



Prüfung elektrischer Anlagen

Vor der Inbetriebnahme und der Übergabe an den Betreiber (Nutzer) muss jede elektrische Anlage im Rahmen einer Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600 geprüft werden. Die Prüfung muss, soweit sinnvoll, bereits während der Errichtung und nach der Fertigstellung der Anlagen erfolgen.

Dieses gilt ebenfalls im Falle einer Erweiterung oder Änderung einer bestehenden Anlage. Auch hier muss nachgewiesen werden, dass die Erweiterung oder Änderung den Anforderungen der Normen und gesetzlichen Regelungen entspricht und die Sicherheit der bestehenden Anlage nicht beeinträchtigt wird. Dies ist in der Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0105-100 geregelt.

Nach Beendigung der Prüfung ist ein Prüfprotokoll zu erstellen, in dem die Prüfergebnisse dokumentiert werden.

Die Prüfungen müssen durch Elektrofachkräfte durchgeführt werden, die über Erfahrungen im Prüfen von elektrischen Anlagen verfügen.

Das Vorstehende trifft in gleicher Weise auf Elektrofachkräfte für festgelegte Tätigkeiten zu, die vor Inbetriebnahme der Anlagen oder der angeschlossenen Betriebsmittel die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag in dem von ihnen errichteten oder erweiterten Teil der elektrischen Anlage prüfen und nachweisen müssen.

Rechtliche Grundlagen für die durchzuführenden Prüfungen sind unter anderem die

- Niederspannungsanschlussverordnung (NAV),
- VDE-Bestimmungen und
- Unfallverhütungsvorschriften DGUV V3 für den gewerblichen Bereich.

Die wichtigsten VDE-Bestimmungen zur Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen an elektrischen Anlagen oder an elektrischen Geräten werden wie folgt unterschieden:

- Erstprüfung elektrischer Anlagen (DIN VDE 0100-600)
Diese ist durchzuführen vor der erstmaligen Inbetriebnahme einer Anlage oder eines Anlagenteils sowie nach Änderungen, Instandsetzungen oder Erweiterungen.
- Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen (DIN VDE 0105-100)
Elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind im ordnungsgemäßen Zustand zu erhalten. Dazu werden in den Unfallverhütungsvorschriften (DGUV V3), VDE Bestimmungen und anderen Regelwerken detaillierte Prüfbedingungen und Prüffristen festgelegt.
- Prüfung elektrischer Geräte (DIN VDE 0701-0702) nach Instandsetzungen oder Änderungen.
Wiederkehrende Prüfung elektrischer Geräte (DIN VDE 0701-0702) nach bestimmten Prüffristen, z. B. entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift DGUV V3.



Erstprüfung von Schutzmaßnahmen

Die Erstprüfung von elektrischen Anlagen nach der Norm DIN VDE 0100-600 gliedert sich in das Besichtigen, Erproben und Messen.

Bei der Durchführung der Prüfungen müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, damit es nicht zu Gefährdungen von Personen kommt oder zu Beschädigungen an Eigentum und Betriebsmitteln.

Besichtigen

Das Besichtigen ist bei den Prüfungen von grundlegender Bedeutung. Es muss bei allen Anlagen unabhängig von der Netzform durchgeführt werden. Es beginnt mit der richtigen Auswahl des zu verwendenden Materials und begleitet während der Errichtung die gesamten Installationsarbeiten.

Zu beachten sind im Wesentlichen:

- **die Einhaltung der Zusatzbestimmungen** für Räume und Anlagen besonderer Art,
 - z.B. feuchte und nasse Räume (DIN VDE 0100-737)
 - feuergefährdete Betriebsstätten (DIN VDE 0100-482, VdS 2033)
 - elektrische Anlagen in brennbaren Hohlräumen (DIN VDE 0100-482)
 - elektrische Anlagen in Möbeln und Einrichtungsgegenständen (DIN VDE 0100-724)
 - Niedervolt-Beleuchtungsanlagen (DIN VDE 0100-715, VdS 2324)
- **der erforderliche Schutz der aktiven Teile gegen direktes Berühren**,
z. B. durch Isolierungen oder Gehäuse (IP-Schutzart),
- **die richtige Auswahl der Schutzeinrichtungen**,
z.B. Überstrom- und/oder Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs),
- **die richtige Auswahl der Überstromschutzeinrichtungen und der Betriebsmittel** unter Berücksichtigung der Belastung und der Kurzschluss-Ströme,
- **die richtige Auswahl der erforderlichen Querschnitte** für Schutz- und Potentialausgleichsleiter,
- **die richtige Auswahl der Querschnitte der verwendeten Kabel und Leitungen**, die Kennzeichnung von Schutz- und Neutralleiter und der Stromkreise,
- **die Einhaltung der Montageanleitungen der Hersteller**,
z. B. Mindestabstände wärmeerzeugender Geräte oder Leuchten zu brennbarer Umgebung,
- **die richtige Einstellung von Überwachungseinrichtungen usw.**



Erprobung

Durch Erproben wird festgestellt, ob die in der Anlage installierten Sicherheitseinrichtungen ihren Zweck erfüllen. Hierzu kann es notwendig sein, die Betriebsspannung einzuschalten.

Empfehlung:

Zu erproben sind unter anderem:

- die Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen durch Betätigen der Prüftaste,
- die Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen wie Not-Aus-Einrichtungen oder Verriegelungen,
- die Funktionsfähigkeit von wichtigen Melde- und Anzeigeeinrichtungen, das Rechtsdrehfeld an Drehstromsteckdosen.

Messen

Mit nach DIN VDE 0413 zugelassenen Messgeräten und Messverfahren sind die Werte zur Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen zu ermitteln, die durch Besichtigen und Erproben nicht feststellbar sind.

Beim Messen wird unterschieden in:

- Messungen der Schutzmaßnahmen, die von der Netzform unabhängig sind, z. B. Isolationswiderstandsmessungen im TN- und TT-System,
- Messungen der Schutzmaßnahmen, die von der Netzform abhängig sind, z. B. Messungen der Schleifenwiderstände und Kurzschlussströme im TN- System mit Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen oder Messungen der Berührungsspannungen im TN- oder TT-System mit Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .

Zu jeder Messung, besonders im Bereich der festgelegten Grenzwerte, gehört eine Abschätzung der möglichen Messabweichung (Berücksichtigung der Fehler des Messgerätes und der Messverfahren).



Durchführung der Messungen

Folgende Messungen können durchgeführt werden:

1. Schutzleitermessung (Niederohmmessung),
2. Isolationswiderstandsmessung,
3. Schleifenwiderstandsmessung,
4. FI-Prüfung (RCD-Prüfung),
5. Erdübergangswiderstandsmessung,
6. Drehfeldmessung,
7. Geräteprüfung und Gerätewiederholungsprüfung.

Alle erforderlichen Messergebnisse und Beurteilungen der zu prüfenden Anlage werden auf einem Protokoll eingetragen und vom Seminarleiter bewertet.



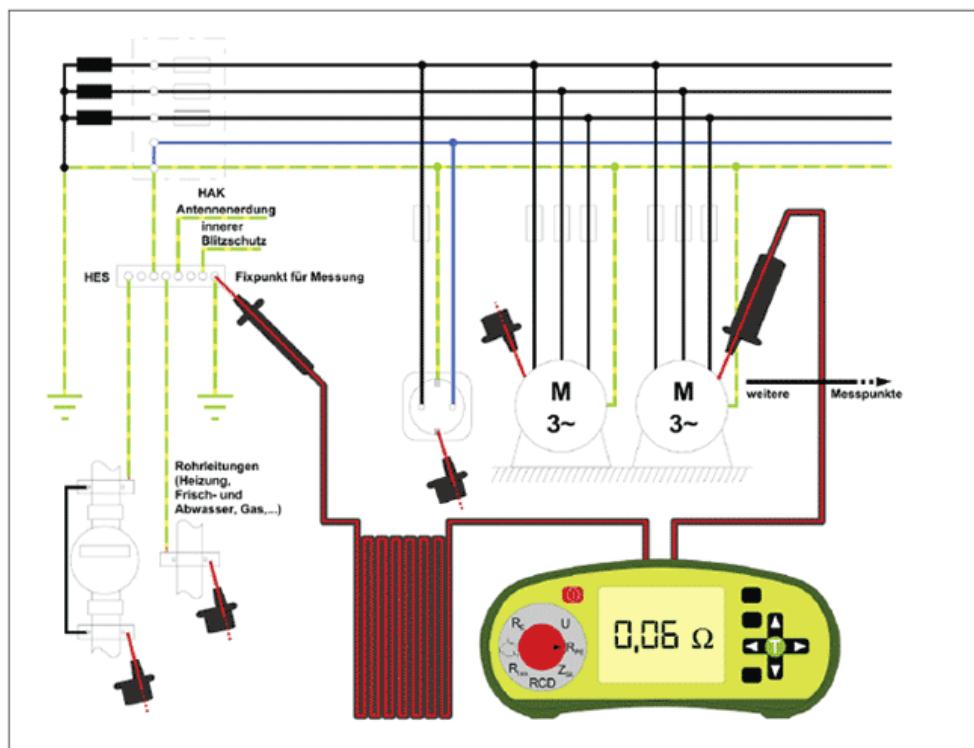
Prüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiter und des Schutzzpotentialausgleichs

Die Durchgängigkeit der Schutzleiter und des Schutzzpotentialausgleichs gilt als gegeben, wenn der Widerstand R zwischen den Messstellen, z. B. dem Schutzleiteranschluss an der Steckdose und der PA-Schiene, die nach DIN VDE 0100-600, Tabelle NA.4 zu berechnenden Widerstandsbeläge einschließlich der Übergangswiderstände nicht überschreitet.

In der Praxis wird von einer Durchgängigkeit ausgegangen, wenn der gemessene Wert $< 1 \Omega$ ist. Unter Berücksichtigung etwaiger Messfehler sollte ein Messwert von $0,75 \Omega$ nicht überschritten werden.

Zu messen ist mit Messgeräten für niederohmige Widerstände nach DIN VDE 0413. Diese Geräte messen mit einem Gleichstrom von $0,2 \text{ A}$ und mit einer Spannung kleiner als 25 V . Handelsübliche Messgeräte zur Prüfung von Schutzmaßnahmen enthalten einen entsprechenden Messbereich.

Achtung: Eine Messung mit handelsüblichen Vielfachmessgeräten ist wegen des zu geringen Messstroms nicht zulässig!



Die Prüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiter kann unter bestimmten Bedingungen als Ersatz für die Messung der Schleifenwiderstände und Kurzschlussströme sowie der Berührungsspannungen angewendet werden. Diese Messungen sind nur einmal je Stromkreis erforderlich, wenn die Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen wird.

Neben der Überprüfung der Schutzmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit ist der ordnungsgemäße Zustand des Schutzzpotentialausgleichs durch eine Prüfung der Durchgängigkeit nachzuweisen, wenn dieses nicht durch einen Sichtkontrolle möglich ist.



Erforderliche Messungen im TN- und TT-System mit Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen

| Prüfaufgabe | Prüfverfahren |
|---|---|
| Prüfung, ob Außenleiter und Neutralleiter erdschlussfrei sind und untereinander keine Verbindung aufweisen. | Isolationswiderstandsmessung |
| Prüfung, ob Kurzschluss-Strom zwischen Außenleiter und Schutzleiter (bzw. PEN-Leiter) $I_K > I_A$ | Messung mit Schleifenwiderstandsmessgerät |
| Prüfung, ob der Ausbreitungswiderstand des Anlagenerders eingehalten wird (TT-System). | Erdungswiderstandsmessung |

Erforderliche Messungen im TN- und TT-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

| Prüfaufgabe | Prüfverfahren |
|--|---|
| Prüfung, ob Außenleiter und Neutralleiter hinter der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) erdschlussfrei sind und untereinander keine Verbindung haben | Isolationswiderstandsmessung |
| Erprobung der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) mit Überprüfung der Spannungsfreiheit | Betätigung der Prüfeinrichtung und Spannungsmessung |
| Prüfung, ob Fehlerspannung im Fehlerfall $U_F < 50 \text{ V}$ bzw. $< 25 \text{ V}$ beträgt | Spannungsmessung bei künstlichen Fehler |
| Prüfung, ob der Auslösestrom im Fehlerfall $I_F < I_{AN}$ beträgt | Strommessung beim Auslösen durch künstlichen Fehler |
| Prüfung, ob Erdungswiderstand $RA < \frac{50V \text{ bzw. } 25V}{I_N}$ (Die Bedingung gilt nur im TT-System) | Erdungswiderstandsmessung |



Messen der Isolationswiderstände

Die Isolationswiderstandsmessung findet Anwendung zur Überprüfung der Isolation von Leitungen und Betriebsmitteln.

Sie ist unabhängig vom Netzsystem in allen elektrischen Anlagen durchzuführen!

Mit der Isolationswiderstandsmessung wird nachgewiesen, dass Außenleiter und Neutralleiter erdschlussfrei sind und untereinander keine Verbindung aufweisen.

| Bemessungsspannungen | Prüfspannungen | Grenzwerte nach VDE |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Schutzkleinspannung mit < 50 V | > 250 V Gleichspannung | > 0,5 M Ω |
| <500 V | > 500 V Gleichspannung | > 1,0 M Ω |
| >500V | > 1000 V Gleichspannung | > 1,0 M Ω |

Achtung:

Eine Messung mit handelsüblichen Vielfachmessgeräten ist wegen der zu geringen Messspannung nicht zulässig!!



Die Messung muss erfolgen:

- zwischen den Außenleitern (L1, L2, L3) und dem Schutzleiter (PE, PEN),
- zwischen dem Neutralleiter (N) und dem Schutzleiter (PE),
- zwischen den einzelnen Außenleitern (Feuergefährdete/fgf-Betriebsstätten und Ex-Bereiche),
- zwischen Kleinspannungsstromkreisen und dem Schutzleiter (PE) bzw. dem Potentialausgleich (PA).

Zur Vereinfachung dürfen alle aktiven Leiter (L1-L3, N) gemeinsam gegen den mit Erde verbundenen Schutzleiter (PE) gemessen werden. Diese Erleichterung gilt nicht für Feuergefährdete-Betriebsstätten und Ex-Bereiche.

Überspannungsschutzgeräte sind vor der Prüfung abzuklemmen. Bei Steckdosen mit eingebauten Überspannungsschutzgeräten darf die Prüfspannung auf 250 VDC verringert werden. Der Isolationswiderstand muss mindestens 1 MΩ betragen.

Die gemessenen Werte sind üblicherweise deutlich höher, als die in der Tabelle auf Seite 6 angegebenen Werte. Eine Abweichung einzelner Messergebnisse ist kritisch zu überprüfen. Bei Neuanlagen sollte der Messbereichsendwert angezeigt werden.

Beurteilung der Messergebnisse

Weil die Messgeräte nicht absolut genau messen, muss der gemessene Isolationswiderstand höher sein, als der in der Tabelle auf Seite 8 angegebene, nach DIN VDE vorgeschriebene Grenzwert.

Für Schutzkleinspannungs-Stromkreise < 50 V:

Messwert - 30 % > Grenzwert von 0,5 MΩ nach VDE

$$\text{Mindestwert} = \frac{0,5 \text{ M}\Omega * 100\%}{70\%} =$$

Für Netzspannungs-Stromkreise < 500 V:

Messwert - 30 % > Grenzwert von 1,0 MΩ nach VDE

$$\text{Mindestwert} = \frac{1,0 \text{ M}\Omega * 100\%}{70\%} =$$



Durchführung der Messung von Isolationswiderständen

Es sind die Isolationswiderstände der elektrischen Anlagen an der Übungstafel zu messen und mit dem zulässigen Grenzwert nach DIN VDE 0100-600 (Tabelle Seite 6) unter Berücksichtigung des Messfehlers zu vergleichen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren.

Versuchsdurchführung:

- Stromkreise spannungsfrei schalten (Leitungsschutzschalter und Hauptschalter bzw. Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ausschalten).
- Spannungsfreiheit prüfen.
- N-Brücke für die Stromkreise entfernen (entsprechend Neutralleiter- Trennklemme).
- Verbraucher abschalten (Klingeltransformator, Glühlampe, Heizkörper).
- Isolationswiderstandsmessgerät einschalten (Batterie- und Messspannung prüfen).
- Isolationswiderstände unter Beachtung der Bedienungsanleitung messen und in das Messprotokoll eintragen.
- N-Brücken wieder einrichten, Anlage wieder einschalten.
- Messwerte beurteilen und im Protokoll vermerken, ob der Isolationswiderstand ausreicht.
- Typ und Inventar-Nr. des benutzten Messgerätes im Protokoll angeben.

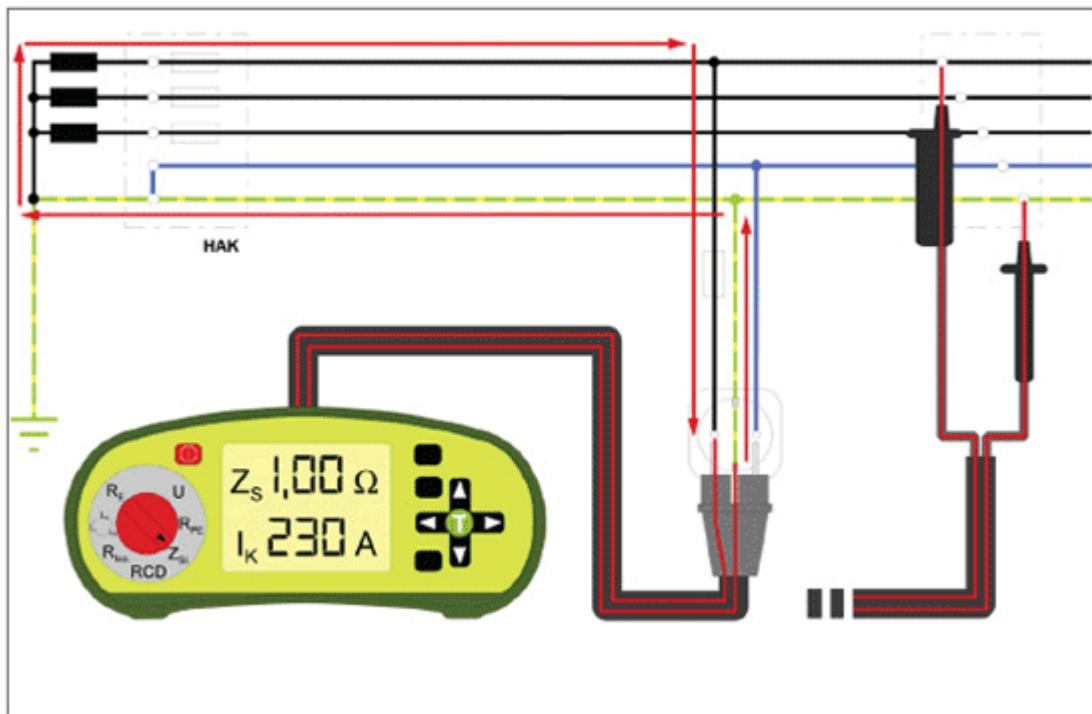
Hinweis: Das Aufheben der N-Brücken ist in der Praxis von der Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten in der Regel nicht möglich, weil Arbeiten am Verteiler von diesem Personenkreis nicht durchgeführt werden dürfen.

Schleifenimpedanzmessung

Die Schleifenimpedanzmessung dient dem Nachweis, dass die im Fehlerfall auftretende Fehlerstromschleife einen so niedrigen Widerstand aufweist, dass die vorgeschalteten Überstromschutzorgane zuverlässig auslösen.

Die Schleifenimpedanzmessung wird unterschieden in die Fehlerschleifenimpedanzmessung für den Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und die Netzimpedanzmessung für den Nachweis der Funktion des Anlagenschutzes.

Die Wirkungsweise der automatischen Abschaltung durch Überstromschutzeinrichtungen im Fehlerfall wurde schon detailliert beschrieben. Durch entsprechende Messungen muss festgestellt werden, ob im Fehlerfall eine Abschaltung innerhalb der zulässigen Abschaltzeiten von $t_A < 0,4 \text{ s}$ bzw. $t_A < 5 \text{ s}$ erfolgt.



Die Schleifenimpedanz wird ermittelt, indem die Netzspannung einmal im unbelasteten und einmal im belasteten Zustand gemessen wird. Die hieraus resultierende Spannungsdifferenz ΔU wird durch den in der Fehlerschleife gemessenen Strom I_M dividiert und ergibt die Schleifenimpedanz Z_{Schleife} .

Beispiel:

$$Z_{\text{Schleife}} = \frac{\Delta U}{I_M} = \frac{230V - 220V}{10A} = \frac{10V}{10A} = 1\Omega$$



2/3-Methode

Bei der Anwendung dieser Methode lassen sich schnell und unkompliziert überschlagsmäßig Werte unter Berücksichtigung typischer, bei der Messung auftretender Abweichungen, z. B. Spannungsschwankungen und Temperatureinflüsse, ermitteln.

Die 2/3-Methode berücksichtigt auch die maximale Betriebsmessunsicherheit von $\pm 30\%$ und sollte deshalb bevorzugt angewendet werden.

Praxistipp

2/3-Methode:

$$Z_S \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$$

Beispiel: Leitungsschutzschalter B16 → Vielfaches des Bemessungsstromes LS-Schalter

$$I_a = 5 \cdot I_{\text{nenn}} = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$$

$$Z_{S\max} = \frac{2}{3} \cdot \frac{230 \text{ V}}{80 \text{ A}} \approx 1,92 \Omega \quad \rightarrow \quad I_{a\min} = \frac{230 \text{ V}}{1,92 \Omega} \approx 120 \text{ A}$$

In der Praxis sollten die gemessenen Werte deutlich von den ermittelten Grenzwerten abweichen (Z_S deutlich kleiner, I_a deutlich größer). Unabhängig von der angewandten Methode bedeutet eine Annäherung an die ermittelten Grenzwerte, dass der überprüfte Stromkreis eingehender untersucht werden muss, z. B. durch Abgleich mit den Ergebnissen vorhergehender Prüfungen.



Tabelle Schleifenwiderstände und Auslöseströme bei $U_0 = \text{AC } 230 \text{ V}$ (Mindestanforderungen)

| | Werte aus VDE 0100-600 Tabelle NA.1, Mindestanforderung (ohne Korrektur) | | Mindestanforderung nach VDE 0100-600, Anhang C; gilt auch für die wiederkehrende Prüfung nach VDE 0105-100 2/3 -Methode | |
|-----|--|-------|---|-------|
| | Z_S | I_A | Z_S | I_A |
| B10 | 4,60 Ω | 50 A | 3,07 Ω | 75 A |
| B13 | 3,54 Ω | 65 A | 2,36 Ω | 98 A |
| B16 | 2,88 Ω | 80 A | 1,92 Ω | 120 A |
| B20 | 2,30 Ω | 100 A | 1,53 Ω | 150 A |
| B25 | 1,84 Ω | 125 A | 1,23 Ω | 188 A |
| B32 | 1,44 Ω | 160 A | 0,96 Ω | 240 A |
| C10 | 2,30 Ω | 100 A | 1,53 Ω | 150 A |
| C13 | 1,77 Ω | 130 A | 1,18 Ω | 195 A |
| C16 | 1,44 Ω | 160 A | 0,96 Ω | 240 A |
| C20 | 1,15 Ω | 200 A | 0,77 Ω | 300 A |
| C25 | 0,92 Ω | 250 A | 0,61 Ω | 375 A |
| C32 | 0,72 Ω | 320 A | 0,48 Ω | 480 A |

Der Schleifenwiderstand wird nicht direkt, sondern indirekt bei Belastung des Stromkreises durch das Messgerät bestimmt. Aus dem Rückgang der Spannung und dem Messstrom berechnet das Messgerät den Schleifenwiderstand und den möglichen Kurzschluss-Strom und zeigt die Messwerte direkt an.

Nach dem gleichen Messprinzip wird der Netzinnenwiderstand R_i zwischen den Außenleitern und dem Neutralleiter ermittelt.

| Überstrom-Schutzeinrichtung | Zulässige Abschaltzeit t_A | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | < 0,4 s | < 5 s |
| Schmelzsicherungen Typ eG | $< 50 \text{ A} = 8 \times I_N$ | $< 40 \text{ A} = 5 \times I_N$ |
| Schmelzsicherung Typ gG | $> 50 \text{ A} = 10 \times I_N$ | $> 40 \text{ A} = 6 \times I_N$ |
| Leitungsschutzschalter Typ B | $5 \times I_N$ | $5 \times I_N$ |
| Leitungsschutzschalter Typ C | $10 \times I_N$ | $10 \times I_N$ |
| Leitungsschutzschalter Typ H | $4 \times I_N$ | $4 \times I_N$ |
| Leitungsschutzschalter Typ L | $5 \times I_N$ | $5 \times I_N$ |
| Leitungsschutzschalter Typ G, U | $10 \times I_N$ | $5 \times I_N$ |
| Selektiver Hauptschutzschalter Typ E | $6,25 \times I_N$ | $6,25 \times I_N$ |
| Selektiver Hauptschutzschalter Typ H | $10 \times I_N$ | $10 \times I_N$ |



Beurteilung der Messergebnisse

Zur Beurteilung gehört die Feststellung, ob die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung im Fehlerfall in der maximal zulässigen Abschaltzeit von $t_A < 0,4$ s bzw. $t_A < 5$ s abschaltet.

Die Schutzeinrichtung schaltet in der geforderten Abschaltzeit ab, wenn $I_K > I_A$, d. h. der gemessene Kurzschlussstrom I_K größer als der Abschaltstrom I_A der Überstrom-Schutzeinrichtung ist.

Da die Messgeräte den Kurzschlussstrom nicht absolut genau messen und die Norm DIN VDE 0100-600 zusätzlich fordert, die Erhöhung der Leiterwiderstände durch den Fehlerstrom zu berücksichtigen, ist der Messwert zu korrigieren. Zur Vermeidung umfangreicher Rechnungen empfiehlt die Norm, nachfolgende Bedingung einzuhalten:

Über die 2/3 Methode wird sowohl die Widerstandserhöhung durch Temperaturanstieg als auch eventuelle Messunsicherheiten der Prüfgeräte berücksichtigt.

Die Anlage ist in Ordnung, wenn der Messwert $I_K > I_{Beurt}$ ist!

In Stromkreisen mit RCD ist eine Fehlerschleifenimpedanzmessung nicht gefordert, da der bei dieser Messung auftretende Prüfstrom zur ungewollten Auslösung der RCD führt. Allerdings muss in solchen Stromkreisen für den Nachweis der Abschaltbedingungen der Überstromschutzorgane eine Netzimpedanzmessung durchgeführt werden.

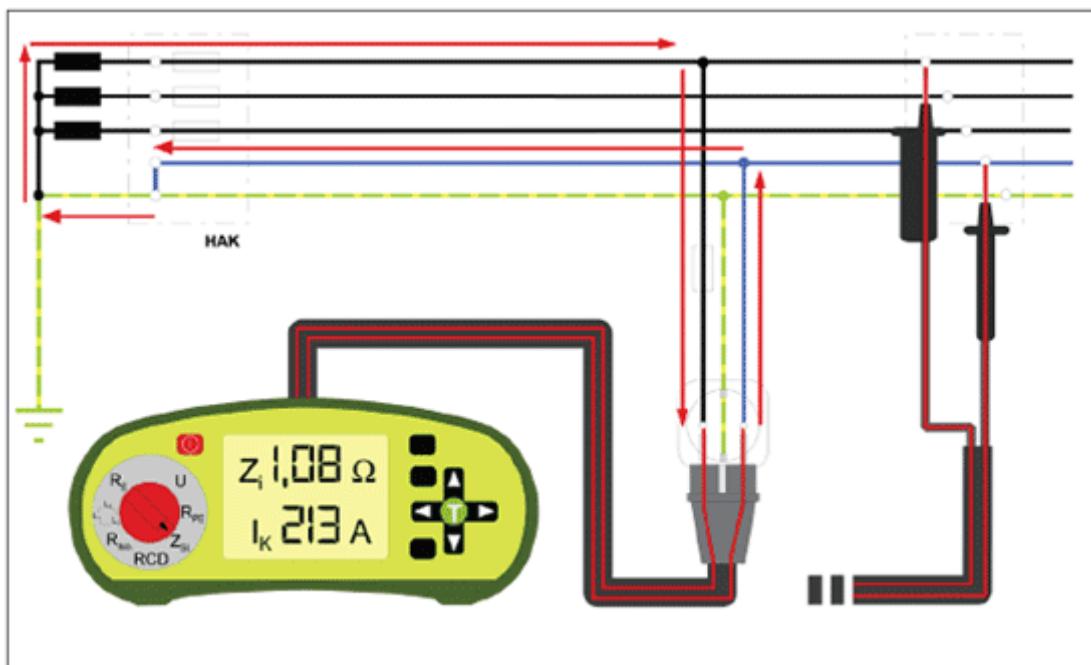
Ermittlung der Netzimpedanz Z_i

Durch die Netzimpedanzmessung soll nachgewiesen werden, dass der Kurzschlusschutz durch die automatische Abschaltung der Stromversorgung in den Endstromkreisen gewährleistet wird.

Für die Abschaltbedingungen sollten die gleichen Mindestanforderungen an die Kurzschlussströme bzw. Impedanzen wie bei der Fehlerschleifenimpedanz angenommen werden.

Eine Messung der Netzimpedanz ist notwendig, wenn in dem Stromkreis ein RCD verbaut ist, da dieser keine Leitungsschutzeigenschaften aufweist.

Bei der Netzimpedanzmessung im TN-System wird zwischen den aktiven Leitern (L1-N, L2-N, L3-N, L1-L2, L1-L3, L2-L3) gemessen.



In der Praxis sollten die gemessenen Werte der Fehlerschleifenimpedanz und der Netzimpedanz in etwa gleiche Werte aufweisen.

Ist dies nicht der Fall, sind weitergehende Untersuchungen erforderlich, z. B. Übergangswiderstände an Schraub- und Klemmverbindungen kontrollieren.



Durchführung der Messung von Schleifenwiderständen und Kurzschlussströmen

Es sind die Schleifenwiderstände und Kurzschlussströme an den Stromkreisen der Übungstafel zu messen und mit den zulässigen Grenzwerten für die Kurzschlussströme I_K zu vergleichen.

Zur Gesamtbeurteilung der Anlagen sind ebenfalls die Netzinnenwiderstände und Kurzschlussströme gegen die N-Leiter der Stromkreise zu bestimmen.

Alle Ergebnisse sind zu protokollieren.

Versuchsdurchführung:

- Übungsanlage als TN-System mit Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung schalten.
- Schleifenwiderstände (Schleifenimpedanzen) Z_S und Kurzschlussströme I_K unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Messgerätes an der Leuchte und an den Steckdosen zwischen dem(n) Außenleiter(n) und dem Schutzleiter messen und in das Messprotokoll eintragen .
- Netzinnenwiderstände R , und Kurzschlussströme I_K unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Messgerätes an der Leuchte und an den Steckdosen zwischen dem(n) Außenleiter(n) und dem Neutralleiter messen und in das Messprotokoll eintragen.
- Messwerte beurteilen und im Protokoll vermerken, ob die gemessenen Kurzschlussströme unter Berücksichtigung der zulässigen Abschaltzeiten, der eingesetzten Überstrom-Schutz-Einrichtungen und des möglichen Messfehlers ausreichen.
- Typ und Inventar-Nr. des benutzten Messgerätes im Protokoll angeben.

TN- und TT-Systeme mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

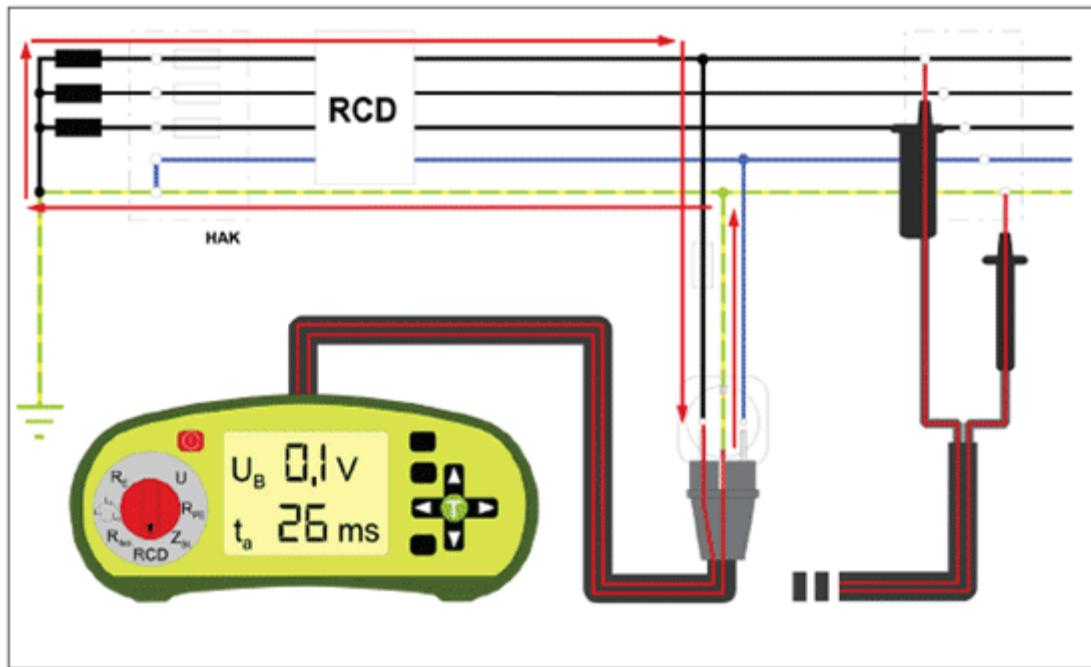
Die an den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) vorhandene Prüftaste erlaubt beim „Erproben“ nur die Feststellung, ob die Schutzeinrichtung mechanisch und elektrisch in Ordnung ist und einwandfrei abschaltet.

Deshalb muss bei Neuanlagen, Änderungen oder Erweiterungen gemessen werden, wie groß die auftretende Berührungsspannung U_L beim Abschalten der Fehlerstrom- Schutzeinrichtung im Fehlerfall ist, d. h. ob sie unter den zulässigen Grenzwerten von 25 V bzw. 50 V liegt (Messung der Berührungsspannung).

Weiter muss geprüft werden, ob die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung spätestens beim Fließen des Bemessungs-Differenzstroms auslöst I_{AN} (Auslöseprüfung mit dem Messgerät).

Bei der Durchführung der vorstehenden Messungen können in der Regel ebenfalls die Auslösezeit und der Auslösestrom ermittelt werden, auch wenn dieses nicht zwingend gefordert ist.

Bei der Ausführung der Messungen wird ein künstlicher Fehler über das Messgerät zwischen einem Außenleiter und dem Gehäuse des geschützten Gerätes bzw. zwischen einem Außenleiter und dem Schutzleiter der Anlage hergestellt.



Hinweis: Diese Messung lässt auch Rückschlüsse auf den Zustand der Erdungsanlage und des Schutzleiters zu. Bei der Bewertung des gemessenen Wertes ist das vorliegende Netzsystem zu berücksichtigen. Die Messung des Erdungs- sowie des Schutzleiterwiderstandes wird hierdurch nicht ersetzt.

In stationären elektrischen Anlagen mit TN-Netzsystem ergeben sich Üblichkeitswerte für $R_{PE} + R_B \leq 10 \Omega$. Damit ergeben sich für die Prüfung der Wirksamkeit der RCD mit 1-fachem Bemessungsdifferenzstrom Werte für U_B im Bereich von $< 1 \text{ V}$.

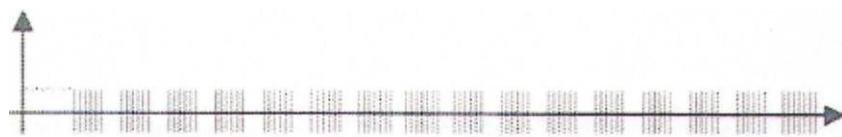


Messmethoden zur Prüfung von Anlagen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Bei der Durchführung der Prüfungen an elektrischen Anlagen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen werden drei unterschiedliche Messmethoden angewendet.

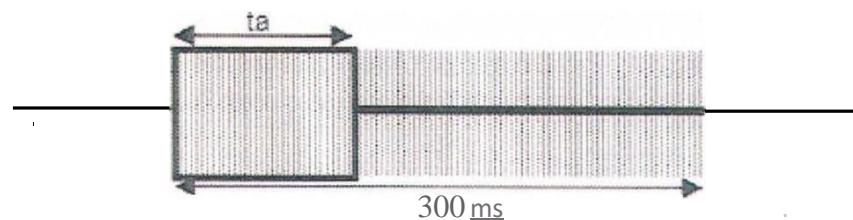
Messung 1

$1/3 \times I_{\Delta N}$



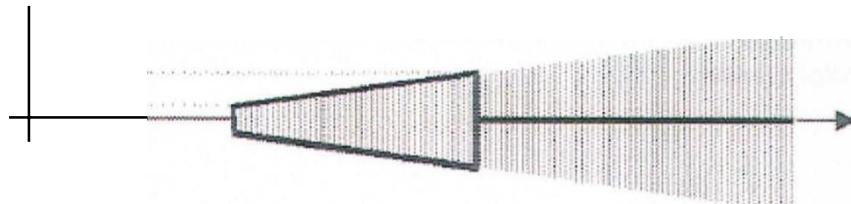
Messung 2

$1 \times I_{\Delta N}$



Messung 3

I_A



Messung 1:

Diese Messmethode ermöglicht die Messung der Berührungsspannung U_B ohne Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung. Die Messung erfolgt, abhängig vom verwendeten Messgerät, mit einem Messstrom in Höhe von 1/3 bis 1/2 des Bemessungsdifferenzstroms $I_{\Delta N}$.

Weil die Auslöseeinrichtungen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für eine Auslösung zwischen 50% und 100 % des Bemessungs-Differenzstroms $I_{\Delta N}$ ausgelegt sind, darf bei dem verringerten Messstrom keine Abschaltung erfolgen.

Die angezeigte Berührungsspannung U_{Mess} wird

- entweder direkt vom Messgerät auf die Spannung beim Bemessungs- Differenzstrom $I_{\Delta N}$ hochgerechnet oder
- entspricht der kleineren Spannung beim eingestellten Messstrom von 1/3 bzw. 1/2 des Bemessungs-Differenzstroms.



Zusammenhang zwischen Berührungsspannung U_B und der Summe aus Schutzleiterwiderstand R_{PE} und Erdungswiderstand R_B , Beispiel für eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30 mA

$$U_B = (R_{PE} + R_B) \cdot \text{Bemessungsdifferenzstrom}$$

$$U_B = 1 \Omega \cdot 30 \text{ mA} = 0,03 \text{ V}$$

$$U_B = 10 \Omega \cdot 30 \text{ mA} = 0,30 \text{ V}$$

$$U_B = 100 \Omega \cdot 30 \text{ mA} = 3,00 \text{ V}$$

$$U_B = 1666 \Omega \cdot 30 \text{ mA} = 50,00 \text{ V}$$

Messung 2:

Diese Messmethode mit dem impulsförmigen Messstrom ermöglicht die Auslöseprüfung, d. h. die Feststellung, ob die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung beim Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N}$ innerhalb der maximal zulässigen Zeit von 300 ms auslöst.

Bei vielen Messgeräten wird bei der Auslöseprüfung die tatsächliche Auslösezeit t_A der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung angezeigt.

Messung 3:

Die Messmethode mit dem ansteigenden Messstrom ermöglicht die Feststellung, bei welchem tatsächlichen Fehlerstrom die Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung erfolgt. Der gemessene Auslösestrom I_{Mess} muss zwischen 50 und 100 % des Bemessungs-Differenzstroms $I_{\Delta N}$ liegen. Die von einigen Messgeräten bei dieser Messung angezeigte Berührungsspannung ist die Spannung beim gemessenen Auslösestrom der Schutzeinrichtung.

Die Messmethoden 2 und 3 müssen für jede Fehlerstrom-Schutzeinrichtung nur einmal angewendet werden.



Beurteilung der Messergebnisse

Berührungsspannung

Zur Beurteilung gehört die Feststellung, ob die bei der Messmethode 3 der FI- Schutzschalter im Bereich von 50 - 100% auftretende Berührungsspannung U_{Mess} unter den zulässigen Grenzwerten von 25 V bzw. 50 V liegt. Weil die Messgeräte nicht absolut genau messen, muss die gemessene Berührungsspannung um mindestens 20 % kleiner sein, als der nach DIN VDE festgelegte Grenzwert von 25 V bzw. 50 V.

Zur Beurteilung wird die zulässige Berührungsspannung U_L mit einem entsprechenden Abschlag nach folgenden Formeln versehen:

Für zulässige Berührungsspannungen von 25 V:

Messwert + 20 % < U_L -> Beurteilungswert =

$$U_{Beurt} = \frac{U_L * 100\%}{120\%} = \frac{25V * 100\%}{120\%} =$$

Für zulässige Berührungsspannungen von 50 V:

Messwert + 20 % < U_L -> Beurteilungswert =

$$U_{Beurt} = \frac{U_L * 100\%}{120\%} = \frac{50V * 100\%}{120\%} =$$

Die Anlage ist in Ordnung, wenn die gemessene Berührungsspannung

$U_{Mess} < U_{Beurt}$ ist !



Auslösestrom

Eine weitere Beurteilung ist die Feststellung, ob die bei der Messmethode 3 der gemessene Auslösestrom I_{Mess} muss zwischen 50 und 100 % des Bemessungs-Differenzstroms $I_{\Delta N}$ liegen.

Auch hier gilt, weil die Messgeräte nicht absolut genau messen, muss der gemessene Auslösestrom um mindestens 10 % kleiner sein, als der nach DIN VDE festgelegte Grenzwert von 100% des Bemessungs-Differenzstroms.

Zur Beurteilung wird der zulässige Auslösestrom I_{Mess} mit einem entsprechenden Abschlag nach folgenden Formeln versehen:

Max. Auslösestrom $I_{\Delta N} = 30mA$:

Messwert + 10 % < I_{Mess} - > Beurteilungswert I_{Beurt} =

$$I_{Beurt} = \frac{I_{\Delta N} * 100\%}{110\%} = \frac{30mA * 100\%}{110\%} =$$

Max. Auslösestrom $I_{\Delta N} = 300mA$:

Messwert + 10 % < I_{Mess} - > Beurteilungswert I_{Beurt} =

$$I_{Beurt} = \frac{I_{\Delta N} * 100\%}{110\%} = \frac{300mA * 100\%}{110\%} =$$

Die Anlage ist in Ordnung, wenn der gemessene Auslösestrom $I_{Mess} < I_{Beurt}$ ist!



Durchführung der Messungen an Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

Zunächst ist eine Erprobung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung durch Betätigung der Prüftaste durchzuführen. Weiter sind die Berührungsspannungen U_{Mess} , die Auslösezeit t_A und der Auslösestrom I_{Mess} an der Übungstafel bzw. am Simulator zu messen und mit den zulässigen Grenzwerten zu vergleichen sowie eine Auslöseprüfung mit dem gegebenen Messgerät durchzuführen.

Zusätzlich sind zur Überprüfung der Abschaltbedingungen der Überstrom-Schutzeinrichtungen im Kurzschlussfall die Netzinnenwiderstände und Kurzschlussströme zu messen. Alle Ergebnisse sind zu protokollieren.

Versuchsdurchführung:

- Übungsanlage als TN-System mit Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung schalten.
- Übungsanlage einschalten.
- Prüftaste an der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung betätigen (Erprobung der Auslösung).
- Berührungsspannungen U_L mit 1/3 oder 1/2 des Bemessungs- Differenzstrom unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Messgerätes an der Steckdose zwischen dem(n) Außenleiter(n) und dem Schutzleiter messen und in das Messprotokoll eintragen.
- Auslöseprüfung mittels Impulsmessung (Messmethode 2) (nur einmal je Fehlerstrom-Schutzeinrichtung) unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Messgerätes an einem beliebigen Stromkreis zwischen dem Außenleiter und dem Schutzleiter durchführen, Auslösezeit t_A messen und in das Messprotokoll eintragen.
- Auslösestrom mit ansteigendem Fehlerstrom (Messmethode 3) (nur einmal je Fehlerstrom-Schutzeinrichtung) unter Beachtung der Bedienungsanleitung an einem beliebigen Stromkreis zwischen dem Außenleiter und dem Schutzleiter durchführen, Auslösestrom I_{Mess} messen und in das Messprotokoll eintragen.
- Netzinnenwiderstände R_i und Kurzschlussströme I_k unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Messgerätes an der Leuchte und an den Steckdosen zwischen dem(n) Außenleiter(n) und dem Neutralleiter messen und in das Messprotokoll eintragen.
- Messwerte beurteilen und im Protokoll vermerken, ob die gemessenen Werte unter Berücksichtigung des möglichen Messfehlers kleiner sind als die maximal zulässigen Grenzwerte.
- Typ und Inventar-Nr. des benutzten Messgerätes im Protokoll angeben.



Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0105 Teil 100 bzw. DGUV V3 (Elektrische Anlagen und Betriebsmittel)

Die Wiederholungsprüfung dient der Überprüfung des ordnungsgemäßen Zustandes der elektrischen Anlage und der Betriebsmittel. Sie soll Mängel aufdecken, die während des Betriebes innerhalb bestimmter Zeiträume an den elektrischen Anlagen und an Betriebsmitteln aufgetreten sein können.

Nach DIN VDE 0105-100 ist die Anlagenprüfung nach Ermessen des Prüfers hinsichtlich des Umfangs und der Prüftiefe durchzuführen: „Der Umfang wiederkehrender Prüfungen darf je nach Bedarf und nach den Betriebsverhältnissen auf Stichproben sowohl in Bezug auf den örtlichen Bereich (Anlagenteile) als auch auf die durchzuführenden Maßnahmen beschränkt werden, soweit dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustandes möglich ist.“

Richtwerte für die Prüffristen sind den Unfallverhütungsvorschriften DGUV V3 zu entnehmen. Folgende Abweichende Grenzwerte für Messungen gegenüber der Erstprüfungen können für die Wiederholungsprüfungen (DIN VDE 0105-1 und -100) angewandt werden.

| Anlage/Betriebsmittel | Prüffrist | Art der Prüfung | Prüfer |
|--|----------------------------|---|--|
| Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel | 4 Jahre | Auf ordnungsgemäßen Zustand | Elektrofachkraft |
| Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in „Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art“. {DIN VDE 0100 Gruppe 700) | 1 Jahr | Auf ordnungsgemäßen Zustand | Elektrofachkraft |
| Schutzmaßnahmen mit Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) in nichtstationären Anlagen | 1 Monat | Auf Wirksamkeit | Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiese Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte |
| Fehlerstrom-, Differenzstrom und Fehlerspannungsschutzschalter - in stationären Anlagen, - in nicht stationären Anlagen | 6 Monate Arbeitstäglich | Auf einwandfreie Funktion durch betätigen der Prüfeinrichtung. | Benutzer |



Wiederholungsprüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

| Anlage/Betriebsmittel | Prüffrist | Art der Prüfung | Prüfer |
|--|---|---|------------------|
| • Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt) | Richtwert 6 Monate, auf Baustellen 3 Monate. Wird bei den Prüfungen eine Fehlerquote von < 2% erreicht, kann die Prüffrist entsprechend verlängert werden. | Auf ordnungsgemäßen Zustand (Inaugenscheinnahme - Prüfung auf mech. Beschädigung-, Prüfung der angewendeten Schutzmaßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren und Isolationswiderstandsmessung, im Einzelnen wie DIN VDE 0701-0702) | Elektrofachkraft |
| • Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtung | | | |
| • Anschlussleitungen mit Stecker | | | |
| • Bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss | Auf Baustellen, in Fertigungsstätten und Werkstätten oder unter ähnlichen Bedienungen mindestens jährlich. In Büros oder unter ähnlichen Bedingungen mindestens alle zwei Jahre. | | |

| Prüfobjekt | Prüffrist | Art der Prüfung | Prüfer |
|--|--|---|------------------|
| Isolierende Schutzbekleidung (soweit benutzt) | Vor jeder Benutzung. | Auf augenfällige Mängel | Benutzer |
| | 12 Monate 6 Monate für isolierende Handschuhe | Auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte | Elektrofachkraft |
| Isolierte Werkzeuge, Kabelschneidgeräte; isolierende Schutzvorrichtungen sowie Betätigungs- und Erdungsstangen | Vor jeder Benutzung | Auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel | Benutzer |
| Spannungsprüfer, Phasenvergleicher | Vor jeder Benutzung | Auf einwandfreie Funktion | Benutzer |
| Spannungsprüfer, Phasenvergleicher und Spannungsprüfsysteme (kapazitive Anzeigesysteme) für Nennspannungen über 1 kV | 6 Jahre | Auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgeschrieben Grenzwerte | Elektrofachkraft |



Messwerte für die Wiederholungsprüfung

a) Der Isolationswiderstand darf folgende Werte haben:

| Anlage | Grenzwert R_{iso} nach VDE | Mindestanzeige R_{iso} Bemessungsspannungen | Mit 30% Fehler; 400V/230V |
|--|------------------------------|---|---------------------------|
| | | Zwischen Außenleitern | Außenleiter –N oder PE |
| Mit zugeschalteten Verbrauchern trockene Räume | >300 Ω/V | | >100 kΩ (PE) |
| Mit zugeschalteten Verbrauchern nasse Räume, im Freien | >150 Ω/V | | >50 kΩ (PE) |
| Mit abgetrennten Verbrauchern trockene Räume | >1.000 Ω/V | >600 kΩ | >330 kΩ |
| Mit abgetrennten Verbrauchern nasse Räume, im Freien | >500 Ω/V | >300 kΩ | >165 kΩ |

b) Für die Schleifenwiderstandsmessung und FI-Prüfung (RCD-Prüfung) gilt:

Es reicht eine Messung, wenn zusätzlich alle Schutzleiter auf niederohmigen Durchgang geprüft werden.

Schutzleiterprüfung:

Alle Schutzleiter sind auf Niederohmigkeit zu prüfen. Im Normalfall gelten die gemessenen Werte als ausreichend niederohmig, wenn der Wert < als 1 Ω ist.