



LF5: Die Elektroinstallation prüfen und an den Kunden übergeben

Ausbildungsberuf	Informationselektroniker/-in
Fach	Installations- und Energietechnik
Lernfeld	LF5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren
Lernsituation	Lernsituation 3: Die Elektroinstallation prüfen und an den Kunden übergeben
Zeitraumen	18 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter (Skript), Datenblätter, Messzubehör für den Praxisunterricht, Endgeräte (PC's, ggf mit Stifteingabe) mit Internetzugang, Tafel/Projektionsfläche, Versuchsaufbauten zur Installationstechnik, Multimeter Elektrische Systeme planen und installieren. (LF 2)
Querverweise	Elektrische Systeme planen und installieren. (LF 2)



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 3

Konzeptionsmatrix für Lernsituation 3		Nach Änderung an einer elektrischen Anlage soll diese entsprechend der VDE Normen geprüft, in Betrieb genommen und an den Kunden übergeben werden. Hierzu wird zunächst ein Gesamtüberblick über die Anforderungen und den Ablauf einer Erstprüfung unter Zuhilfenahme von Fachliteratur und VDE-Vorschriften geschaffen. Anschließend erfolgt die praktische Durchführung der Prüfung anhand einer exemplarischen Anlage im Labor unter Verwendung geeigneter Prüfgeräte. Die Prüfergebnisse werden im Prüfprotokoll dokumentiert und bewertet. Nach erfolgreicher Prüfung findet eine Übergabe an den Kunden mit Nutzereinweisung statt.						
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexions- wissen	Aufgabe			
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente
180	Elektro- installation am Laborplatz	<u>Nutzereinweisung:</u> Funktionseinweisung	<u>Auftragsdurchführung:</u> Beurteilung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag Beachtung der Vorschriften zur Unfallverhütung	Einhaltung sämtlicher Normen bei der Verkabelung <u>Auftragsauswertung:</u> strukturiertes Führen eines Kunden- bzw. Fachgesprächs	Elektroinstallation laut Kundenauftrag an Ihrem Laborplatz aufbauen und dem Kunden bzw. der Lehrkraft präsentieren.			
					Verteilerstromkreis als TN-C-S-Netz am Laborplatz aufbauen	Funktionsfähiger Aufbau zum Kundenauftrag Führen eines Fachgesprächs	Unterlagen zur Lernsituation 2 Installationsmaterial Medien: Beamer Dokumentenkamera	Fachgespräch mit der Lehrkraft über die Installation führen
225	Informationen zur Anlagenprüfung	<u>Installationsprüfung:</u> Inhalt der DIN-VDE 0100-600 Wer darf prüfen? Prüffristen Umfang der Prüfung		Normen und Vorschriften für die VDE 0100-600	Informieren sich über die Anlagenprüfung im Detail			
					Informationsbeschaffung über die Anlagenprüfung	Eintragen des Vorgehens und der wichtigsten	<u>Skript:</u> Informations- und	



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

		<u>Mess- und Prüfmittel:</u> Anforderungen an die Mess- und Prüfgeräte <u>Hauptschritte der Prüfung:</u> Besichtigung Erprobung Messung Dokumentation <u>Mess- und Prüfverfahren:</u> Durchgängigkeit der Leiter Isolationswiderstand Spannungspolarität Erdungswiderstand Schleifenimpedanz Prüfung des RCD Phasenfolge Funktionsprüfungen Spannungsfall				Kenngrößen für die Anlagenprüfung in die Arbeitsblätter Arbeitsblätter Fachkundebücher	
270	Durchführung der	Dokumentation: Inhalte und	Auftragsdurchführung:	Mess- und Prüfmittel:	Führen die Anlagenprüfung an ihrem Versuchsaufbau durch und protokollieren und dokumentieren die Messergebnisse		



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

	<p>Anlagenprüfung im Kundenauftrag</p>	<p>Bestandteile eines Prüfprotokolls Erstellung des Prüfprotokolls Nutzereinweisung: Sicherheitseinweisung Reihenfolge der Prüfung Reihenfolge der Messungen Vorbereitung der Messungen Gültige Grenzwerte</p>	<p>Vorgehensweise bei der Erstellung eines Prüfprotokolls Protokollierung der Betriebswerte und Prüfergebnisse Bewertung der Messergebnisse Unterzeichnung des Prüfprotokolls</p>	<p>Kriterien bei der Auswahl geeigneter Mess- und Prüfmittel Mess- und Prüfverfahren: Interpretation von Messwerten Bedeutung der Grenzwerte Rechtlicher Rahmen: Beachtung gesetzlicher Vorschriften Qualifikation zur Durchführung einer Installationsprüfung Bedeutung des Prüfprotokolls Einhaltung der Prüffristen Bedeutung der Unterschrift</p>	<p>Durchführung der Anlagenprüfung an ihrem Versuchsaufbau</p>	<p>Ausgefüllte Arbeitsblätter mit den Messwerten Messprotokoll Kundenunterweisung</p>	<p>Versuchsaufbau <u>Skript:</u> Informations- und Arbeitsblätter Messprotokoll Tabellenbuch Medien: Beamer Dokumentenkamera</p>	<p>Sicherheits- und Funktionseinweisung des Kunden</p>
					Überprüfen ihr Wissen zum Projekt und weisen den Kunden ein			



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

90	Lernzielkontrolle	<p>Durchgängigkeit von Schutz- und Potentialausgleichsleiter</p> <p>Isolationswiderstand der elektrischen Anlage</p> <p>Schutz durch automatische Abschaltung</p> <p>Prüfen der Fehlerstromschutzrichtungen (RCD)</p> <p>Prüfen der Spannungspolarität (Drehfeldrichtung)</p>	Bewertung von Messergebnissen anhand der Grenzwerte	Grenzwerte im TT und TN	<p>Rechenübungen und Wiederholungsfragen lösen</p> <p>Berechnung von Berührungsspannung und Fehlerstrom in exemplarischen Fehlersituationen</p>	<p>Lösen von Rechenübungen</p> <p>Beurteilung einer elektrischen Anlage anhand eines gegebenen Prüfprotokolls</p>	<p><u>Skript:</u> Informations- und Arbeitsblätter Tabellenbuch</p> <p>Medien: Beamer Dokumentenkamera</p>	Projektrückblick
45	Extemporale							

Unterlagen, Medien, Materialien

Informationselektroniker/-in

Ausbildungsjahr 2

Lernfeld 5:

Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren

Lernsituation 3:

Die Elektroinstallation prüfen und an den Kunden übergeben



(Abbildung: https://www.fbz-e.de/downloads/info/2019-01-13_MP_A_8.pdf)



(Abbildung: <https://www.elektroniker-innung.de/einnung/vorteile/der-e-check>)



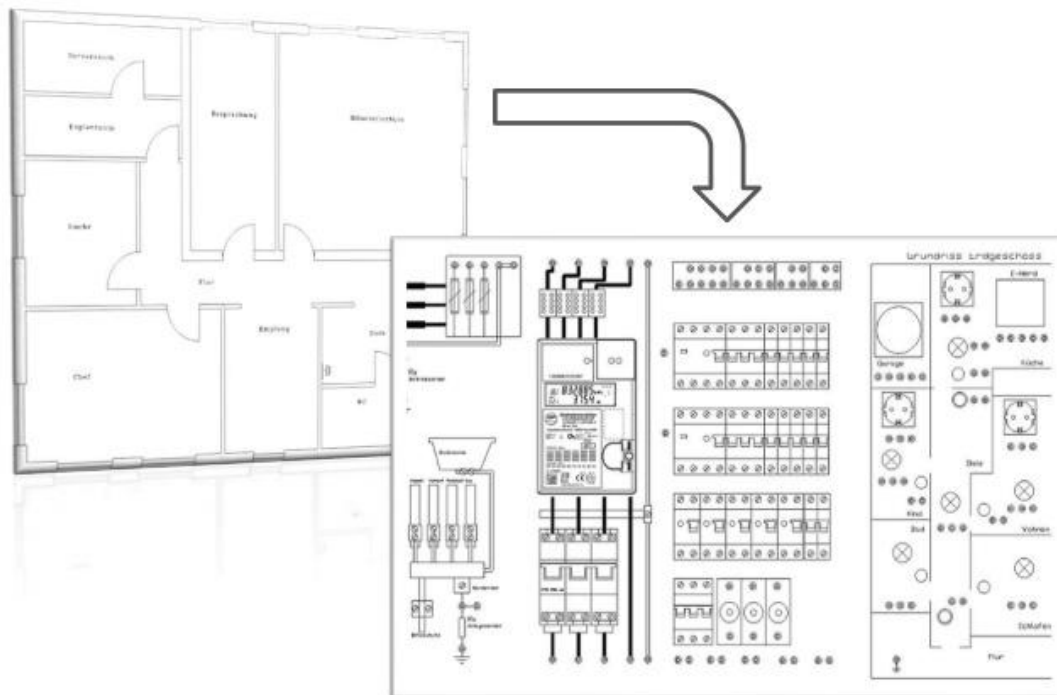
Inhalt

1	Elektroinstallation am Laborplatz	4
2	Informationen zur Anlagenprüfung	5
2.1	Anwendungsbereiche	5
2.2	Hauptschritte einer Anlagenprüfung	6
2.2.1	Besichtigen.....	6
2.2.2	Erproben (Abbildung: https://hager.com/de/katalog/reiheneinbaugeraete/fehlerstromschutzschalter/fi-schutzschalter)	6
2.2.3	Messen (Abbildung: https://www.distrelec.de/en/installation-tester-cee-gossen-metrawatt-profitest-de/p/17648250).....	7
2.2.4	Dokumentation (Abbildungen: http://www.elektropuetz.de/mobil/E-Check.PDF)	7
2.3	Messungen bei der Erstprüfung.....	8
2.3.1	Durchgängigkeit von Schutz- und Potentialausgleichsleiter.....	8
2.3.2	Isolationswiderstand der elektrischen Anlage (Abbildungen: https://www.europa-lehrmittel.de/).....	9
2.3.3	Schutz durch automatische Abschaltung (Abbildung: https://www.europa-lehrmittel.de/) ..	10
2.3.4	Prüfen der Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD).....	11
2.3.5	Prüfen der Spannungspolarität (Drehfeldrichtung).....	12
3	Durchführung der Anlagenprüfung im Kundenauftrag.....	13
3.1	Überblick Prüfung von elektrischen Anlagen (nach DIN VDE 0100-600).....	14
3.2	Prüfung des Schutzleiterwiderstandes	15
3.3	Prüfung des Isolationswiderstands	17
3.4	Prüfung der Abschaltbedingung	19
3.5	Prüfprotokoll (Abbildung: https://fdokument.com/document/erst-und-wiederholungspruefung-elektrischer-anlagen-nr-erst-und-wiederholungspruefung.html?page=1).....	21
4	LZK.....	23

Arbeitsauftrag

Die Arbeiten zur Erneuerung der Elektroinstallation in der Agentur wurden abgeschlossen. Bevor Sie die neue Elektroinstallation an den Kunden übergeben können, muss die Anlage einer Erstprüfung unterzogen werden.

Die Details und Planungsunterlagen zur Elektroinstallation finden Sie im vorangegangenen Skript zur Lernsituation 2 „Die Elektroinstallation einer Agentur modernisieren“.



Ihr Chef erteilt Ihnen den Auftrag, die neu errichtete Elektroinstallation in der Agentur nach DIN VDE 0100-600 zu prüfen und an den Kunden zu übergeben.

Arbeitsplanung:

1. Führen Sie die Elektroinstallation laut Kundenauftrag an Ihrem Laborplatz aus.
2. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Anforderungen und den Ablauf die einer Anlagenprüfung.
3. Führen Sie die Anlagenprüfung an Ihrem Laborplatz aus.
4. Übergeben Sie die Anlage im Rahmen eines Fachgesprächs an Ihren Kunden.

1 Elektroinstallation am Arbeitsplatz

Führen Sie die Elektroinstallation laut Kundenauftrag an Ihrem Arbeitsplatz aus und stellen Sie Ihren Aufbau der Lehrkraft vor.

Die Details zur Planung der Elektroinstallation können Sie dem vorangegangenen Skript zur Lernsituation 2 „Die Elektroinstallation einer Agentur modernisieren“ entnehmen.

Auftrag:

1. Installieren Sie die Verteilerstromkreise als TN-C-S an Ihrem Arbeitsplatz:

- Installation der Hauptleitung vom HAK zum Zähler
- Erdung der elektrischen Anlage über HES
- Installation des Hauptleitungsabzweigs vom Zähler zur UV

2. Installieren Sie nun die folgenden Endstromkreise am Arbeitsplatz:

- Installation der CEE-16A Steckdose
- Installation des Klimageräts (400V Festanschluss)
- Installation eines Lichtstromkreis
- Installation einer Schutzkontaktsteckdose

3. Präsentieren Sie den Aufbau der Lehrkraft und führen Sie ein Fachgespräch durch.

- Kontrolle durch die Lehrkraft _____
- Fachgespräch mit der Lehrkraft _____

2 Informationen zur Anlagenprüfung

2.1 Anwendungsbereiche

Der Errichter einer elektrischen Anlage ist für die vorschriftsmäßige Beschaffenheit der Anlage verantwortlich. Die Richtlinien der DIN VDE 0100-600 verpflichten den Errichter einer Anlage vor der Inbetriebnahme zu prüfen, ob für die einzelnen Anlagenteile die geforderten Schutzmaßnahmen angewendet und deren einwandfreie Funktion sichergestellt ist. Diese Prüfung umfasst eine eingehende Besichtigung aller für die Schutzmaßnahmen wichtigen Anlagenteile, die Erprobungen der Schutzmaßnahme, die Messung zur Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen und die Erstellung eines Prüfberichts zur Dokumentation der Ergebnisse.

Erstprüfung: Die DIN VDE 0100-600 beinhaltet die Anforderungen an die Erstprüfung von elektrischen Anlagen. Die Erstprüfung wird nach Fertigstellung einer neuen Anlage oder in den Bereichen bestehender Anlagen nach Erweiterungen oder Änderungen durchgeführt.

Wiederkehrende Prüfung: Die DIN VDE 0105-100 ist zuständig für wiederkehrende Prüfung von elektrischen Anlagen. Bei der wiederkehrenden Prüfung elektrischer Anlagen soll festgestellt werden, ob die Anlage und alle dazugehörenden Betriebsmittel sich in einem ordnungsgemäßen Zustand befinden. Bei bestehenden (unveränderten) Altanlagen gelten jeweils die Bestimmungen, die zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage gültig waren.

Befähigte Personen: Die Prüfungen dürfen nur von Elektrofachkräften (mit Berufserfahrung und unter Verwendung geeigneter Prüfgeräte) durchgeführt werden.

Prüffristen Wiederholungsprüfung:

- Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel: 4 Jahre
- Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in „Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art“ (DIN VDE 0100 Gruppe 700): 1 Jahr

2.2 Hauptschritte einer Anlagenprüfung

Die Anlagenprüfung erfolgt in den drei Hauptschritten: *Besichtigen*, *Erproben* und *Messen*. Die Ergebnisse werden im Prüfprotokoll dokumentiert.

2.2.1 Besichtigen

Die Besichtigung begleitet die Errichtung einer Anlage von Anfang an und stellt einen sehr wichtigen Teil der Prüfung dar, da viele mögliche Mängel später durch Erproben oder Messen nicht festgestellt werden können. Sie muss vor dem Erproben und Messen durchgeführt werden und bevor die Anlage in Betrieb genommen wird.

Die Besichtigung umfasst:

- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100-410
- Vorhandensein von Brandabschottungen und anderen Vorsichtsmaßnahmen gegen die Ausbreitung von Feuer und der Schutz gegen thermische Einflüsse
- Auswahl der Betriebsmittel und der Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse
- Auswahl der Kabel, Leitungen und Stromschienen hinsichtlich Strombelastbarkeit und Spannungsfall, Auswahl und Einstellung von Schutz- und Überwachungsgeräten
- ordnungsgemäße Leiterverbindungen
- korrekte Kennzeichnung der Neutral- und der Schutzleiter
- Vorhandensein und richtige Anordnung von geeigneten Trenn- und Schaltgeräten
- Anordnung von einpoligen Schaltgeräten in den Außenleitern
- Vorhandensein von Schaltungsunterlagen, Warnhinweisen und Informationen
- Kennzeichnung der Stromkreise, Überstrom-Schutzeinrichtungen, Schalter, usw.
- Vorhandensein und richtige Verwendung von Schutzleitern, einschließlich Schutzpotenzialausgleichsleitern für den Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene und den zusätzlichen Schutzpotenzialausgleich
- leichte Zugänglichkeit der Betriebsmittel zur Bedienung, Kennzeichnung und Instandhaltung

2.2.2 Erproben (Abbildung: <https://hager.com/de/katalog/reiheneinbaugeraete/fehlerstromschutzschalter/fi-schutzschalter>)

Mit dem Erproben wird die Wirksamkeit von Schutz- und Meldeinrichtungen nachgewiesen. Da die Anlage in Betrieb geht, ist darauf zu achten, dass durch das Erproben keine Gefährdung für Personen, Nutztiere und Sachen entsteht.

Die Erprobung umfasst:

- Isolations-Überwachungseinrichtungen,



- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen durch Betätigen der Prüftaste (es wird nur das Gerät, nicht die Schutzmaßnahme innerhalb der Anlage überprüft.
- Funktionsfähigkeit von Melde- und Anzeigeeinrichtungen,
- Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen, z.B. Not-Aus, Verriegelungen
- Isolierung (Prüfung der Spannungsfestigkeit)

Werden beim Erproben Fehler festgestellt, ist nach Behebung des Fehlers diese Prüfung und jede vorhergehende Prüfung, die durch den Fehler möglicherweise beeinflusst wurde, zu wiederholen.

2.2.3 Messen (Abbildung: <https://www.distrelec.de/en/installation-tester-cee-gossen-metrawatt-profitest-de/pi/17648250>)

Messen ist das Ermitteln von Werten mit geeigneten Messgeräten, welche für die Beurteilung der Wirksamkeit einer Schutzmaßnahme erforderlich sind, aber durch Besichtigen oder Erproben nicht festgestellt werden können.



Beim Messen müssen, sofern zutreffend, folgende Prüfungen (vorzugsweise in der genannten Reihenfolge) durchgeführt werden:

1. Durchgängigkeit des Schutzleiters
2. Isolationswiderstand der elektrischen Anlage
3. Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung
4. Messung des Isolationswiderstands von Fußböden und Wänden
5. Prüfen der automatischen Abschaltung der Stromversorgung
6. Messung des Erdungswiderstandes
7. Prüfen der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD)
8. Prüfen der Spannungspolarität (Drehfeldrichtung)
9. Prüfung des Spannungsfalls

Bei auffälligen Messwerten, die zwar die Normanforderung noch erfüllen, aber von den zu erwartenden Werten abweichen, sollte die Ursache der Abweichung untersucht werden.

2.2.4 Dokumentation (Abbildungen: <http://www.elektropuetz.de/mobil/E-Check.PDF>)

Für neu errichtete, geänderte oder erweiterte elektrische Anlagen ist nach Beendigung der Prüfung ein Prüfbericht über die mängelfreie Erstprüfung zu erstellen. Der Bericht muss allgemeine Angaben, wie Name und Anschrift des Auftraggebers und Auftragnehmers, Bezeichnung des Objekts, verwendete Mess- und Prüfgeräte usw., sowie die Ergebnisse der Besichtigung, Erprobung und Messung enthalten.



2.3 Messungen bei der Erstprüfung

2.3.1 Durchgängigkeit von Schutz- und Potentialausgleichsleiter

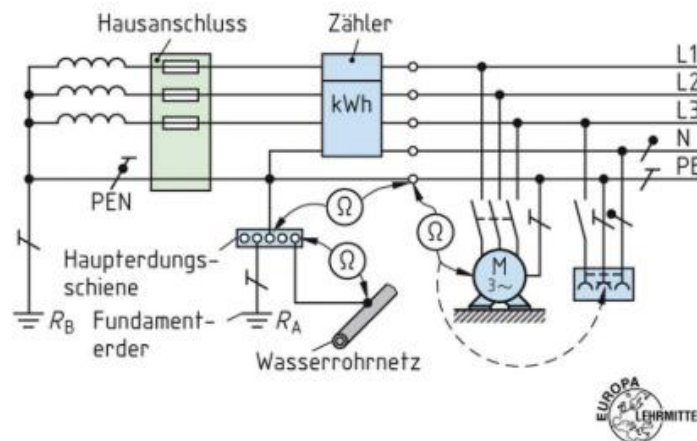
Die Schutzleiterverbindung bestimmt im Fehlerfall, ob die Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren wirksam ist. Daher ist mit der Messung des Schutzleiterwiderstands nachzuweisen, dass die Durchgängigkeit aller Schutzleiter niederohmig ist.

Die Durchgängigkeit des Schutzleiters wird mit einer Messung des Widerstands R_{LO} zwischen Haupterdungsschiene und allen Verbraucheranschlüssen mit einem Schutzleiter nachgewiesen.

Neben dem Schutzleiter müssen auch der Leiter des Schutzpotenzialausgleichs über die Haupterdungsschiene und alle Vorrichtungen zum Schutzpotenzialausgleich geprüft werden.

Bei der Messung ist die Anlage spannungsfrei zu schalten.

Diese Widerstandsmessung wird bei wechselnder Polarität mit einem Prüfstrom von mindestens 200 mA durchgeführt. Handelsübliche Multimeter sind wegen des geringen Prüfstroms für diese Messung nicht zugelassen.



Ein bestimmter Grenzwert ist nicht vorgegeben. Der gemessene Wert sollte aber dem Wert entsprechen, der aufgrund Leitungslänge, Querschnitt und Übergangswiderständen zu erwarten ist. Der Richtwert für einen Schutzleiter beträgt $0,3 \Omega$ bis maximal 1Ω . Der Richtwert eines Potenzialausgleichsleiters beträgt $< 0,1 \Omega$.

2.3.2 Isolationswiderstand der elektrischen Anlage (Abbildungen: <https://www.europa-lehrmittel.de/>)

Die Isolation von aktiven Teilen in einer elektrischen Anlage ist Teil der Schutzmaßnahme bei direktem Berühren (Basisschutz).

Die Messung des Isolationswiderstands R_{iso} gibt Aufschluss über die Isoliereigenschaften der eingesetzten Materialien und Betriebsmittel. Bei der Isolationsmessung ist die Anlage vom Netz zu trennen. Neutral- und Schutzleiter müssen an der Trennstelle aufgetrennt werden. Alle Sicherungen und Schalter müssen geschlossen werden. Verbraucher, welche die Messung beeinflussen könnten, sind abzuklemmen.

Der Isolationswiderstand wird zwischen jedem aktiven Leiter L1, L2, L3, N und Schutzleiter PE und zwischen allen aktiven Leitern gegeneinander gemessen. „Alle Leiter gegen Alle Leiter“

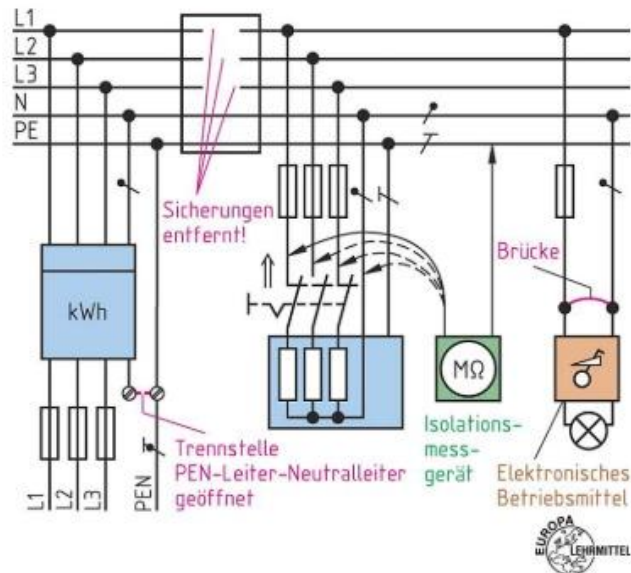


Tabelle: Mindest-Isolationswiderstände		
Anlage	Messspannung	Isolationswiderstand
Stromkreise und Betriebsmittel für Kleinspannung SELV und PELV.	DC 250 V	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
Nennspannung $\leq 500 \text{ V}$ (außer Kleinspannung SELV und PELV)	DC 500 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
Nennspannung $> 500 \text{ V}$	DC 1000 V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$

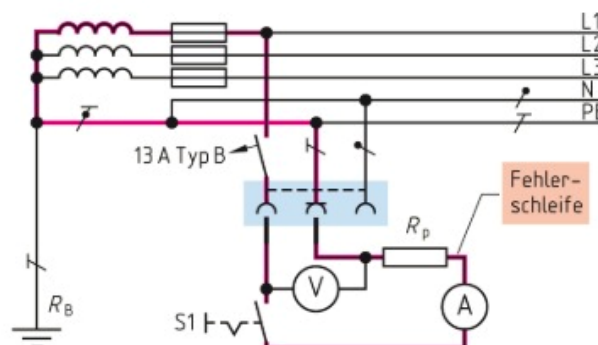
Die Messung erfolgt mit einer Prüfgleichspannung von 500 V DC. Schutzeinrichtungen (insbesondere RCD Typ B) können aufgrund hoher Prüfspannungen beschädigt werden. Deshalb sollten diese empfindlichen Betriebsmittel nach Möglichkeit während der Prüfung vom Stromkreis getrennt sein. Wo das nicht möglich ist, etwa bei Steckdosen mit integriertem Überspannungsschutz, kann die Prüfspannung für den betroffenen Stromkreis auf 250V DC reduziert werden. Dabei darf jedoch der Isolationswiderstand einen Wert von 1 MΩ nicht unterschreiten.

2.3.3 Schutz durch automatische Abschaltung (Abbildung: <https://www.europa-lehrmittel.de/>)

Die Messung der Schleifenimpedanz Z_S ist erforderlich, um die Einhaltung der Schutzmaßnahme bei Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz) nachzuweisen.

Die Messung erfolgt am Verbraucheranschluss zwischen Außenleiter und Schutzleiter. Gemessen wird hier der Gesamtwiderstand der Fehlerschleife, bestehend aus Leitungswiderständen, der Impedanz des Trafos und den

Innenwiderständen der Schutzeinrichtungen (LS, RCD). Aus der gemessenen Schleifenimpedanz wird der maximale Kurzschlussstrom errechnet und vom Prüfgerät angezeigt. Dieser Strom muss so hoch sein, dass die vorgeschaltete



Überstromschutzeinrichtung entsprechend schnell auslösen kann.

Abschaltbedingung:

$$I_K \geq I_A$$

I_K : Kurzschlussstrom im Fehlerfall

I_A : Abschaltstromstärke der Sicherung

Bsp.: Bei einem Stromkreis mit LS B16A muss ein Kurzschlussstrom von mindestens 80A fließen, damit dieser innerhalb von 0,4s (TN) oder 0,2s (TT) auslöst.

Sicherheitsaufschlag: Bei der Beurteilung der Abschaltbedingung sind Messunsicherheiten zu berücksichtigen. Hierbei werden Messtoleranzen von 30% sowie Änderung der Leitungswiderstände bei Erwärmung mit 20% einbezogen. Daher wird der Messwert der Schleifenimpedanz mit einem Sicherheitsaufschlag von 50% korrigiert. $Z_{S\text{ korrt}} = Z_S \cdot 1,5$

Formel zur Berechnung des korrigierten Kurzschlussstroms:

$$I_K = \frac{U_0}{Z_S \cdot 1,5}$$

Bsp.: Bei einem LS B16A muss demnach ein Kurzschlussstrom von mindestens 80A zzgl. 50% = 120A angezeigt werden.

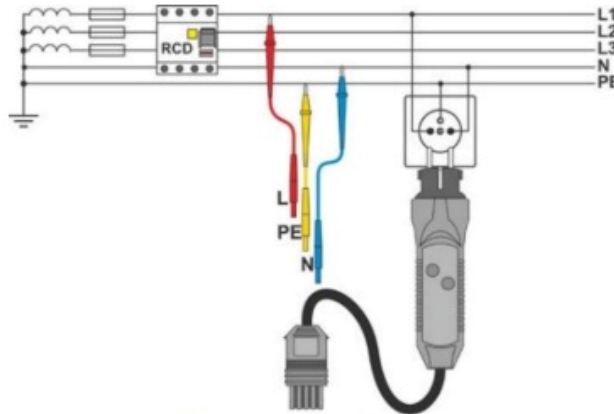
Hinweise: In der Praxis wird für jeden Stromkreis nur die Messstelle mit dem schlechtesten Messergebnis im Prüfprotokoll dokumentiert. Auf die Prüfung darf verzichtet werden, wenn der Stromkreis über eine Fehlerstromschutzeinrichtung mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 500\text{mA}$ geschützt ist. Bei neueren Prüfgeräten kann der Prüfstrom zur Messung der Schleifenimpedanz auf 15mA begrenzt werden, so dass ein vorhandener RCD mit $I_{\Delta N} 30\text{ mA}$ während der Messung nicht auslöst.

2.3.4 Prüfen der Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD)

Die Prüfung von Fehlerstrom-Schutzschaltern ist notwendig, um die Einhaltung der Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren (Zusatzschutz) nachzuweisen.

Die Wirksamkeit der

Fehlerstromschutzeinrichtungen wird mit einem geeigneten Prüfgerät durch Erzeugen eines Differenzstroms I_{Δ} bis zur Höhe von $I_{\Delta N}$ nachgewiesen. Der RCD muss spätestens bei Erreichen des Nennfehlerstromes $I_{\Delta N}$ auslösen. Die für die Anlage dauernd zulässige Berührungsspannung U_L darf beim Auslösestrom I_{Δ} nicht überschritten



werden. (Abbildung: <https://cdn.sonel.com/Instrukcje/MPI-535%20QuickStart%20v1.00%20DE.pdf>)

Bei der Prüfung der RCD werden folgende drei Messgrößen erfasst und bewertet:

- U_T Berührungsspannung ($U_T \leq 50 \text{ V}$)
- I_{Δ} Fehlerstrom beim Abschalten ($0,5 I_{\Delta N} \leq I_{\Delta} \leq I_{\Delta N}$)
- t_a Auslösezeit ($t_a \leq 300 \text{ ms}$)

Die Berührungsspannung U_T ist abhängig vom Erdungswiderstand und darf den zulässigen Wert von $U_L = 50 \text{ V AC}$ nicht überschreiten. Im TN-System zeigen sich aufgrund der guten Erdungsverhältnisse typische Werte zwischen 0 und 3V. Im TT-System liegen die Messwerte deutlich darüber.

Der Auslösestrom I_{Δ} muss zwischen 50 und 100 % des Nennfehlerstromes $I_{\Delta N}$ betragen. Bei allstromsensitiven RCDs (Typ B) erfolgt die Prüfung zusätzlich mit einem Gleichfehlerstrom, der zwischen 50 und 200 % liegen muss.

Die gemessene Auslösezeit t_a sollte typischer Weise zwischen 20 und 40 ms liegen, wobei auch höhere Werte je nach Hersteller möglich sind. Die maximalen Auslösezeiten betragen für Endstromkreise ($U_0 = 230 \text{ V}$) 0,4s im TN- bzw. 0,2s im TT-System.

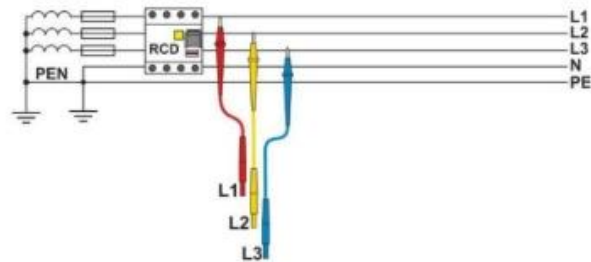
Hinweise: Die Prüfung wird für jeden RCD einmal durchgeführt, unabhängig davon, wie viele Stromkreise und Betriebsmittel über diesen geschützt werden. Vor der Messung muss die Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen sein.

2.3.5 Prüfen der Spannungspolarität (Drehfeldrichtung)

Motorische Antriebe erfordern eine bestimmte Phasenfolge. Deshalb wird überprüft, ob die Kontaktbuchsen der Drehstromanschlüsse (Drehstromsteckdose, Herdanschlussdose) immer ein Rechtsdrehfeld aufweisen, wenn sie von vorne betrachtet werden.



Zur Messung werden in der Regel alle 3 Außenleiter an das Prüfgerät angeschlossen.



(Abbildung: <https://www.conrad.de/de/n/pce-315-6-eee-anbaudose-16-a-5polig>)

(Abbildung: <https://cdn.sonel.com/Instrukcje/MPI-535%20QuickStart%20v1.00%20DE.pdf>)

3 Durchführung der Anlagenprüfung im Kundenauftrag

Führen Sie nun die Anlagenprüfung der Elektroinstallation an Ihrem Laborplatz fachgerecht aus.

Auftrag: (Abbildung: <https://www.distrelec.de/de/installationstester-nin-niv-gossen-metrawatt-profitest-mtech-ch/p/17648286>)

1. Bearbeiten Sie alle Fragen auf den der nachfolgenden Seiten.
2. Machen Sie sich mit der Bedienung der Prüfgeräte vertraut.
3. Führen Sie die geforderten Messungen am Laborplatz durch.
4. Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse im Prüfprotokoll auf Seite 21.



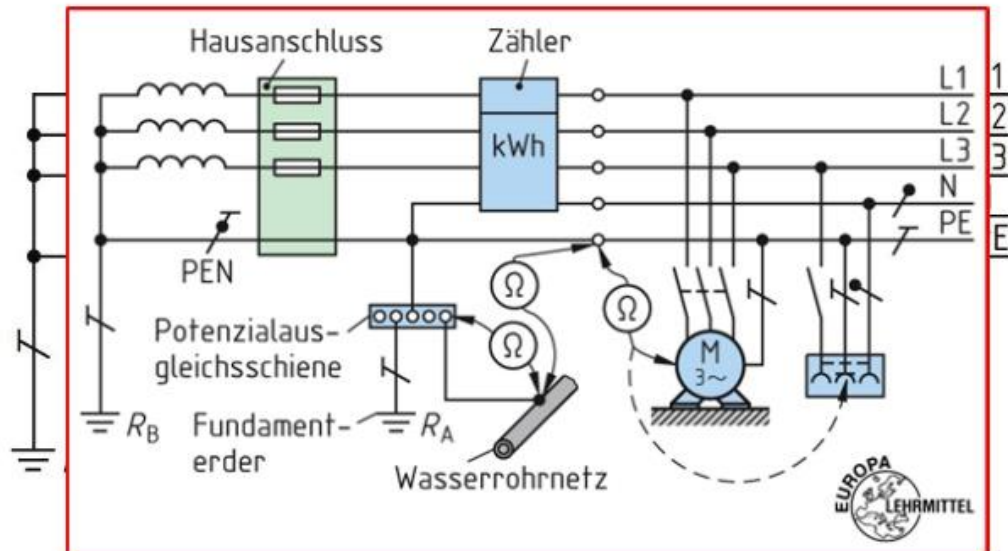
3.1 Überblick Prüfung von elektrischen Anlagen (nach DIN VDE 0100-600)

<p>Besichtigen _____</p>	<p>Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag</p> <p>Vorhandensein und Zustand von Brandabschottungen</p> <p>Vorkehrungen, die das Ausbreiten von Feuer verhindern</p> <p>Vorkehrungen, die thermische Belastung verhindern.....</p> <p>Auslegung und Verlegung von Leitungen oder Kabeln</p> <p>Hauptpotenzialausgleich, Erdungsanlage, Stromschienen</p> <p>Die Kontrolle der ordnungsgemäßen Befestigung</p> <p>Installation und Einstellung der Schutz- und Überwachungsgeräte</p>
<p>Erproben _____</p>	<p>Fehlerstromschutzeinrichtungen überprüfen (Prüftaste RCD)</p> <p>Schutzrelais, NOT-AUS-Einrichtungen, Verriegelungen</p> <p>Isolationsüberwachung bei IT-Systemen</p> <p>Prüf-Tasten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....</p> <p>Melde und Anzeigeeinrichtungen prüfen (Touchscreens, Meldeleuchten...).....</p>
<p>Messen _____</p>	<p>Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichsleiter (R_{Lo}).....</p> <p>Isolationswiderstand messen (Riso).....</p> <p>RCD-Messung (Berührungsspannung, Auslösezeit und Auslösestrom)</p> <p>Schleifenimpedanzmessung (Z_s und I_k)</p> <p>Drehfeld und Spannungsmessung</p> <p>ANMERKUNG: Es gibt noch mehr Prüfungen, aber der Fokus liegt in dieser</p> <p>Einheit auf den Prüfungen, welche immer durchzuführen sind</p>
<p>Dokumentation ____</p>	<p>Dokumentation der Ergebnisse</p> <p>Name, Anschrift</p> <p>Objekt.....</p> <p>Prüfgeräte</p> <p>Prüfergebnisse und Messwerte.....</p> <p>Unterschrift.....</p>

Merke: Besteht die Anlage einen Prüfschritt nicht, so muss der Fehler gesucht und behoben werden, sonst gilt die Prüfung als nicht bestanden und die Anlage darf nicht in Betrieb genommen werden.

3.2 Prüfung des Schutzleiterwiderstandes

- a) Tragen Sie in das Schaubild den Anschluss des Prüfgerätes für die Messung des R_{PE} an der Schutzkontaktsteckdose ein.



- b) Nennen Sie die Punkte, zwischen denen die Messung durchgeführt wird.

R_{PE} von der Steckdose zur HES

R_{PE} von Elementen im Schutzpotenzialausgleich (Wasserrohr) zur HES

- c) Was ist bei der Messung zu beachten?

Anlage muss spannungsfrei sein

Geeignetes Messgerät verwenden (Prüfspannung 4 – 24 V, Prüfstrom > 200mA)

- d) Wie kann in der Praxis zwischen weit entfernten Messpunkten gemessen werden?

Bei weit entfernten Messpunkten wird eine Verlängerungsleitung verwendet. Der Widerstand der Verlängerungsleitung muss vom Messwert abgezogen werden.

Messung des R_{PE} am Arbeitsplatz

- e) Bereiten Sie die Messung im Stromkreis der Schukosteckdose vor.
- Stellen Sie Spannungsfreiheit her.
 - Verwenden Sie das Prüfgerät mit 2-poligem Messadapter und Grundfunktion R_{LO} .
 - Verwenden Sie die rote Verlängerungsleitung.
 - Achtung: Erst die Prüfspitzen aufsetzen, dann Start drücken, da sonst die Gerätesicherung des Prüfgerätes auslösen könnte.
- f) Messen Sie zuerst den Gesamtwiderstand inklusive der Verlängerungsleitung und errechnen Sie dann den tatsächlichen Schutzleiterwiderstand R_{PE} des Stromkreises.

$$\text{Hierbei gilt: } R_{\text{Gesamt}} = R_{\text{Verlängerung}} + R_{PE}$$

a) R_{Gesamt} : 1Ω

b) $R_{\text{Verlängerung}}$ $0,3 \Omega$

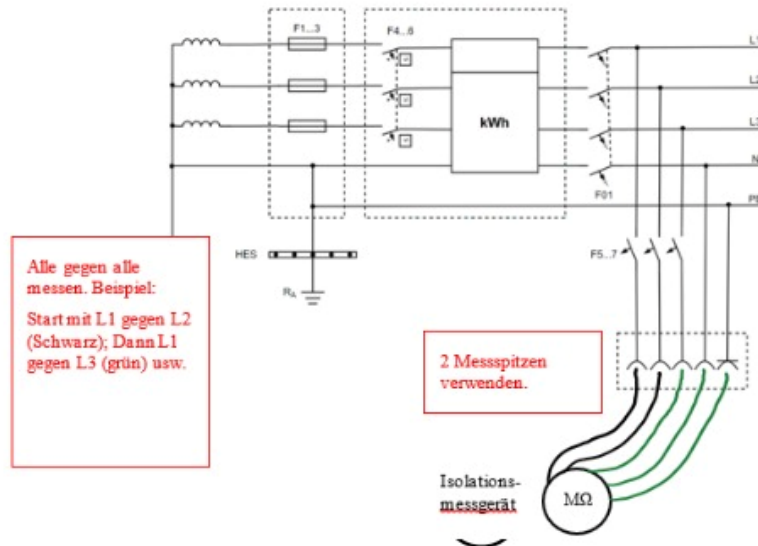
c) R_{PE} : $0,7 \Omega$

- g) Bewerten Sie die Messungen und entscheiden Sie, ob die Prüfung bestanden wurde.
- h) Dokumentieren Sie Ihr Ergebnis für den Steckdosenstromkreis im Prüfprotokoll (Seite 21).
- i) Führen Sie nun die Messung des Schutzleiterwiderstands für die anderen 3 Stromkreise am Arbeitsplatz durch und dokumentieren Sie auch diese im Prüfprotokoll.

3.3 Prüfung des Isolationswiderstands

Vorüberlegungen zur Messung des R_{ISO}

- a) Tragen Sie in das Schaubild den Anschluss des Prüfgerätes für die Messung des R_{ISO} an der CEE-Steckdose ein.



- b) Nennen Sie die Leiter, zwischen denen die Messung durchgeführt wird

Alle Leiter (L1,L2,L3,N,PE) gegen einander.

- c) Was ist bei der Messung zu beachten?

Anlage vom Netz trennen.

Neutralleiter von PE trennen

Leitungsschutzschalter, RCD (nicht Typ B) und Schalter einschalten

Verbraucher abklemmen Hinweis: Überspannungsschutzeinrichtungen können

(Fehlmessungen hervorrufen. Auf empfindliche Geräte achten. Achtung: Stromkreis entladen)

- d) Nennen Sie die Höhe der Prüfspannung und die Grenzwerte bei der R_{ISO} Messung.

Art des Stromkreises	Messgleichspannung DC	R_{ISO}
SELV und PELV	250V	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
Netzspannung $U_0 \leq 500V$ z.B. in elektrischen Anlagen mit trockenen und feuchten Räumen	500V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$
Netzspannung $U_0 \geq 500V$ z.B. in Anlagen mit elektr. Maschinen	1000V	$\geq 1,0 \text{ M}\Omega$

Messung des R_{ISO} am Laborplatz

- e) Bereiten Sie die Messung im Stromkreis der CEE-Steckdose vor.
- Trennen Sie die Anlage vom Netz (z.B. durch Ausschern der SLS).
 - Lösen Sie die Brücke zwischen N und PE.
 - Entfernen Sie Verbraucher, welche die Messung beeinflussen könnten
 - Verwenden Sie das Prüfgerät mit 2-poligem Messadapter und Grundfunktion R_{ISO} .
 - Achtung: Prüfspannung 500 V: Erst die Prüfspitzen aufsetzen, dann Start drücken.

f) Messen Sie den Isolationswiderstand im Stromkreis der CEE-Steckdose und notieren Sie jeweils die schlechtesten Werte.

L1, L2, L3, N gegen PE: $> 500 \text{ M } \Omega$

L1, L2, L3 gegen N: $> 500 \text{ M } \Omega$

L1, L2, L3 gegen L1, L2, L3: $> 500 \text{ M } \Omega$

- g) Bewerten Sie die Messungen und entscheiden Sie, ob die Prüfung bestanden wurde.
- h) Dokumentieren Sie Ihr Ergebnis für den Stromkreis im Prüfprotokoll (Seite 21).
- i) Führen Sie nun die Messung des Schutzleiterwiderstands für die anderen 3 Stromkreise am Laborplatz durch und dokumentieren Sie auch diese im Prüfprotokoll.
- j) Geben Sie mögliche Gründe an, falls Grenzwerte nicht eingehalten werden.

N und PE nicht aufgetrennt

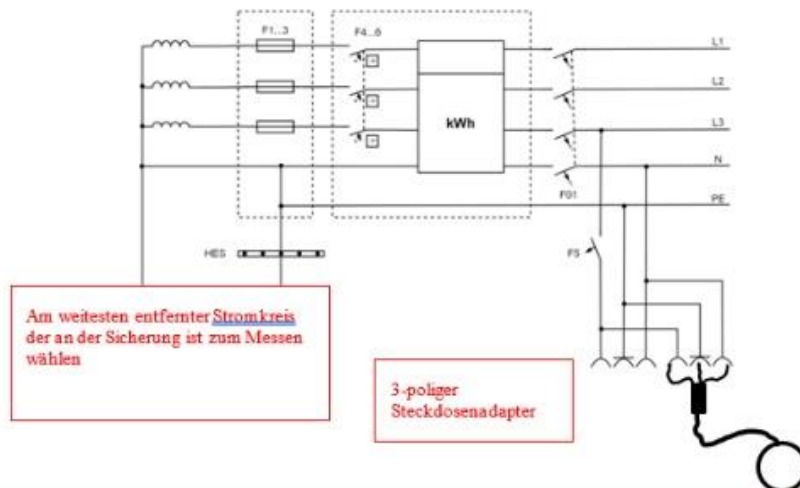
beschädigte Isolierung von Leitungen

Verbraucher (Zähler, Überspannungsschutz, ...) beeinflussen die Messung

3.4 Prüfung der Abschaltbedingung

Vorüberlegung zur Messung der Z_s

- a) Ergänzen Sie im Schaubild den Beleuchtungsstromkreis mit Sicherung an L3 und tragen Sie den Anschluss des Prüfgerätes für die Messung der Z_s ein.



- b) Welche Betriebsmittel werden mit der Messung der Schleifenimpedanz Z_s überprüft?

NH, SLS, LS-Schalter, Schmelzsicherung

- c) An welchem Punkt und zwischen welchen Leitern wird die Schleifenimpedanz gemessen?

Verbraucheranschlüsse der Endstromkreise, Hauptleitung, Steigleitung

Zwischen L und PE bzw. PEN

- d) Warum muss die Schleifenimpedanz möglichst klein sein?

Kurzschlussstrom I_K muss entsprechend hoch sein, um ein Abschalten des fehlerhaften Anlagenteils innerhalb der geforderten Zeit (0,4 s) sicherzustellen.

- e) Weshalb wird die Messung am weitesten entfernten Verbraucheranschluss durchgeführt?

Die Leitungsstrecke (L-PE/PEN) ist dort am längsten, daher ist dort der schlechteste

Wert für Z_s zu erwarten. -> eine Messung pro Sicherung ist ausreichend

- f) Aus welchen Teilen setzt sich die Schleifenimpedanz zusammen?

$$Z_T, R_{Leq}, (R_{\dot{u}}), R_{PE}, R_{PEN} \dots$$

- g) Was ist bei der Messung zu beachten?

Anlage muss mit Netz verbunden sein.

N und PE an Trennstelle wieder verbinden.

Stromkreis (Leitungsschutzschalter, RCD und Schalter) einschalten.

Auslösen des RCD verhindern: Brücken oder Prüfstrom auf 15 mA begrenzen.

Messung des Z_s am Arbeitsplatz

- h) Bereiten Sie die Messung im Beleuchtungsstromkreis vor.
- Verbinden Sie die Anlage mit dem Netz.
 - Installieren Sie die Brücke zwischen N und PE.
 - Verwenden Sie das Prüfgerät mit 2-poligem Messadapter und Grundfunktion Z_{SCHL} .
 - Stellen Sie den Prüfstrom auf 15 mA ein und das Auslösen des RCD zu verhindern.
- i) Messen Sie die Schleifenimpedanz im Beleuchtungsstromkreis und notieren Sie die angezeigten Werte.

$$Z_s = 0,4 \Omega \quad I_K = 575 A$$

- j) Bewerten Sie die Messungen und entscheiden Sie, ob die Prüfung bestanden wurde.
Berücksichtigen Sie bei der Berechnung den Sicherheitsaufschlag von 50%!

$$Z_{s, korri} = 0,4 \Omega * 1,5 = 0,6 \Omega$$

$$LSB16A: I_A = 16A * 5 = 80A$$

$$I_K = \frac{230V}{0,65 \Omega} = 383A$$

$$I_K \geq I_A \rightarrow \text{Abschaltbedingung ist erfüllt}$$

- k) Dokumentieren Sie Ihr Ergebnis für den Stromkreis im Prüfprotokoll (Seite 21).
- l) Führen Sie nun die Prüfung der Abschaltbedingung für alle weiteren Überstromschutz-einrichtungen am Arbeitsplatz durch und dokumentieren Sie auch diese Ergebnisse im Prüfprotokoll.



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

3.5 Prüfprotokoll (Abbildung: <https://fdokument.com/document/erst-und-wiederholungspruefung-elektrischer-anlagen-nr-erst-und-wiederholungspruefung.html?page=1>)

Erst- und Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen										Nur für Ausbildungs- und Prüfungszwecke zu verwenden!					
Prüf- und Messprotokoll															
Nr.		Blatt von			Kunden-Nr.:										
Auftraggeber:		Auftrags-Nr.:			Auftragnehmer:										
Anlage:					Prüfer/-in:										
Prüfung nach: DIN VDE 0100-600 <input type="checkbox"/> DIN VDE 0105 <input type="checkbox"/> BGV A3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neuanlage <input type="checkbox"/> Erweiterung <input type="checkbox"/> Änderung <input type="checkbox"/> Instandsetzung <input type="checkbox"/> Wiederholungsprüfung <input type="checkbox"/>															
Netz: _____ / _____ V _____ Hz Netzsystem: TN-C <input type="checkbox"/> TN-S <input type="checkbox"/> TN-C-S <input type="checkbox"/> TT <input type="checkbox"/> IT <input type="checkbox"/>															
Verteilungsnetzbetreiber:															
Besichtigen															
Auswahl der Betriebsmittel		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kennzeichnung der Stromkreise und Betriebsmittel			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zugänglichkeit der Betriebsmittel		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Trenn- und Schaltgeräte		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kennzeichnung N- und PE-Leiter			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hauptpotenzialausgleich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Brandabschottungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Leiterverbindungen			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zus. örtl. Potenzialausgleich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Gebäudesystemtechnik		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schutz- und Überwachungsgeräte			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dokumentation/Warnhinweise		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Kabel, Leitungen und Stromschienen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schutz gegen direktes Berühren			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Erproben															
Funktion der Anlage		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechtsdrehfeld der Drehstromsteckdosen			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gebäudesystemtechnik		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Funktion der Schutz-, Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Drehrichtung der Motoren			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Messen Stromkreisverteiler-Nr.:															
Sicherung/Stromkreis		Leitung/Kabel		Überstrom-Schutzeinrichtung		Schleifenwiderstand, Kurzschlussstrom		Isolationswiderstand		Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)			Berührungsspannung	Schutzleiterwiderstand	
Nr.	Zielbezeichnung	Typ	Leiter Querschnitt (mm ²) Anzahl	Art/Typ Charakteristik	I_n (A)	Z_s (Ω)	I_k (A)	R_{out} (MΩ) ohne [1] mit Verbraucher [2]	I_e / Art (A)	$I_{Δn}$ (mA)	$I_{Δres}$ (mA)	Auslösezeit t_A (ms)	U_{L5} V AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> U_{mess} (V)	R_{LE} bzw. R_{LE} (Ω)	
			x						1						
			x						2						
			x						1						
			x						2						
			x						1						
			x						2						
			x						1						
			x						2						
			x						1						
			x						2						
			x						1						
			x						2						
Durchgängigkeit des Potenzialausgleichs												Erdungswiderstand: $R_E =$ _____ Ω			
Fundamenterder		<input type="checkbox"/>	Hauptwasserleitung		<input type="checkbox"/>	Heizungsanlage		<input type="checkbox"/>	EDV-Anlage		<input type="checkbox"/>	Antennenanlage/BK		<input type="checkbox"/>	
Potentialausgleichsschiene		<input type="checkbox"/>	Hauptschutzleiter		<input type="checkbox"/>	Klimaanlage		<input type="checkbox"/>	Telefonanlage		<input type="checkbox"/>	Gebäudekonstruktion		<input type="checkbox"/>	
Wasserzweischenzähler		<input type="checkbox"/>	Gasinnenleitung		<input type="checkbox"/>	Aufzugsanlage		<input type="checkbox"/>	Blitzschutzanlage		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
Verwendete Messgeräte			Fabrikat: _____			Typ: _____			Fabrikat: _____			Typ: _____			
Prüfergebnis:		keine Mängel festgestellt <input type="checkbox"/>			Mängel festgestellt <input type="checkbox"/>			Prüfplakette erteilt: ja <input type="checkbox"/>			nein <input type="checkbox"/>			Nächster Prüfermin: _____	
														Monat: _____	
														Jahr: _____	
Mängel/Bemerkungen:								Die elektrische Anlage entspricht den anerkannten Regeln der Elektrotechnik. Ein sicherer Gebrauch bei bestimmungsgemäßer Anwendung ist gewährleistet.				ja <input type="checkbox"/>		nein <input type="checkbox"/>	
Auftraggeber:						Prüfer/-in:									
Ort _____		Datum _____		Unterschrift _____		Ort _____		Datum _____		Unterschrift _____					



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr

Auftrag:

Präsentieren Sie das Prüfprotokoll der Lehrkraft und führen Sie ein Fachgespräch durch.

Nehmen Sie eine Sicherheitseinweisung und eine Nutzereinweisung für den Kunden vor.

- Kontrolle durch die Lehrkraft
- Fachgespräch mit der Lehrkraft

4 LZK

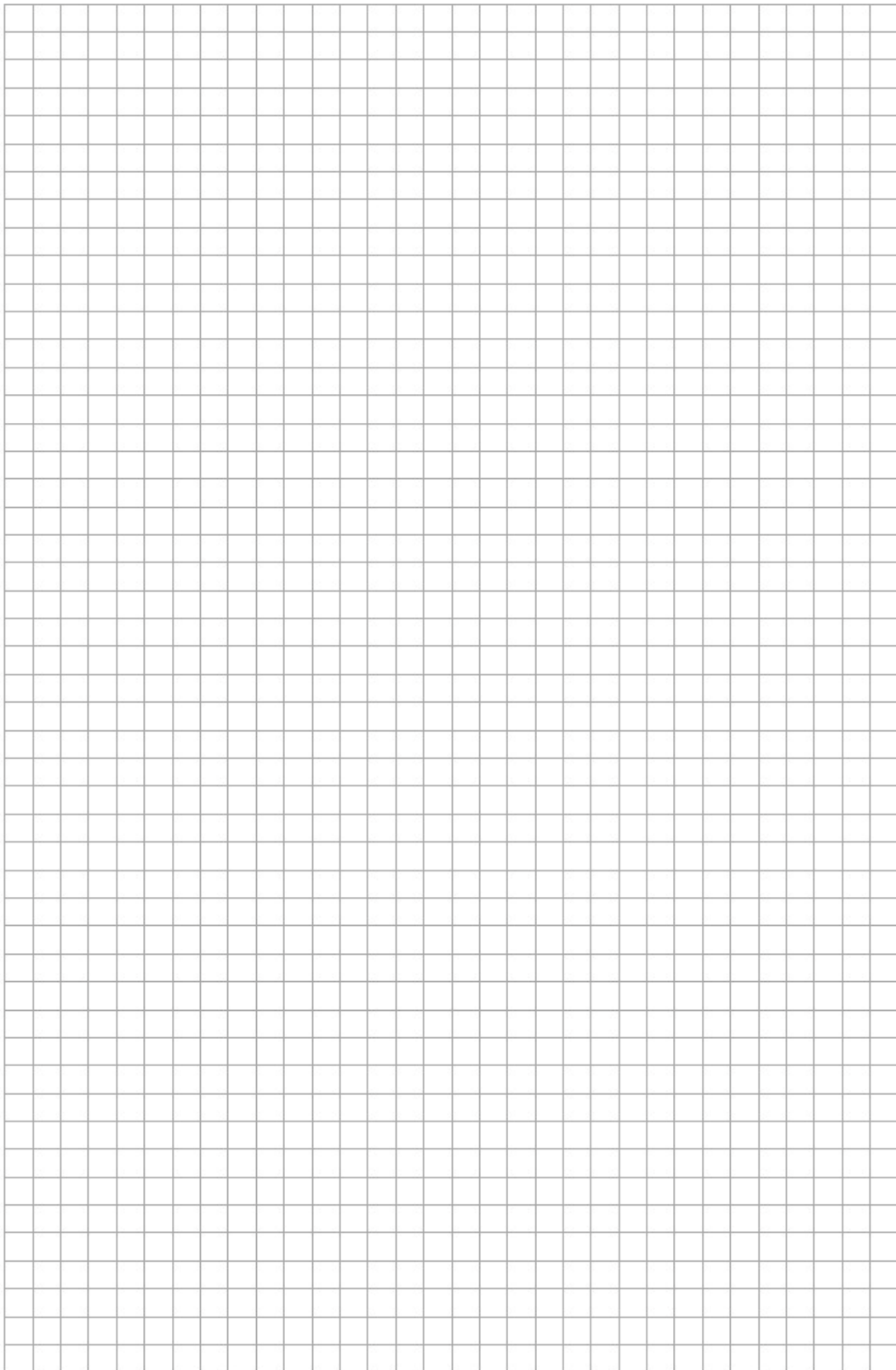
1. Geben Sie die 3 Hauptschritte der Anlagenprüfung an.
2. Benennen Sie 4 Überprüfungen, die Sie bei der Besichtigung einer Anlage durchführen
3. Geben Sie nötige Schritte an, die bei der Erprobung einer elektrischen Anlage durchgeführt werden.
4. Benennen Sie die 5 grundlegenden Messungen bei der Anlagenprüfung.
5. Beschreiben Sie das Vorgehen bei der Überprüfung der Schutzleiter und der Potentialausgleichsleiter.
6. Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Sie mit der R_{ISO} -Messung beginnen dürfen?
7. Was muss bei der Durchführung der R_{ISO} -beachtet werden?
8. Welche Messungen werden bei der Überprüfung des RCD durchgeführt?
9. Zwischen welchen Leitern wird die Schleifenimpedanz gemessen?
10. Warum kann die Messung der Schleifenimpedanz entfallen, wenn der Stromkreis über einen RCD gesichert ist?
11. Warum muss der Messwert von Z_S korrigiert werden?
12. Im Folgenden ist der Ausschnitt eines Prüfprotokolls der Wiederholungsprüfung einer Hausinstallation gezeigt.
Überprüfen Sie die angegebenen Messwerte mit den geltenden Grenzwerten.
Achten Sie dabei auf die fachgerechte Absicherung der Stromkreise.

⊙ Messung	Durchgäng. Schutzleiter. <input type="checkbox"/>	Haupt-/ zus. Potenzialausgl. <input type="checkbox"/>	Erdungsw. R_E - Ω	Isolationsw. Busleit. R_{iso} - $M\Omega$	$M\Omega$							
Stromkreis	Leitung/ Kabel			Isolationswiderstand R_{iso} [M Ω]	Überstromsicherheit			Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)				
	Kurzzeichen	Aderzahl	A [mm ²]		Charakteristik	I_n [A]	Z_S [Ω] / I_K [A] *	I_n [A]	$I_{\Delta n}$ [mA]	U_B [V] ($\leq U_{I_n}$)	Ausst. Zeit t_A [ms]	I_{Δ} [mA] ($\leq I_{\Delta n}$)
CEE	NYM-J	5	2,5	> 300	C	32	1,10 /					
Herd	NYM-J	5	2,5	0,5	B	16	0,8 /					
DLH	NYM-J	5	4	125	B	32	0,34 /					
X1	NYM-J	3	1,5	> 300	B	16	-----	40	300	5,8	50	100
X2	NYM-J	3	1,5	> 300	B	16	-----	25	30	0,6	35	28
E1	H03VV-F	2	1,5	> 300	B	10	1,45 / 155					



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/Informationselektronikerin, 2. Ausbildungsjahr





Hinweise zum Unterricht

Quellen- und Literaturangaben

Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Tabellenbuch Elektrotechnik, Europa-Verlag
- Elektronik Tabellen, Informations- und Medientechnik, Westermann-Verlag