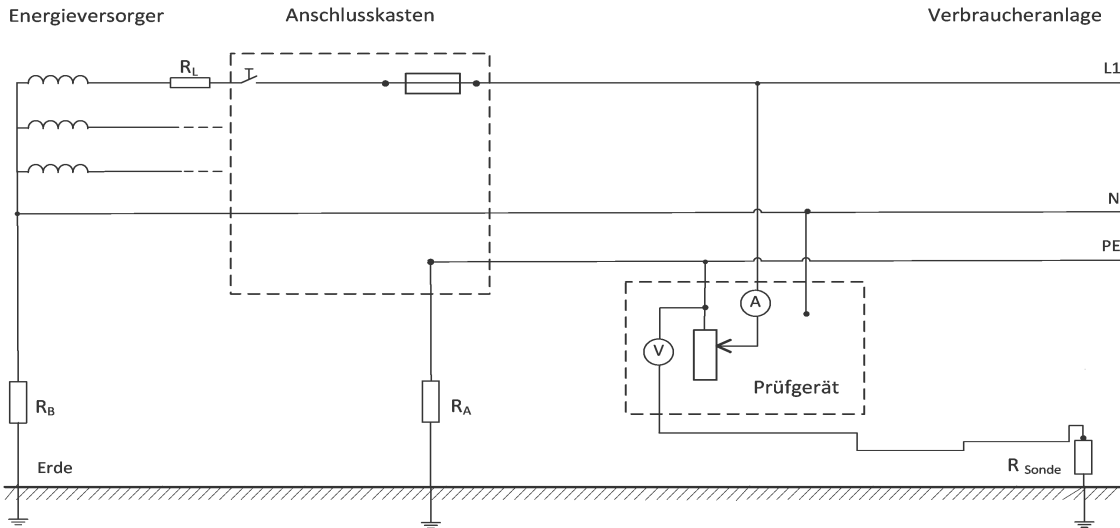
**Tabelle 1.7:** Messwerte zu Aufgabe 1.7

Es bedeuten: -  $U_0$  Spannung (am Messort) ohne zusätzliche Belastung -  $U_M$  bei zusätzlicher Belastung mit dem Prüf-widerstand  $R_P$ , -  $I_P$  Strom durch den Prüf-widerstand, -  $\Delta U$  Differenz zwischen  $U_0$  und  $U_M$

- Berechnen Sie  $\Delta U$  und den Schleifenwiderstand  $R_S$  ! Welche Sicherungsgröße (A) wäre bei diesen Messwerten nötig um eine ausreichend schnelle Abschaltung zu gewährleisten?  
Hinweis: Die an diesem Modell-Stromkreis festgestellten Werte sind realitätsfern. Um den fließenden „Kurzschlussstrom“ niedrig zu halten, wurden die zusätzlichen „Leitungswiderstände“ etwa 1000-fach zu hoch ausgewählt. Wenn Sie diese von den gemessenen Werten subtrahieren, erhalten Sie ungefähr die realen Werte.

**Aufgabe 1.8 (optional) Prüfung des Erdungswiderstandes des Anlagenerders ( $R_A$ )**

- Die Überprüfung erfolgt am Anlagenmodell „TT-Netz“ vom Versuch E9 / A7 ( $R_B = 2,2 \Omega$ )  
 Erforderliche Geräte-Zusatzausstattung:  
 „Erdspieß“ zur Simulation einer Referenz-Erdungssonde (Schalttafel-Platte [Sonde])  
 Schutzmaßnahme-Prüfgerät „PG 0100 N“ zur Feststellung von  $R_A$ ,



**Bild 6.5:** Schaltung zur Messung des Anlagenerder-Widerstandes im TT-System

*Hinweis: Eine Erdungssonde muss im Abstand von mindestens 20 m von anderen Erdungssystemen im Erdreich installiert werden. Das Gerät PG 0100 verwendet die Netzspannung der zu überprüfenden Anlage um mittels internem einstellbarem Widerstand ein Stromfluss durch  $R_A$  zu erzeugen und zu messen. Die Spannung zwischen  $R_A$  und der Sonde (Erdpotential) wird gemessen.  $R_A$  wird im Messgerät nach dem Strom-Spannungs-Verfahren ermittelt.*

**Messvorbereitung:**

Verbinden Sie das „Erdreich“ der Platte [Sonde] mit dem der Schalttafeln. Wählen Sie am TT-Netzmodell mittels Brücken zuerst  $R_{A(1)}$  (ca. 47  $\Omega$ ), dann  $R_{A(2)}$  (ca. 1 k $\Omega$ ) aus.

Nutzen Sie das Messgerät **PG 0100N**. Wählen Sie einen passenden Messbereich ( $R_E$ ). Nutzen Sie ggf. die Gerätebeschreibung.

<b>Anlagenerder</b>	$R_{A(1)} =$	$\Omega$	$R_{A(2)} =$	$\Omega$
---------------------	--------------	----------	--------------	----------

Überprüfen Sie die Einhaltung der zulässigen Obergrenze der Berührungsspannung. Die mögliche zulässige Berührungsspannung  $U_B$  muss nach der Bedingung für TT-Netze kleiner sein als:

$U_B = R_A \cdot I_a$  ( $I_a$ = Abschaltstrom der Schutzeinrichtung) 

<b>Grenzwert</b>	$U_L =$	V
------------------	---------	---

Tragen Sie die Werte in Tabelle 6.5. ein. Diskutieren Sie, welcher Widerstand des Anlagen-Erders mit welchen Schutzgeräten kombiniert werden dürfte, um die o.a. Bedingung zu erfüllen.

Schutz-Gerät	Abschaltstrom $I_a$ bzw. <b>Nennwert</b> $I_{\Delta N}$	Messwert $R_E = R_A$ in $\Omega$	berechnet: $U_B$ in V	Bedingung erfüllt? Ja / nein
LS-Sicherung		$R_{A(2)} =$		
LS-Sicherung		$R_{A(1)} =$		
FI-Schutzsch.		$R_{A(2)} =$		
Grenzwert	ber.:	$R_{A(2)} =$	$U_L = U_B$	-----

**Tabelle 1.8:** Überprüfung der Einhaltung der zulässigen Berührungsspannung

Schalten Sie die Anlage an der Anschlussplatte aus. Entfernen Sie [Speicher] und [Automat].

**Hinweis:** Falls das „Elektrische Gerät der Schutzklasse 1“ gerade in Benutzung ist, führen Sie zuerst die Aufgabe 3 (Prüfung an realen Geräten und Anlagen) durch!

## **Aufgabe 2 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) und dem Umschalter auf „Heizgerät“ könnten 8 verschiedene Geräte bzw. deren Fehlerzustände eingestellt werden.

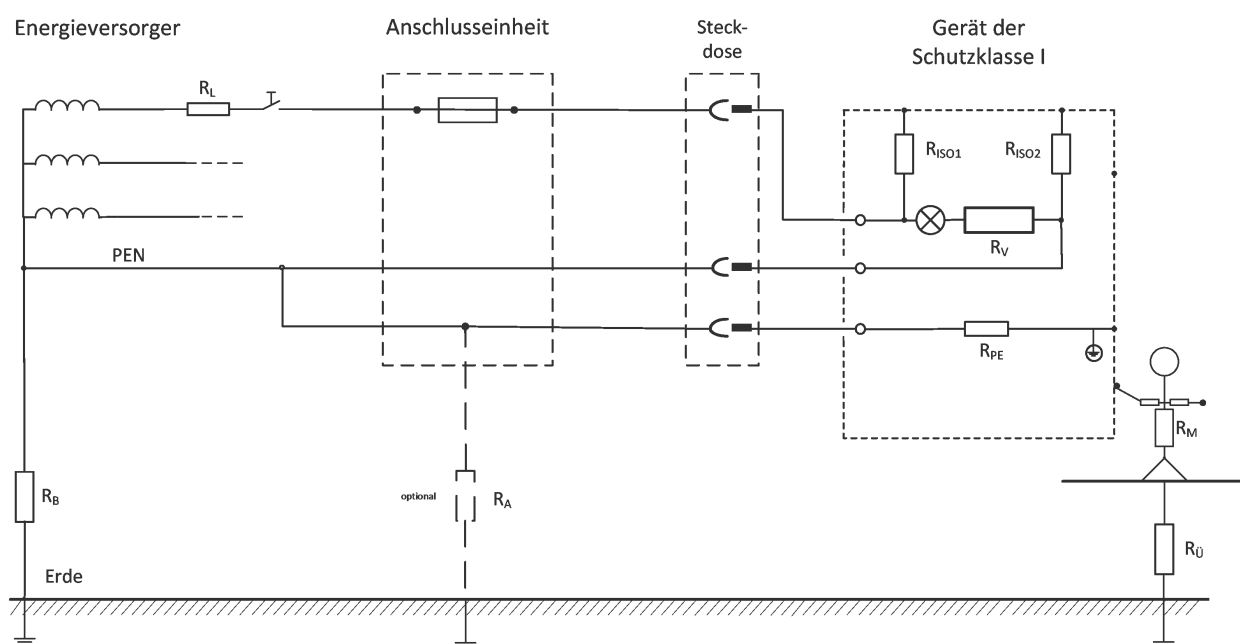
Die **Messungen** sind mit verschiedenen handelsüblichen Messgeräten durchzuführen (siehe Aufgabentexte).

### **Messaufbau:**

- Kontrollieren Sie alle Verbindungen zur Anschlusseinheit und zur [Steckdose], Brücke bei „0“. Verbinden Sie den Erdanschluss des Prüflings mit dem der Anlage.

### **Inbetriebnahme:**

- Vor Beginn jeder Messung sollte der Prüfling ausgeschaltet sein. Der Geräte-Wahlschalter sollte zuerst auf „1“, der Kippschalter für das Heizgerät auf „0“ 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 leuchten.



**Bild 7:** Messaufbau zur Prüfung eines Gerätes der Schutzklasse I



Führen Sie den elektrotechnischen Teil einer Prüfung ortsveränderlicher Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702 durch.

Führen Sie die Messungen **zügig** aus. (**Erwärmungsproblem**). Schalten Sie jetzt und in Messpausen die [*Anschlusseinheit*] aus.

### Aufgabe 2.1 Bestimmung der Schutzleiterwiderstände

Entfernen Sie den Netzstecker des Prüflings wieder aus der Platte [*Steckdose*].

- Benutzen Sie das Messgerät "Metriso". Stellen Sie den richtigen Messbereich ein. Nutzen Sie ggf. die ausliegende Kurzanleitung.
- Verbinden Sie einen Anschluss des Messgerätes mit einem sinnvollen Bezugspunkt (z.B. mit der Schutzkontakt-Anschlussbuchse am Netzstecker des Prüflings).
- Verbinden Sie das andere Prüfkabel mit den Gehäuse- Prüfpunkten (PE Tür, PE Rückwand, PE Fuß).
- 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 / $\Omega$	PE Wand / $\Omega$	PE Fuß / $\Omega$	Messgerät
Gerät 1	ohne				Metriso
Gerät 2					
Gerät 3					
Gerät 4					
4 *					

**Tabelle 2.1:** Schutzleiterwiderstände

Hat eines oder mehrere dieser Ergebnisse einen Einfluss auf das weitere Vorgehen des Prüfers? Schlagen Sie ggf. eine Maßnahme vor und realisieren Sie diese nach Rücksprache mit dem Betreuer. Notieren Sie die veränderten Ergebnisse bei 4 \*.

### Aufgabe 2.2 Bestimmung der Isolationswiderstände

- Bei welcher Spannung muss diese Prüfung durchgeführt werden (Höhe, AC / DC)?
- Überlegen Sie, ob der Prüfling bei dieser Messung ein- oder ausgeschaltet sein muss!

Messgerät	Netzspannung	Spannungshöhe	Spannungsform	Prüfling einschalten?
Metriso	ohne			

#### Messeinstellungen für Aufgabe 2.2

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 Tester verbinden!). L- und N- Leiter können einzeln oder (nur bei abgeschalteter Netzspannung!) gemeinsam (verbunden) getestet werden. Bei einigen Messgeräten wird das bereits intern so geschaltet, andere sind umschaltbar.

- Getestet wird **L / N (ggf. gemeinsam) gegen PE**, nie L gegen N, zerstört ggf. Prüfling!

Wahlschalter	Netzspannung	$R_{ISO(L-PE)} / k\Omega$	$R_{ISO(N-PE)} / k\Omega$	Messgerät
Gerät 1	ohne			Metriso
Gerät 2				
Gerät 3				
Gerät 4				
Gerät 4 *				

**Tabelle 2.2:** Isolationswiderstände

Überprüfen Sie bei "4 \*" den Einfluss der unter Aufgabe 2.1. realisierte Maßnahme.

### Aufgabe 2.3 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.

- Verbinden Sie die "Hand" des Modellmenschens mit der Buchse „PE Rückwand“, die "Füße" mit dem „Erdreich“ ( $R_M$  beträgt  $750\Omega$ , Brücke bei  $R_{\bar{U}}$   $220\Omega$  setzen).
- Schließen Sie Multimeter zur Messung des Schutzleiterstromes  $I_{SL}$ , der Berührungsspannung  $U_B$  und des Körperstromes durch den Modellmensch  $I_M (= I_K)$  an!
- Verbinden Sie den Schukostecker des Gerätes mit der Platte [Steckdose].
- Beachten Sie die Polarität: Stecker in Richtung „A“ oder „B“ einstecken.
- Notieren Sie die Messwerte in beiden Positionen des Netzsteckers und für alle Schalterstellungen. Testen Sie bei "Gerät 4\*" den Einfluss des reparierten Schutzleiters!

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 2.3:** Einfluss von  $R_{ISO}$  und  $R_{SL}$  auf  $U_B$ ,  $I_K$  und  $I_{SL}$

Überprüfen Sie bei "4 \*" die Wirksamkeit der unter Aufgabe 2.1. realisierte Maßnahme. Stromversorgung abschalten.  $I_{SL}$ -Messgerät wieder herausnehmen und **PE verbinden**. Vergleichen Sie das Ergebnis von Gerät 1 mit Tabelle 2.2. Erklären Sie auftretende Unterschiede!

### **Aufgabe 2.4: Bestimmung des Ersatzableitstromes an einem Heizgerät (4 kW)**

Eine weitere Methode, den Zustand der Isolation von Geräten der Schutzklasse I festzustellen, ist die Bestimmung des Ersatzableitstromes. Dies wird z.B. bei Heizgeräten und anderen gegen höhere Spannung empfindlichen Geräten genutzt.

- Stellen Sie am Drehschalter die „1“ ein, stellen Sie den Umschalter auf „Heizgerät“ (1).
- Verbinden Sie das „Metrawatt“ mit der Wandsteckdose. 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  $U_{\text{prüf}}$  das Messgerät arbeitet. Benutzen Sie ein weiteres Messgerät (18 S) um den real fließenden Ableitstrom zu messen.
- Welcher Ersatzableitstrom  $I_{EA}$  wird am Metrawatt angezeigt? Welcher  $I_{SL}$  fließt real am Multimeter? Mit welcher Spannung wird gemessen?
- Erklären Sie, wie das „Metrawatt“ arbeitet.

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

**Tabelle 2.4:** Ersatzableitstrom \*1: Messgerät „16 S“ verwenden! \*2: Messgerät „18 S“ verwenden!

Fassen Sie zusammen: Welches Gerät hatte welche Testergebnisse? Welches Gerät hätte eine Prüfplakette erhalten?

Gerät	Schutzleiter	Isolationswiderstand	Ableitstrom / Ersatzableitstrom	Ergebnis
1				
2				
3				
4				
4 *				

### **Aufgabe 3 Prüfungen an realen Anlagen nach DIN VDE 0100 und an ortsveränderlichen Betriebsmitteln (oEB) nach DIN VDE 0701 - 0702**

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

**Aufgabe 3.1: 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. 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!

Testobjekt	Prüfschritte	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
Name:			<b>Secutest</b>
.....			
.....			
.....			
Schutzklasse			
.....			

**Tabelle 3.1:** Gerätetest 1

Testobjekt	Prüfschritte	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
Name:			<b>Secutest</b>
.....			
.....			
.....			
Schutzklasse			
.....			

**Tabelle 3.2:** Gerätetest 2

(Platz zum Anheften der Protokollausdrucke)

**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 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
		<b>Minitester</b>

**Tabelle 3.2:** PC-Test**Aufgabe 4:** Prüfung der Drehfeldrichtung einer 5-poligen Steckdose

- Erforderliche Geräte: Testkoffer "PAKS"

- Welche Standard-Drehfeldrichtung ist vorgeschrieben?  
Skizzieren Sie das.
- Bestimmen Sie mit dem Sicherheitstest-Adapterkoffer PAKS das Drehfeld einer Drehstromsteckdose des Raumes S205 und das eines Verlängerungskabels.

Drehfeld	Ergebnis / Bemerkungen	Messgerät
<b>Drehstrom-Steckdose</b>		<b>PAKS</b>
<b>5-poliges Verlängerungskabel</b>		

**Tabelle 4.1:** Bestimmung des Drehfeldes

## 6 Literatur

- /1/ DIN VDE 0100 – 600: 2008-06 (Ersatz für 0100-610 : 1994-04)
- /2/ DIN VDE 0701 - 0702 : 2008-06 (Ersatz für DIN VDE 0701 - 1 : 1993-05 und DIN VDE 0702 - 1 : 1995-11)
- /3/ DIN VDE 0100 - 410 2007-06
- /4/ DIN VDE 0413
- /5/ DIN VDE 0105 - 100 : 2009-10 (Ersatz für 1997-10)
- /6/ Rosenberg; Werner (neu: Henning, Wilfried, 2006), VDE-Prüfung nach Forderung der VBG 4; VDE-Schriftenreihe 43; VDE-Verlag GmbH, Berlin, Offenbach; 1997
- /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 - 76
- /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
- /12/ Vorlesung „Elektrosicherheit“ Prof. Rogler