

Prüfungen

Der vorliegende Teil 6 der NIN übernimmt die Bestimmungen von Teil 6 «Prüfungen» des  HD 60364-6, welche für das Gebiet der Schweiz massgebend sind.

Teil 6

6.0 Anwendungsbereich

- 6.0.1 Anforderungen und Prüfberichte
- 6.0.2 Qualifikation von Personen für die Prüfungen

6.1 Erstprüfungen

- 6.1.1 Allgemeines
- 6.1.2 Sichtprüfungen
- 6.C.2 Sichtprüfungen
- 6.1.3 Erproben und Messen
 - 6.1.3.1 Allgemeines
 - 6.1.3.2 Prüfung der Leitfähigkeit des Schutzleiters sowie der Wirksamkeit des Schutz-Potenzialausgleichs und des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs
 - 6.1.3.3 Isolationswiderstand der elektrischen Installation
 - 6.1.3.4 Schutz durch Kleinspannung SELV, PELV oder durch Schutztrennung
 - 6.1.3.5 Fussboden- und Wandwiderstände
 - 6.A Verfahren zur Messung des Isolationswiderstands von Fussböden und Wänden gegen Erde oder gegen den Schutzleiter
 - 6.1.3.6 Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
 - 6.1.3.7 Zusätzlicher Schutz
 - 6.1.3.8 Prüfung der Spannungspolarität
 - 6.1.3.9 Prüfung des Drehsinns
 - 6.1.3.10 Funktionsprüfung
 - 6.1.3.11 Prüfung des Spannungsfalls
 - 6.D Beispiel eines Diagramms zur Abschätzung des Spannungsfalls
- 6.1.4 Erstellen eines Prüfberichts über die Erstprüfung

6.2 Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)

- 6.2.1 Allgemeines
- 6.2.2 Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung
- 6.2.3 Prüfbericht für die wiederkehrende Prüfung

6.0 Anwendungsbereich

6.0.1 Anforderungen und Prüfberichte

- .1   6.1 enthält Anforderungen an die Erstprüfung elektrischer Anlagen durch Sichtprüfung, Erproben und Messen, mit denen, soweit sinnvoll durchführbar, festgestellt werden soll, ob die Anforderungen der Normen erfüllt sind. Die Erstprüfung wird nach Fertigstellung einer neuen Anlage oder nach Erweiterungen oder Änderungen bestehender Anlagen durchgeführt.
- .2   6.2 enthält Anforderungen an die periodische Kontrolle elektrischer Anlagen, mit der - soweit sinnvoll durchführbar - festgestellt werden soll, ob sich die Anlage und alle dazugehörigen elektrischen Betriebsmittel in einem ordnungsgemässen Zustand für den Anlagenbetrieb befinden.
- .3  Nach Abschluss der Prüfungen sind die entsprechenden Prüfberichte (Sicherheitsnachweis und Mess- und Prüfprotokoll gemäss  NIV (SR 734.27, Art. 24) zu erstellen.

6.0.2 Qualifikation von Personen für die Prüfungen



- .1  Die baubegleitende Erstprüfung ( NIV Art. 24 Abs. 1) kann durch Elektroinstallateure mit EFZ oder Montage-Elektriker EFZ ( NIV Art. 10a¹ und Abs. 4) durchgeführt werden.

 Die Schlusskontrolle muss ( NIV Art. 24 Abs. 2) durch eine kontrollberechtigte Person, oder eine fachkundige Person erfolgen. Diese Personen müssen über die Qualifikationen gemäss  NIV Art. 27 verfügen.

6.1 Erstprüfungen

6.1.1 Allgemeines

- .1 Jede elektrische Anlage muss, bevor sie vom Benutzer in Betrieb genommen wird, gemäss  NIV (Art. 24) während der Errichtung bzw. bei Fertigstellung geprüft werden, um nachzuweisen, dass sie den sicherheitstechnischen Anforderungen entspricht.
- .2 Für die Prüfung der Anlage müssen entsprechende Unterlagen zur Verfügung stehen, aus welchen Aufbau der Stromkreise, Raumart und Einteilung, Art der Schutzmassnahmen und dgl. ersichtlich sind.
- .3 Während der Prüfung müssen Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, um eine Gefährdung von Personen, Tieren und Sachwerten auszuschliessen.
- .4 Bei Erweiterung oder Änderung einer bereits bestehenden Anlage ist nachzuweisen, dass die Sicherheit der bestehenden Anlage nicht beeinträchtigt wird.

6.1.2 Sichtprüfungen

- .1 Die Sichtprüfung soll:
 - vor dem Erproben und Messen und
 - bevor die Anlage in Betrieb genommen wird und
 - vorzugsweise bei ausgeschalteter Anlage durchgeführt werden.

Eine Sichtprüfung bedeutet eine Untersuchung mit allen Sinnen, um die richtige Auswahl und die ordnungsgemässe Errichtung der elektrischen Betriebsmittel (Installation) nachzuweisen.
- .2 Die Sichtprüfung ortsfest installierter Betriebsmittel muss nachweisen, dass die Installation unter anderem folgenden Anforderungen entspricht:
 - Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen, z.B. Berührungsschutz gewährleistet, keine Beschädigungen und dgl.
 - Korrekte Auswahl der Betriebsmittel entsprechend der Raumart
 - Vorhandensein der vorgeschriebenen Zertifikaten, Kenn- und Prüfzeichen
 - Beachtung allfällig vom Hersteller mitgelieferter technischer Unterlagen.
-  .3 In die Sichtprüfung sind ferner mindestens folgende Punkte einzubeziehen:
 - a) Anwendung von Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag gemäss  4.1
 - b) Vorhandensein von Brandabschottungen, Schutz gegen thermische Einwirkungen, Brandausbreitungen etc.
 - c) Auswahl der Leiter bezüglich der Strombelastbarkeit und Spannungsfall
 - d) Auswahl, Einstellung, Selektivität und Koordinierung von Schutz- und Überwachungsgeräten
 - e) Auswahl, Anordnung und Errichtung von geeigneten Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs), wenn diese verlangt sind
 - f) Auswahl und Anordnung von Trenn- und Schaltgeräten
 - g) Auswahl der Betriebsmittel und der Schutzmassnahmen entsprechend den äusseren Einflüssen und den mechanischen Beanspruchungen
 - h) Kennzeichnung der Schutzleiter, PEN-Leiter und Neutralleiter
 - i) Vorhandensein von technischen Unterlagen, Schemata, Warn-, Verbotsschildern und anderen ähnlichen Informationen
 - j) Kennzeichnung der Stromkreise, Überstrom-Schutzeinrichtungen, Schalter, Klemmen etc.
 - k) Ordnungsgemässe Klemmen und Verbindungen von Kabeln und Leitern
 - l) Vorhandensein und richtige Verwendung von Erdungsanlagen, Schutzleitern, einschliesslich Schutz-Potenzialausgleichsleitern für den Schutz-Potenzialausgleich und den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich und deren Anschlüsse an die Haupterdungsschiene.
 - m) Leichte Zugänglichkeit der Betriebsmittel, die bedient und gewartet werden müssen
 - n) Massnahmen gegen elektromagnetische Störungen
 - o) Anschluss der Körper an die Erdungsanlage sowie Leiterverbindungen bezüglich Schutz gegen Selbstlockerung, Bemessung und Anordnung
 - p) Geeignete Auswahl und Errichtung von Kabel- und Leitungssystemen

Die Sichtprüfung muss die besonderen Anforderungen für Anlagen oder Räume besonderer Art umfassen.

6.C.2 Sichtprüfungen

Durch diese Prüfung soll auch überprüft werden, dass die Errichtung der elektrischen Betriebsmittel in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Herstellers ist, damit ihre Funktion nicht beeinträchtigt wird.

.3

In die Sichtprüfung sind ferner mindestens folgende Punkte einzubeziehen:

- a) Vorhandensein von Brandabschottungen und anderen Vorkehrungen gegen die Ausbreitung von Feuer und zum Schutz gegen thermische Einflüsse (NIN 4.2, 5.2, 5.2.7)
- b)
 - Vorhandensein von Brandabschottungen (NIN 5.2, 5.2.7)
Der Einbau der Dichtungen wird geprüft, um die Übereinstimmung mit den Errichtungsvorgaben der IEC-Typprüfung des betreffenden Produkts zu bestätigen. Darüber hinaus sind keine weiteren Prüfungen gefordert.
 - Schutz gegen thermische Einflüsse (NIN 4.2)
Die Bestimmungen zum Schutz gegen thermische Einflüsse beziehen sich auf den Normalbetrieb, d.h., wenn kein Fehler vorliegt.
Der Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom.
Das Ansprechen einer Schutzeinrichtung aufgrund eines Fehlers, z.B. eines Kurzschlusses oder aufgrund von Überlast wird als Normalbetrieb angesehen.
 - Brandschutz (NIN 4.2)
Das Einhalten der Bestimmungen von NIN 4.2 gewährt den Schutz bei Überstrom gemäss NIN 4.3.
- c) + d) Auswahl der Kabel, Leitungen und Stromschienen hinsichtlich Strombelastbarkeit und Spannungsfall sowie Auswahl und Einstellung von Schutz- und Überwachungsgeräten.
Die Auswahl der Kabel, Leitungen und Stromschienen unter Berücksichtigung ihrer Materialbeschaffenheit, ihrer Verlegeart und ihrer Querschnitte sowie die Errichtung und die Einstellung der Schutzeinrichtungen werden anhand der Berechnungen des Planers der Anlage auf Übereinstimmung mit den Bestimmungen der NIN, insbesondere NIN 4.1, 4.3, 5.2, 5.3 und 5.4 überprüft.
- i) + j) Vorhandensein von Schaltungsunterlagen, Warnhinweisen und ähnlichen Informationen
Ein Schaltplan nach NIN 5.1.4.5 ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Anlage mehrere Stromkreisverteiler enthält.
- k) Ordnungsgemässe Leiterverbindungen
Der Zweck dieser Prüfung ist, zu überprüfen, ob die Verbindungsmittel für die zu verbindenden Leiter geeignet sind und ob die elektrischen Verbindungen ordnungsgemäss ausgeführt sind.
- l) Leichte Zugänglichkeit der Betriebsmittel zur Bedienung, Kennzeichnung und Instandhaltung
Es ist nachzuweisen, dass die Bedieneinrichtungen so angeordnet sind, dass sie vom Bedienenden leicht erreicht werden können.
Für Einrichtungen zur Not-Aus-Schaltung NIN 5.3.7.3.3
Für Einrichtungen zum Abschalten bei Instandhaltungsarbeiten NIN 5.3.7.3

6.1.3 Erproben und Messen

6.1.3.1 Allgemeines



- .1 Die in diesem Unterabschnitt beschriebenen Prüfverfahren sind Referenzverfahren; andere Verfahren sind nicht ausgeschlossen, wenn sie zu gleichwertigen Ergebnissen führen.

Messgeräte, Überwachungsgeräte und Verfahren müssen den Anforderungen der entsprechenden Teile der SN EN 61557 entsprechen. Wenn andere Messgeräte verwendet werden, so müssen diese die gleichen Leistungsmerkmale und die gleiche Sicherheit aufweisen.

Messgeräte müssen regelmässig gewartet und kalibriert werden. Die Häufigkeit der Wartung und Kalibrierung richtet sich nach der Häufigkeit und der Art der Verwendung.

Die nachstehenden Prüfungen und Messungen sind, sofern zutreffend, in jedem Fall durchzuführen, vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge:

- a) Durchgängigkeit der Leiter, insbesondere die Leitfähigkeit des Schutzleiters, des Schutz-Potenzialausgleichsleiters und des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichsleiters
- b) Isolationswiderstand der elektrischen Anlage
- c) Isolationswiderstand zur Bestätigung der Wirksamkeit des Schutzes durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung
- d) Isolationswiderstand/-impedanz von isolierenden Fussböden und isolierenden Wänden
- e) Polarität (Anschluss von Steckdosen, Schalt- und Schutzeinrichtungen im Aussen-/Neutralleiter)
- f) Prüfung zur Bestätigung der Wirksamkeit des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
- g) Prüfung zur Bestätigung der Wirksamkeit der zusätzlichen Schutzmassnahmen
- h) Drehsinn/Drehrichtung
- i) Funktionsprüfungen
- j) Spannungsfall

Wenn beim Erproben und Messen ein Fehler festgestellt wird, sind nach Behebung des Fehlers diese Prüfung und jede vorhergehende Prüfung, die durch den Fehler möglicherweise beeinflusst wurde, zu wiederholen.

Anmerkung:

Wenn die Prüfung in möglicherweise explosiver Atmosphäre durchgeführt wird, müssen Sicherheitsvorkehrungen gemäss  SN EN 60079-17 getroffen werden.

Erproben und Messen in explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur dann ausgeführt werden, wenn durch Messung nachgewiesen wird, dass im Moment der Messung keine explosionsgefährdete Atmosphäre vorliegt.

6.1.3.2

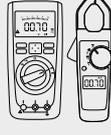
Prüfung der Leitfähigkeit des Schutzleiters sowie der Wirksamkeit des Schutz-Potenzialausgleichs und des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs



.1

Die Prüfung der elektrischen Durchgängigkeit muss bei Schutzleitern, einschliesslich der Schutz-Potenzialausgleichsleiter und der Leiter des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs durchgeführt werden.

6.1.3 Tabelle 1: Die Leitfähigkeit des Schutzleiters muss geprüft werden, wobei folgendes Vorgehen empfohlen wird:

Messeinrichtung Anforderung/Einsatz für	Ohmmeter / Vielfachmess- instrumente	Einfache Prüfeinrichtungen, mit Bereichsanzeigen	Einfache Prüf- und Messgeräte, mit Anzeige des Widerstandswertes	Installations- Tester (R _{low})
Beispielbild				
SN EN 61010 erfüllt	Ja	Ja	Ja	Ja
SN EN 61557-4 erfüllt	Nein	Nein	Ja	Ja
4-24 V AC od. DC / ≥ 200 mA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausreichend für das Erstellen eines Messprotokolls	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Einsatz in Anlagen unter Spannung	<input checked="" type="checkbox"/>	gemäss Angaben der Hersteller	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Messung der Leitfähigkeit mit einer Quelle, deren Leerlaufspannung zwischen 4 V und 24 V DC oder AC beträgt und welche einen Strom von mindestens 0,2 A abgibt.

6.1.3 Tabelle 2: Die Tabelle erleichtert die Überprüfung der Plausibilität von Mess- oder Prüfergebnissen von PE- und PA-Leitern.

Querschnitt mm ²	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	95	150	
Spez. Widerstand Cu mΩ / m	12.575	7.566	4.739	3.149	1.881	1.185	0.752	0.546	0.404	0.205	0.134	
Widerstand in mΩ für 10; 20; 50; 100; 200 m	10	126	76	47	31	19	12	8	5	4	2	1
	20	252	151	95	63	38	24	15	11	8	4	3
	50	629	378	237	157	94	59	38	27	20	10	7
	100	1258	757	474	315	188	119	75	55	40	21	13
	200	2515	1513	948	630	376	237	150	109	81	41	27
alle Werte in mΩ												

Die Mess- und Prüfeinrichtungen müssen den grundsätzlichen Anforderungen an die Messeinrichtungen erfüllen, welche die Sicherheit der Benutzer gemäss  SN EN 61010 gewährleisten.

Corrigendum 08.2020

6.C.3.2 Durchgängigkeit der Schutzleiter

Diese Messung ist erforderlich, um die Einhaltung der Abschaltbedingungen bei Anwendung der Schutzmassnahme automatische Abschaltung der Stromversorgung (MIN 6.1.3.6) nachzuweisen. Der Nachweis wird als erbracht angesehen, wenn das bei der Prüfung verwendete Messgerät einen geeigneten Wert liefert.

Anmerkung:

Die bei der Messung verwendete Stromstärke sollte ausreichend klein sein, damit keine Brand- oder Explosionsgefahr entstehen kann.

6.1.3.3 Isolationswiderstand der elektrischen Installation



.1 Der Isolationswiderstand muss gemessen werden zwischen:

- a) aktiven Leitern, und
 - b) aktiven Leitern und dem mit der Erdungsanlage verbundenen Schutzleiter
- Bei dieser Prüfung dürfen die aktiven Leiter miteinander elektrisch verbunden werden.

Eine Messung zwischen aktiven Leitern kann nur durchgeführt werden, falls keine Verbraucher oder Speisungen von Schutzeinrichtungen angeschlossen sind. Ein Abklemmen von diesen Betriebsmitteln, nur zu Messzwecken, ist nicht gefordert.

Die Isolationsmessung muss bei der Erstprüfung in jedem Fall ausgeführt werden.

Für die Messung der Isolationswiderstände sind die Aussenleiter und der Neutraleiter als aktive, d.h. stromführende Leiter zu betrachten. Der PEN-Leiter gilt dagegen als geerdet.

Während einer Messung dürfen die Aussenleiter und der Neutraleiter an der Messstelle miteinander verbunden sein.

Enthält ein Stromkreis elektronische Geräte, sind vor der Messung die Aussenleiter mit dem Neutraleiter zu verbinden. Sollte die Messung ein ungenügendes Resultat ergeben, sind die elektronischen Geräte abzutrennen, und die Messung ist mit getrennten Leitern zu wiederholen.

Sind Systeme wie Isolationsüberwachungseinrichtungen, Differenzstromüberwachungen, etc. installiert, muss bei der Erstprüfung trotzdem eine Isolationsmessung durchgeführt werden.

.2 Es gelten die Werte in nachfolgender Tabelle.

6.1.3 Tabelle 3: Mindestwerte des Isolationswiderstandes

Bemessungsspannung	Messgleichspannung	Isolationswiderstand
V	V	MΩ
SELV und PELV	250	≥ 0,5
50 ≤ 500 V	500	≥ 1,0
> 500 V	1000	≥ 1,0

Der Isolationswiderstand ist ausreichend, wenn jeder Stromkreis bei nicht angeschlossenen Geräten einen Isolationswiderstand aufweist, welcher nicht kleiner ist als der in NIN 6.1.3 Tabelle 3 angegebene Wert. Dieselben Werte müssen bei der Prüfung des Isolationswiderstands zwischen nicht geerdeten Schutzleitern und Erde erreicht werden.

FELV-Stromkreise müssen mit derselben Messgleichspannung geprüft werden, die für den Primärstromkreis der Stromquelle angewendet wird.

- .3 Wo Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) oder andere elektrische Betriebsmittel die Prüfung beeinflussen können oder bei der Prüfung beschädigt werden können, müssen diese elektrischen Betriebsmittel vor der Durchführung der Messung des Isolationswiderstands abgetrennt werden. Wo es aus praktischen Gründen nicht sinnvoll ist, solche elektrischen Betriebsmittel zu trennen (z.B. bei Steckdosen mit eingebauter SPD), darf die Messgleichspannung für den betrachteten Stromkreis auf 250 V herabgesetzt werden, jedoch muss der Isolationswiderstand $\geq 1 \text{ M}\Omega$ betragen.

6.C.3.3 Isolationswiderstand der elektrischen Anlage

Die Messungen müssen in der von der Stromversorgung getrennten Anlage durchgeführt werden. Im Allgemeinen wird die Isolationswiderstandsmessung am Speisepunkt der Anlage durchgeführt. Wenn der Messwert kleiner ist als der in NIN 6.1.3 Tabelle 3 vorgegebene Wert, ist es zulässig, die Anlage in einzelne Stromkreisgruppen aufzuteilen und den Isolationswiderstand jeder Gruppe zu messen. Wenn bei einer Stromkreisgruppe der gemessene Wert kleiner ist als der in NIN 6.1.3 Tabelle 3 genannte Wert, muss der Isolationswiderstand eines jeden Stromkreises dieser Gruppe gemessen werden.

Wenn Stromkreise oder Teile von Stromkreisen durch Unterspannungs-Schutzeinrichtungen (z.B. Schütze) abgeschaltet werden, die alle aktiven Leiter unterbrechen, so wird der Isolationswiderstand dieser Stromkreise oder Teilstromkreise getrennt gemessen.

6.1.3.4 Schutz durch Kleinspannung SELV, PELV oder durch Schutztrennung

- .1 Die Trennung der Stromkreise muss beim Schutz durch SELV nach NIN 6.1.3.4.1 Abs. 1, beim Schutz durch PELV nach NIN 6.1.3.4.2 Abs. 1 und beim Schutz durch Schutztrennung nach NIN 6.1.3.4.2 nachgewiesen werden.
- .2 Der nach NIN 6.1.3.4.1, NIN 6.1.3.4.2 und NIN 6.1.3.4.3 gemessene Widerstandswert muss mindestens so gross sein wie der gemäss NIN 6.1.3 Tabelle 3 geforderte Wert für den Stromkreis mit der höchsten Spannung in der zu prüfenden Anlage.

6.1.3.4.1 Schutz durch Kleinspannung SELV

- .1 Die sichere Trennung der aktiven Teile von denen anderer Stromkreise und von Erde gemäss NIN 4.1.4.3 muss durch eine Messung des Isolationswiderstands bestätigt werden. Die festgestellten Widerstandswerte müssen den Werten der NIN 6.1.3 Tabelle 3 entsprechen.

Anmerkung:

Die Ausgangsspannung der SELV-Stromquelle sollte auf Einhaltung der Spannungswerte im Leerlauf gemessen werden. (siehe NIN 4.1.4.3 Abs. 4)

6.1.3.4.2 Schutz durch Kleinspannung PELV

- .1 Die sichere Trennung der aktiven Teile von denen anderer Stromkreise entsprechend NIN 4.1.4 muss durch eine Messung des Isolationswiderstands bestätigt werden. Die festgestellten Widerstandswerte müssen den Angaben in NIN 6.1.3 Tabelle 3 entsprechen.

Anmerkung:

Nach  4.1.4.4 Abs. 2 muss der Isolationswiderstand mit der Prüfspannung gemessen werden, die zur höchsten zur Anwendung kommenden Bemessungsspannung gehört.

6.1.3.4.3 Schutz durch Schutztrennung

- .1 Die sichere Trennung der aktiven Teile von aktiven Teilen anderer Stromkreise und von Erde gemäss  4.1.3 muss durch Messung des Isolationswiderstands bestätigt werden. Die festgestellten Widerstandswerte müssen den Werten der  6.1.3 Tabelle 3 entsprechen.
- .2 Bei Schutztrennung mit mehr als einem elektrischen Verbrauchsmittel muss durch Messung oder Berechnung nachgewiesen werden, dass bei zwei gleichzeitig auftretenden Fehlern mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen unterschiedlichen Aussenleitern und dem Schutz-Potenzialausgleichsleiter oder den an diesen angeschlossenen Körpern mindestens einer der fehlerhaften Stromkreise abgeschaltet wird. Die Abschaltzeit muss dem für die Schutzmassnahme «automatische Abschaltung der Stromversorgung im System TN» verlangten Wert entsprechen.

6.C.3.4 Schutz durch Kleinspannung SELV, PELV oder durch Schutztrennung

Wenn ein Betriebsmittel gleichzeitig einen getrennten Stromkreis und noch andere Stromkreise enthält, ist die erforderliche Isolierung gegeben durch den Bau der Betriebsmittel in Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen der entsprechenden Norm.

6.1.3.5 Fussboden- und Wandwiderstände

- .1 Wo die Einhaltung der Anforderungen nach  4.1.C.1 Abs. 5 notwendig ist, müssen mindestens je drei Messungen pro Raum gemacht werden, wobei eine Messung ungefähr 1 m von berührbaren fremden leitfähigen Teilen des Raumes entfernt erfolgen muss. Die beiden anderen Messungen müssen in einem grösseren Abstand durchgeführt werden.

Unterschiedliche Oberflächen in einem Raum sind einzeln zu messen. Die Messreihe muss für jede Oberfläche des Raumes wiederholt werden.

Die Messung der Widerstände von isolierenden Fussböden und isolierenden Wänden gegen Erde wird mit der Nennspannung der elektrischen Anlage bei Nennfrequenz durchgeführt.

Anmerkung:

Für medizinisch genutzte Bereiche gelten zusätzlich die IHS (Ingenieur Hospital Schweiz) Richtlinien.

6.A Verfahren zur Messung des Isolationswiderstands von Fussböden und Wänden gegen Erde oder gegen den Schutzleiter**6.A.1 Allgemeines**

Die Messung der Impedanz oder des Widerstands von isolierenden Fussböden und Wänden muss mit der Netzspannung gegen Erde und mit Netzfrequenz oder mit einer niedrigeren Wechselfrequenz derselben Netzfrequenz zusammen mit einer Messung des Isolationswiderstands durchgeführt werden. Dies darf zum Beispiel entsprechend den folgenden Messmethoden durchgeführt werden:

1. Wechselstrom-Systeme

- durch Messung mit der Netzwechselspannung oder
- durch Messung mit niedrigeren Wechselspannungen, ≥ 25 V und zusätzlich durch eine Isolationsprüfung unter Verwendung einer Prüfspannung ≥ 500 V DC für Systeme mit Bemessungsspannungen ≤ 500 V und ≥ 1000 V DC für Systeme mit Bemessungsspannungen > 500 V.

Die folgenden Spannungsquellen dürfen optional verwendet werden:

- a) die geerdete Systemspannung (Spannung gegen Erde) am Messpunkt;
- b) die Ausgangsspannung eines Isoliertransformators;
- c) eine unabhängige Spannungsquelle mit der Bemessungsfrequenz des Systems.

In den unter b) und c) angegebenen Fällen ist ein Punkt der Spannungsquelle für die Messung geerdet. Aus Sicherheitsgründen ist im Fall von Bemessungsspannungen > 50 V der maximale Ausgangsstrom auf 3,5 mA zu begrenzen.

2. Gleichstrom-Systeme

- Isolationsprüfung mit einer Prüfspannung ≥ 500 V DC für Systeme mit Bemessungsspannungen ≤ 500 V;
- Isolationsprüfung mit einer Prüfspannung ≥ 1000 V DC für Systeme mit Bemessungsspannungen > 500 V.

Die Isolationsprüfung sollte unter Verwendung von Messgeräten nach  SN EN 61557-2 durchgeführt werden.

6.A.2

Prüfmethode zur Messung der Impedanz von Fussböden und Wänden mit Wechselspannung

Der Strom I wird vom Ausgang der Stromquelle oder von einem Aussenleiter L über ein Strommessgerät zur Prüfelektrode eingespeist. Die Spannung U_x an der Prüfelektrode wird mit einem Spannungsmessgerät gemessen, das einen Innenwiderstand von ≥ 1 M Ω gegen den Schutzleiter aufweist.

Die Impedanz der Fussbodenisolierung ergibt sich dann aus: $Z_x = U_x/I$

Zur sicheren Bestimmung der Impedanz ist die Messung an so vielen zufällig ausgewählten Punkten durchzuführen, die als notwendig erachtet werden, mindestens aber an drei Punkten.

Als Prüfelektroden darf eine der folgenden Varianten verwendet werden. Im Zweifelsfalle gilt die Verwendung der Prüfelektrode 1 als Referenzverfahren.

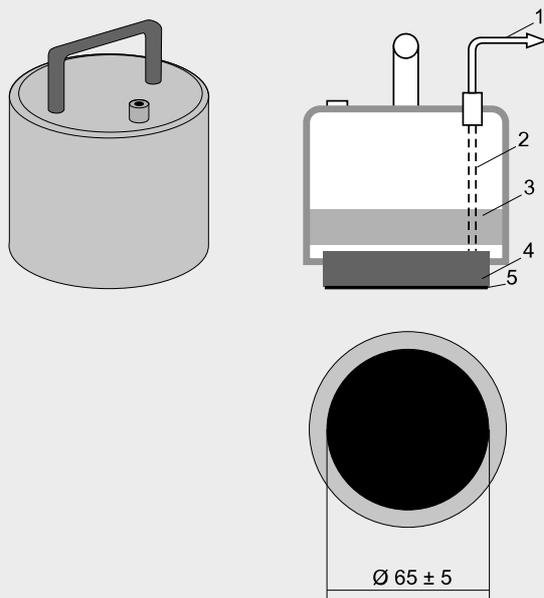
Anmerkung:

Bei Verwendung einer Wechselstromquelle mit sicherer Trennung sollte der Ausgang der Stromquelle einseitig geerdet werden.

6.A.3 Prüfelektrode 1

Die Elektrode gemäss  SN EN 61340-4-1 besteht aus einer zylindrischen Messelektrode mit einem Durchmesser von 65 mm und einem Gewicht von 2,5 kg, welches die nötige Kraft für den Druck auf die Bodenfläche für die Messung gewährleistet.

6.A.3 Figur 1: Anordnung zur Messung mit Messelektrode 1



Legende

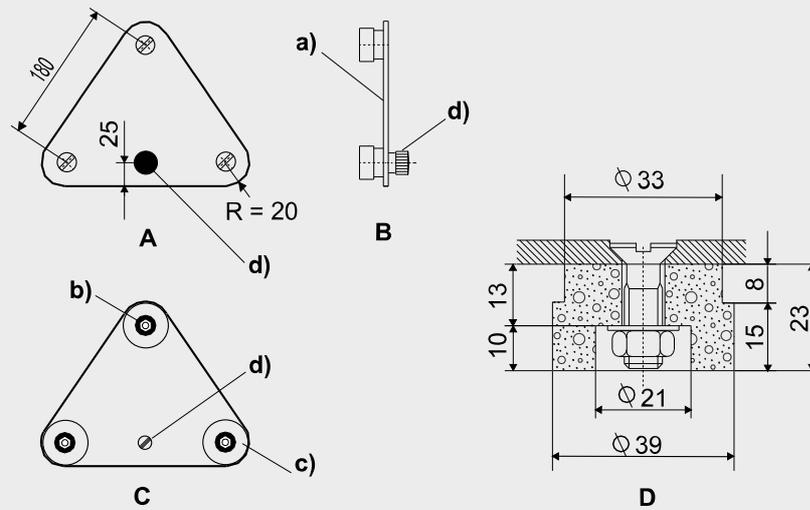
- | | |
|---|---|
| 1 | Flexible Messleitung |
| 2 | Isolierte Verbindung zur metallenen Messelektrode |
| 3 | Isolationsmaterial |
| 4 | Metallene Messelektrode |
| 5 | Leitende «Gummimatte» |

6.A.4 Prüfelektrode 2

Die Prüfelektrode besteht aus einem metallenen Dreifuss, wobei die Teile, die auf dem Fussboden aufliegen, ein gleichseitiges Dreieck bilden. Jeder Unterstützungspunkt ist mit einem flexiblen Teil versehen, so dass bei Belastung ein enger Kontakt mit der zu prüfenden Oberfläche über eine Fläche von annähernd 900 mm² mit einem Widerstand von 5 k Ω sichergestellt ist.

Bevor die Messungen durchgeführt werden, wird die zu prüfende Oberfläche mit einer Reinigungsflüssigkeit gesäubert. Während der Messungen ist der Dreifuss mit einer Kraft von ungefähr 750 N bei Fussböden oder 250 N bei Wänden anzudrücken.

6.A.4 Figur 1: Prüfelektrode 2

**Legende**

- A Ansicht von oben
- B Seitenansicht
- C Ansicht von unten
- D Schnitt durch einen Leitgummi-Fuss
- a) Aluminiumplatte 5 mm dick
- b) Schraubbefestigung
- c) Leitgummi-Fuss
- d) Anschlussklemme

6.1.3.6 Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung

Abschaltzeiten 4.1.3.

Anmerkung:

Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) auch zum Zweck des Brandschutzes eingesetzt werden, dürfen die Prüfungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung auch für die Einhaltung der Anforderungen von 4.2.2 herangezogen werden.

6.1.3.6.1 Allgemeines**Anmerkung:**

Wenn die Abschaltung in der geforderten Zeit nicht erreicht werden kann, ist zu prüfen, ob gemäss 4.1.1.3.2 Abs. 6 ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich vorhanden ist.

-  .1 Die Prüfung der Wirksamkeit der Massnahmen für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) durch automatische Abschaltung der Stromversorgung ist wie folgt vorzunehmen:

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz soll an der «ungünstigsten» Stelle erfolgen. Dies ist der Regel die von der Speisung am weitesten entfernte Stelle.

a) System TN

Die Einhaltung der Anforderungen gemäss  4.1.1.3.2 und  4.1.1.4 muss nachgewiesen werden durch:

1. Messung der Fehlerschleifenimpedanz ( 6.1.3.6.3). Anstelle der Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist die Prüfung der elektrischen Durchgängigkeit der Schutzleiter ( 6.1.3.2) ausreichend, wenn die Berechnung der Fehlerschleifenimpedanz oder des Leiterwiderstands der Schutzleiter verfügbar ist, und wenn in der Anlage die Länge und der Querschnitt der Schutzleiter geprüft werden können.
2. Prüfung der Kenndaten und/oder der Wirksamkeit der zugeordneten Schutzeinrichtung. Diese Prüfung muss erfolgen bei Überstrom-Schutzeinrichtungen durch Besichtigen (z.B. des kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösers oder Bemessungsauslösestromes der unverzögerten Auslösung von Leistungsschaltern, des Bemessungsstroms und des Ausschaltbereichs und der Betriebsklasse bei Schmelzeinsätzen);

Die Durchführung der Messung kann folgendermassen erfolgen:

- Der Erdungswiderstand wird nach  6.1.3.6.2 gemessen und nach Erdung eines Aussenleiters an der Stromquelle wird der Ableitstrom des Netzes gemessen, wobei das Produkt den Grenzwert der dauernd zulässigen Berührungsspannung nicht überschreiten darf, oder
- der Spannungsfall am Erdungswiderstand wird nach Erdung eines Aussenleiters an der Stromquelle gemessen, wobei dieser kleiner sein muss als die dauernd zulässige Berührungsspannung U_L .

Achtung: Bei der Simulation von Isolationsfehlern sollte bedacht werden, dass mitunter hohe Ableitströme auftreten können, z.B. in Anlagen mit über Umrichter gespeisten elektrischen Verbrauchsmitteln oder durch den Einsatz von Filtern.

Bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) durch Besichtigen und Messen. Die Wirksamkeit der automatischen Abschaltung der Stromversorgung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) muss mit geeigneten Messgeräten nach  SN EN 61557-6 ( 6.1.3.1) geprüft werden, wobei nachzuweisen ist, dass die entsprechenden Anforderungen gemäss  4.1 eingehalten werden.

Es wird empfohlen, dass die Einhaltung der gemäss  4.1.1.3.2 Abs. 2 geforderten Abschaltzeiten überprüft wird.

Die Einhaltung der gemäss  4.1.1.3.2 Abs. 2 geforderten Abschaltzeiten muss jedoch stets überprüft werden, wenn:

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) wiederverwendet werden;
oder
- bereits vorhandene Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) auch als Abschaltvorrichtung für Teile von Erweiterungen bzw. Änderungen verwendet werden.

Wenn die Wirksamkeit der Schutzmassnahme an einem Ort hinter einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) bestätigt worden ist, darf der Nachweis des Schutzes nach diesem Punkt durch die Messung der Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen werden.

Anmerkungen:

Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$ als Abschaltvorrichtung eingesetzt werden, ist die Messung der Fehlerschleifenimpedanz im Allgemeinen nicht erforderlich.

Die Einhaltung darf durch Messen des Leiterwiderstands der Schutzleiter nachgewiesen werden.

Vor Messung der Fehlerschleifenimpedanz sollte die elektrische Durchgängigkeit der Verbindungen zwischen Körpern und dem Schutzleiter des einspeisenden Stromverteilungsnetzes überprüft werden.

Bei Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) muss zusätzlich eine Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) über die Prüftaste erfolgen. Diese Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) über die Prüftaste gilt als Erproben der Auslösefunktion.

Selektive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit Kennzeichnung **S** (Typ für selektive Abschaltung) können als alleiniger Schutz für automatische Abschaltung eingesetzt werden.

Zusätzlich muss durch Zusammenarbeit zwischen Errichter der Anlage und der Netzbetreiberin bestätigt werden, dass die Anforderungen gemäss **EN** 4.1.1.4 erfüllt sind.

6.C.3.6 Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung

Zum Nachweis der Einhaltung der maximalen Abschaltzeit sollte die Messung entsprechend **EN** 4.1 mit einem Differenzstrom von $5 \cdot I_{\Delta n}$ durchgeführt werden.

6.C.4 Messung der Fehlerschleifenimpedanz: Berücksichtigung des Anstiegs der Leiterwiderstände bei steigender Temperatur

Da die Messungen mit kleinen Strömen bei Raumtemperatur durchgeführt werden, kann das nachfolgend beschriebene Verfahren verwendet werden, um den Anstieg der Leiterwiderstände mit steigender Temperatur aufgrund von Fehlern zu berücksichtigen und für Systeme TN nachzuweisen, dass der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz die Anforderungen von **EN** 4.1.1.4 erfüllt.

Die Anforderungen von **EN** 4.1.1.4 werden als erfüllt angesehen, wenn der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz die folgende Bedingung erfüllt:

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

Legende

$Z_S(m)$	Die gemessene Impedanz der Fehlerstromschleife, beginnend und endend an der Fehlerstelle
U_0	Die Spannung zwischen Aussenleiter und geerdetem Neutralleiter
I_a	Der Strom, der die automatische Auslösung der Schutzeinrichtung innerhalb der in EN 4.1.1 Tabelle 1 angegebenen Zeit oder innerhalb von 5 s nach den in EN 4.1.1.4 festgelegten Bedingungen bewirkt.

Dies bedeutet, falls die Messung des Fehlerstromes (Kurzschluss-Strom) multipliziert mit dem Faktor 0.66 einen ausreichend grossen Wert ergibt, können die Bedingungen als erfüllt betrachtet werden.

Wenn der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz grösser ist als $2 U_0/3 I_a$, kann eine genauere Bewertung der Einhaltung von  4.1.1.4 erfolgen, indem man den Wert der Fehlerschleifenimpedanz nach dem folgenden Verfahren bestimmt:

- a) Zuerst wird die Schleifenimpedanz Z_s aus Aussenleiter und geerdetem Neutralleiter des Versorgungsstromkreises am Speisepunkt der Anlage gemessen;
- b) anschliessend werden die elektrischen Widerstände des Aussenleiters und des Schutzleiters der Verteilungsstromkreise gemessen;
- c) danach werden die elektrischen Widerstände des Aussenleiters und des Schutzleiters des Endstromkreises gemessen;
- d) die Werte der nach a), b) und c) gemessenen elektrischen Widerstände erhöhen sich mit steigender Leitertemperatur, wobei im Fall von Fehlerströmen die durch die Schutzeinrichtung freigesetzte Energie zu berücksichtigen ist;
- e) die entsprechend d) erhöhten Widerstandswerte werden schliesslich zum Wert der Schleifenimpedanz Z_s aus Aussenleiter und geerdetem Neutralleiter hinzugefügt, wodurch man einen realistischen Wert für Z_s unter Fehlerbedingungen erhält.

Ursachen für mögliche Einflüsse auf die Messungen der Fehlerschleifenimpedanz:

Erwärmung:

Messungen werden oftmals in unbelastetem Zustand der Anlage durchgeführt, das heisst, die Leitungen sind «kälter» und weisen deshalb einen geringeren Widerstand als während des Betriebes auf. Im Belastungsfall wird dementsprechend der ohm'sche Anteil der Schleifenimpedanz etwa um 10 % höher sein als während der Messung. Die im Kurzschlussfall eintretende Erwärmung der Leiter lässt den Widerstand zusätzlich ansteigen.

Lastschwankungen:

Während der Messung eintretende Last- bzw. Spannungsschwankungen in den Anlagen verfälschen das Messergebnis. Die Durchführung mehrerer Messungen kann solche Differenzen kompensieren. Der Durchschnittswert der Messungen — ohne stark abweichende Einzelergebnisse zu berücksichtigen — ist eine relativ gute Annäherung an den wahren Wert.

Beispiel	
Messung 1: 0.89 Ω	Die beiden «Extremwerte» der Messungen 3 und 8 werden nicht berücksichtigt. Dies ergibt folgenden Durchschnittswert: $Z_s (m) = \frac{0.89 \Omega + 0.84 \Omega + 0.90 \Omega + 0.88 \Omega + 0.86 \Omega + 0.84 \Omega}{6} = 0.87 \Omega$
Messung 2: 0.84 Ω	
Messung 3: 0.96 Ω	
Messung 4: 0.80 Ω	
Messung 5: 0.88 Ω	
Messung 6: 0.86 Ω	
Messung 7: 0.84 Ω	
Messung 8: 0.75 Ω	

Einfluss auf den Kurzschlussstrom hat die momentane Netzbelastung (Lastart, Leistungsfaktor, Oberwellen usw.) zum Zeitpunkt des Kurzschlusses. Dies ist bei der Beurteilung des Ergebnisses zu berücksichtigen.

Induktivitäten:

Bei Messungen nahe an der Trafostation wird ein grosser Teil der Schleifenimpedanz von den Netzschleifeninduktivitäten bestimmt. Dies führt dazu, dass insbesondere bei Messwerten unter 0.3Ω ein Korrekturfaktor angewendet wird.

Widerstand an der Fehlerstelle:

Der tatsächliche Widerstand an einer Kurzschlussstelle wird bei der Messung nicht berücksichtigt.

Betriebsbedingungen:

- Die unter «Anforderungen an die Messgeräte» beschriebene Abweichung wird vom Hersteller unter bestimmten Voraussetzungen garantiert. Sind die vorgesehenen Bedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur, Spannung, Frequenz etc.) nicht eingehalten, was selten vorkommt, so muss ein Sicherheitsabschlag berücksichtigt werden.
- Um mittels der Schutzmassnahme «Schutz durch automatische Abschaltung» die geforderte Abschaltzeit von 0.4 Sekunden zu erreichen, muss der im Fehlerfall tatsächlich fliessende Kurzschlussstrom mit Sicherheit höher sein als der Auslösewert der Überstrom-Schutzeinrichtung. Das unter 6.C.4 empfohlene Berechnungsverfahren erfüllt diese Forderung auch in ungünstigen Fällen.
- Im Einzelfall soll geprüft werden, ob der Sicherheitsabschlag in vollem Umfang zur Anwendung gelangen muss. Der Fachmann kennt die Bedingungen vor Ort, den Zustand der Anlage und die Abweichungen des eingesetzten Messinstruments und kann im konkreten Fall beurteilen, in welcher Höhe der Korrekturfaktor berücksichtigt werden muss.

b) System TT

Die Einhaltung der Anforderungen gemäss  4.1.1.5, muss wie folgt geprüft werden:

1. Messung des Widerstands R_A des Erders für die Körper in der Anlage ( 6.1.3.6.2).
Wenn eine Messung von R_A nicht möglich ist, darf diese Messung durch die Messung der Fehlerschleifenimpedanz, wie in a) 1) angegeben, ersetzt werden.
2. Prüfung der Kenndaten und/oder der Wirksamkeit der zugeordneten Schutzeinrichtung. Diese Prüfung muss erfolgen bei Überstrom-Schutzeinrichtungen durch Besichtigen (z.B. des kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösers oder Bemessungsauslösestromes der unverzögerten Auslösung von Leistungsschaltern, des Bemessungsstroms und des Ausschaltbereiches und der Betriebsklasse bei Sicherungen);
3. Bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) durch Besichtigen und Prüfen. Die Wirksamkeit der automatischen Abschaltung der Stromversorgung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) muss mit geeigneten Messgeräten nach  SN EN 61557-6 ( 6.1.3.1) geprüft werden, wobei nachzuweisen ist, dass die entsprechenden Anforderungen gemäss  4.1 eingehalten werden. Es wird empfohlen, dass die Einhaltung der gemäss  4.1.1 Tabelle 1 geforderten Abschaltzeiten überprüft wird.

Die Einhaltung der gemäss  4.1.1 Tabelle 1 geforderten Abschaltzeiten muss jedoch stets überprüft werden, wenn:

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) wiederverwendet werden;
oder
- bereits vorhandene Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) auch als Abschaltvorrichtung für Teile von Erweiterungen bzw. Änderungen verwendet werden.

Wenn die Wirksamkeit der Schutzmassnahme an einem Ort hinter einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) bestätigt worden ist, darf der Nachweis des Schutzes nach diesem Punkt durch die Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen werden.

Anmerkungen:

Durch die Sichtprüfung sollte festgestellt werden, ob alle Körper, die durch ein und dieselbe Schutzeinrichtung geschützt sind, gemäss  4.1.1.5 Abs. 1 durch Schutzleiter an einen gemeinsamen Erder angeschlossen sind.

Bei Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) muss zusätzlich eine Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) über die Prüftaste erfolgen. Diese Auslösung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) über die Prüftaste gilt als Erproben der Auslösefunktion.

Selektive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit Kennzeichnung  (Typ für selektive Abschaltung) können als alleiniger Schutz für automatische Abschaltung eingesetzt werden, wenn mit ihnen die Abschaltzeit eingehalten wird.

Bei Abschaltung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ist die Messung des Erdungswiderstands nicht gefordert, wenn durch Verwendung von Geräten nach  SN EN 61557-6 nachgewiesen wird, dass der vereinbarte Grenzwert der zulässigen Berührungsspannung U_L nicht überschritten wird. (siehe  4.1.1 Tabelle 1)

c) System IT

Die Einhaltung der Anforderungen gemäss  4.1.1.6 muss durch Berechnung oder Messung des Fehlerstroms I_d bei Auftreten eines ersten Fehlers im Aussenleiter oder Neutralleiter nachgewiesen werden.

Die Messung wird nur durchgeführt, wenn die Berechnung nicht möglich ist, weil die Parameter nicht bekannt sind. Bei der Durchführung der Messung sind Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, um Gefahren bei Auftreten eines Doppelfehlers zu vermeiden.

Wenn im Falle eines zweiten Fehlers in einem anderen Stromkreis ähnliche Bedingungen wie im System TT auftreten (siehe Punkt a) gemäss  4.1.1.6 Abs. 4), so ist der Nachweis wie im System TT zu führen (siehe Punkt b) dieses Unterabschnitts).

Wenn im Falle eines zweiten Fehlers in einem anderen Stromkreis ähnliche Bedingungen wie im System TN auftreten (siehe Punkt b) gemäss ( 4.1.1.6 Abs. 4), so ist der Nachweis wie im System TN zu führen (siehe Punkt a) dieses Unterabschnitts).

Für IT-Systeme die von einem lokalen Netztransformator versorgt werden, muss die Erdschleifenimpedanz durch Einbringung einer Verbindung mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem aktiven Leiter und Erde am Einspeisepunkt der elektrischen Anlage gemessen werden. Die Messung erfolgt zwischen einem zweiten aktiven Leiter und dem Schutzleiter am Ende des Stromkreises. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Messwert $\leq 50\%$ der maximal erlaubten Schleifenimpedanz beträgt.

Für IT-Systeme, die mit einem öffentlichen Netz verbunden sind, wird die Erdschleifenimpedanz durch die Prüfung der Durchgängigkeit des Schutzleiters und der Schleifenimpedanz zwischen zwei aktiven Leitern am Ende des Stromkreises. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Messwert $\leq 50\%$ der maximal erlaubten Schleifenimpedanz beträgt. Falls die Prüfung nicht bestanden wird, sind zusätzliche Messungen erforderlich.

In Systemen IT ist die Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen beim ersten Fehler nur möglich, wenn für die Messung ein künstlicher Erdschluss hergestellt wird. Durch einen künstlichen Erdschluss in einem Drehstrom-System IT mit Neutralleiter entstehen Beanspruchungen der Isolierungen von elektrischen Betriebsmitteln durch Spannungserhöhung der nicht fehlerbehafteten Leiter gegen Erde auf die Aussenleiterspannung. Ausserdem können Gefährdungen durch einen während der Messung auftretenden zweiten Fehler (Erdschluss) entstehen. Zurzeit gibt es kein Messverfahren zur Prüfung der Abschaltbedingung eines Systems IT ohne vorherige direkte Erdung eines aktiven Leiters

Beim Erproben der Isolationsüberwachungseinrichtungen sollte der zwischen einem Aussen- und dem Schutzleiter zu schaltende Widerstand mindestens $2 \text{ k}\Omega$, aber kleiner als der an der Isolationsüberwachungseinrichtung eingestellte Wert sein. Als Ansprechwert der Isolationsüberwachungseinrichtung wird üblicherweise $100 \text{ }\Omega/\text{V}$ der Netzennspannung eingestellt.

Anmerkung:

Durch Besichtigen soll geprüft werden, ob:

- a) gemäss  4.1.1.6 Abs. 1 kein aktiver Leiter der Anlage direkt geerdet ist und
- b) gemäss  4.1.1.6 Abs. 2 die Körper einzeln, gruppenweise oder in ihrer Gesamtheit mit einem Schutzleiter verbunden sind.

Die Funktion der Isolationsüberwachungseinrichtungen soll durch Betätigen der Prüfeinrichtung geprüft werden.

6.1.3.6.2 Messung des Erderwiderstands

- .1 Die Messung des Erderwiderstands wird mittels eines geeigneten Verfahrens durchgeführt, wenn dieses verlangt ist.
-

Anmerkung:

 6.B.1 beschreibt das Verfahren B1 beispielhaft als ein Messverfahren unter Verwendung von zwei Hilfserdern und die dabei zu erfüllenden Bedingungen.

Wenn die Örtlichkeit der Anlage (z.B. in Städten) so ist, dass es praktisch nicht möglich ist, zwei Hilfserder vorzusehen, dann ergibt die Messung der Fehlerschleifenimpedanz nach  6.1.3.6.3 oder das Verfahren B3 in  6.B.3 Werte, die auf der sicheren Seite liegen.

Geeignete Verfahren

Anmerkungen:

Bei Erdern mit grosser Ausdehnung in horizontaler Richtung verändert sich die Form des «Spannungstrichters». Da sich die «Spannungstrichter» des zu messenden Erders, des Hilfserders und gegebenenfalls der Messsonde bei bestimmungsgemässer Messung nicht berühren oder gar überschneiden dürfen, sollten vor der Messung des Erdungswiderstands Form und Lage des Erders genau bekannt sein. Der Raum zwischen zu messendem Erder, Hilfserder oder Messsonde sollte frei sein von metallenen Rohrleitungen und anderen im

Erdreich leitend eingebetteten Erdungsanlagen sowie von kathodischen Korrosionsschutzanlagen. Wenn dies nicht erreicht werden kann, wird der geforderte Abstand zum Hilfserder ab diesen Metallteilen gemessen.

Bei dichter Bebauung ist es oft nicht möglich, die zur Messung des Erdungswiderstands erforderlichen Sonden in «neutraler Erde» zu setzen. Es ist stattdessen zulässig, die Schleifenimpedanz zu messen. Der Messwert muss gleich oder kleiner sein als der geforderte Erdungswiderstand.

Bei der Beurteilung der Messergebnisse sind die jahreszeitlichen Einflüsse, wie z.B. die Bodenfeuchte auf die Werte der Erdungswiderstände zu berücksichtigen. Der Mindestwert sollte auch bei trockenem Erdboden eingehalten werden.

6.B Verfahren B1, B2 und B3

6.B.1 Verfahren B1 - Messung des Erderwiderstands

Das folgende Verfahren darf als Beispiel angewendet werden, wenn die Messung des Erdungswiderstands durchzuführen ist (min 6.B.1 Figur 1).

Zwischen dem Erder T und dem Hilfserder T_1 , der so weit von T entfernt ist, dass sich die Ausbreitungswiderstände der beiden Erder nicht gegenseitig beeinflussen, wird ein Wechselstrom mit konstantem Wert zum Fließen gebracht.

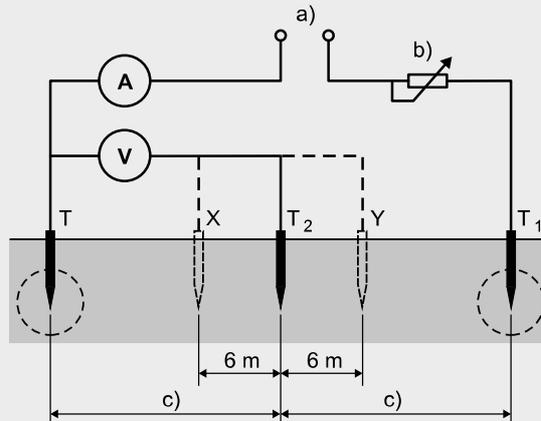
Ein zweiter Hilfserder T_2 , der ein Metallspieß sein darf, wird im halben Abstand zwischen den Erdern T und T_1 in die Erde eingebracht, und der Spannungsfall zwischen den Erdern T und T_2 wird gemessen.

Der Widerstand des Erders ergibt sich aus der Spannung zwischen T und T_2 , geteilt durch den Strom, der zwischen T und T_1 fließt, vorausgesetzt, es gibt keine gegenseitige Beeinflussung der Ausbreitungswiderstände.

Zum Nachweis, dass der Widerstand des Erders richtig ist, sind zwei weitere Messungen mit dem zweiten Hilfserder T_2 durchzuführen, einmal um 6 m näher zum Erder T und einmal 6 m weiter vom Erder T entfernt.

Wenn die drei Ergebnisse annähernd übereinstimmen, wird der Mittelwert der drei Messungen als Widerstand des Erders T angenommen. Wenn es keine Übereinstimmung gibt, wird die Messung mit einem grösseren Abstand zwischen T und T_1 wiederholt.

6.B.1 Figur 1: Messung des Erderwiderstands

**Legende**

T	Erde, während der Messung getrennt von den Erden anderer Stromversorgungen
T ₁	Erster Hilfserde
T ₂	Zweiter Hilfserde
X	Alternative Position von T ₂ während der Messung
Y	Weitere alternative Position von T ₂ während der weiteren Messung
a)	Versorgung
b)	Stromeinstellung
c)	Distanz zwischen Sonden (nicht überlappend)

6.B.2**Verfahren B2 - Messung der Fehlerschleifenimpedanz**

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist entsprechend den Anforderungen von 6.1.3.6.3 durchzuführen.

Das folgende Verfahren durch Messung des Spannungsfalls darf z.B. verwendet werden.

Anmerkungen:

Das Verfahren in diesem Abschnitt liefert nur Näherungswerte für die Fehlerschleifenimpedanz und berücksichtigt nicht die Phasenverschiebung der Spannung, die z.B. während eines tatsächlichen Fehlers gegen Erde auftritt. Der Näherungswert kann jedoch akzeptiert werden, vorausgesetzt, die Reaktanz des betreffenden Stromkreises ist vernachlässigbar.

Es wird empfohlen, eine elektrische Durchgängigkeitsprüfung zwischen dem Neutralpunkt und den Körpern vor der Messung der Fehlerschleifenimpedanz durchzuführen.

Es wird darauf hingewiesen, dass es bei dem gezeigten Verfahren Schwierigkeiten bei deren Anwendung geben kann.

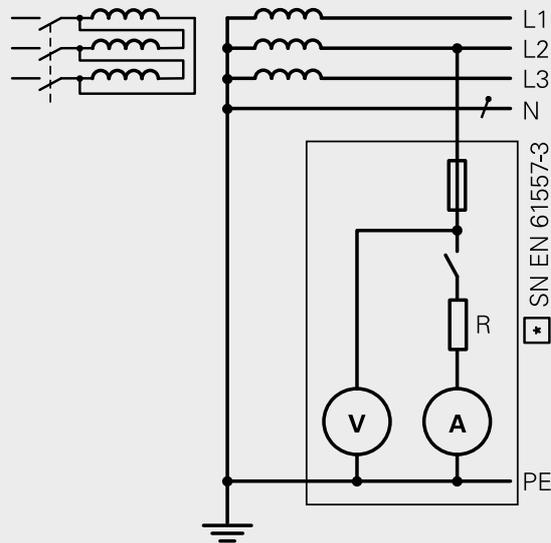
Die Spannung des zu prüfenden Stromkreises wird mit und ohne Anschluss an eine variable Last gemessen, und die Fehlerschleifenimpedanz wird berechnet mit der Formel:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I_R}$$

Dabei ist:

Z	Fehlerschleifenimpedanz
U_1	Gemessene Spannung, ohne Anschluss eines Lastwiderstands
U_2	Gemessene Spannung, mit Anschluss eines Lastwiderstands
I_R	Strom durch den Lastwiderstand

6.B.2 Figur 1: Messung der Fehlerschleifenimpedanz über den Spannungsfall



6.B.3

Verfahren B3 - Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen

Dieses Messverfahren funktioniert bei vorhandenen Erdverbindungen in einem System mit vermaschter Mehrfacherdung, wie in  6.B.3 Figur 1 dargestellt.

Über die erste Zange wird eine Messspannung U in die Schleife induziert, die zweite Zange misst den Strom I in dieser Schleife. Der Schleifenwiderstand kann berechnet werden, indem die Spannung U durch den Strom I geteilt wird.

Da der Gesamtwiderstandswert von parallelen Widerständen $R_1 \dots R_n$ normalerweise vernachlässigbar ist, ist der unbekannte Widerstand gleich dem gemessenen Schleifenwiderstand oder etwas kleiner.

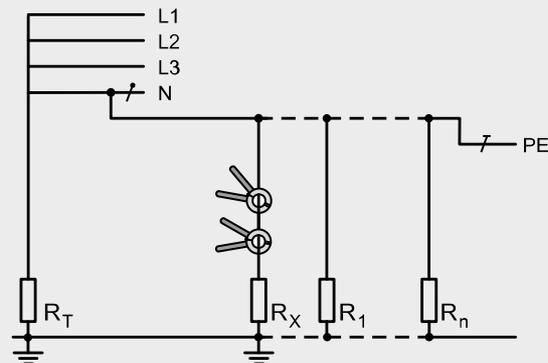
Die Zangen können einzeln an ein Messgerät angeschlossen werden oder sie können in einer Spezialzange kombiniert sein.

Dieses Verfahren ist unmittelbar anwendbar im System TN und bei vermaschter Erdung im System TT.

In Systemen TT, wo nur die unbekannte Verbindung zur Erde zur Verfügung steht, kann die Schleife durch eine kurzzeitige Verbindung zwischen dem Erder und dem Neutraleiter während der Messung geschlossen werden (Quasi System TN).

Um mögliche Risiken aufgrund von Strömen, die durch Spannungsunterschiede zwischen Neutraleiter und Erde hervorgerufen werden, zu vermeiden, sollte das Netz beim Herstellen und Trennen dieser Verbindung abgeschaltet werden.

6.B.3 Figur 1: Messung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen



Legende

- R_T Erdungsverbindung des Transformators
- R_X Zu messender unbekannter Erdungswiderstand
- $R_1 \dots R_n$ Parallele Erdungsverbindungen, verbunden über einen Schutz-Potenzialausgleich oder einen PEN-Leiter

6.1.3.6.3 Messung der Fehlerschleifenimpedanz

- .1 Vor der Durchführung der Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist durch Prüfung die durchgehende elektrische Verbindung der Schutzleiter festzustellen. (siehe [MIN 6.1.3.2](#))
Wenn die Anforderungen dieses Unterabschnittes nicht erfüllt sind oder wenn Zweifel bestehen und deshalb ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich gemäss [MIN 4.1.5.2](#) erstellt wurde, muss die Wirksamkeit dieses Schutz-Potenzialausgleichs gemäss [MIN 4.1.5.2](#) Abs. 2 überprüft werden.

Anmerkung:

Wenn Überstrom-Schutzeinrichtungen für den Fehlerschutz in Systemen TT verwendet werden, ist gemäss [MIN 4.1.1.5](#) Abs. 4 die Einhaltung der Fehlerschleifenimpedanz gefordert.

Bei der Beurteilung der Messwerte ist zu berücksichtigen, dass die Normen für die Messgeräte eine Betriebsmessabweichung von $\pm 30\%$ bei sinusförmigen Strömen zulassen. Ausserdem ist zu beachten, dass der bei der Schleifenimpedanzmessung auftretende Fehler nicht nur von den Prüfgeräten, sondern auch von den Netz-Bedingungen abhängig ist.

6.1.3.7 Zusätzlicher Schutz



Die Prüfung der Wirksamkeit der Massnahmen zum zusätzlichen Schutz erfolgt durch die Sichtprüfung und durch Messen.

Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) für den zusätzlichen Schutz gefordert sind, muss die Wirksamkeit der automatischen Abschaltung der Stromversorgung durch die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit geeigneten Messgeräten nach  SN EN 61557-6 geprüft werden.

Wenn zusätzlicher Schutz durch zusätzlichen Schutzpotentialausgleich nach  4.1.5.2 vorgesehen ist, muss die Wirksamkeit dieses Schutzpotentialausgleichs geprüft werden.

Aktuelle Installationstester können die Funktionen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) «automatisch» testen. Solche Installationstester machen nach dem Betätigen der «Starttaste» mehrere Messungen und liefern dem entsprechend auch mehrere Messresultate. So sind diese Installationstester in der Lage, die Auslösezeit und/oder den Auslösestrom zu bestimmen. Darüber hinaus geben solche Installationstester weitere Messresultate aus wie z.B. Berührungsspannung, Erdungswiderstand, Schleifenimpedanz, Kurzschlussstrom, Ergebnisse bei der Prüfung von selektiven Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen usw. Sie prüfen die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sowohl bei 100% des Bemessungsdifferenzstroms $I_{\Delta n}$ als auch bei z.B. 40% vom Bemessungsdifferenzstroms $I_{\Delta n}$ und geben damit Auskunft über die Funktion der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) selbst als auch über die Funktion der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit der Installation, in welcher die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) angeordnet ist.

6.1.3.8 Prüfung der Spannungspolarität



Wenn Regeln den Einbau von einpoligen Schalteinrichtungen im Neutralleiter verbieten, muss durch eine Prüfung der Spannungspolarität festgestellt werden, dass diese Schalteinrichtungen nur in den Aussenleitern angeordnet sind.

Anmerkung:

 4.6.1.2.3 Abs. 2 schliesst das einpolige Schalten von Neutralleitern aus.

Während der Prüfung der Spannungspolarität sollte nachgeprüft werden, dass:

- a) Jede Sicherung und einpolige Steuer- und Schutzeinrichtung nur im Aussenleiter angeordnet ist, und
- b) Lampenfassungen mit Edisongewinde, die äusseren Kontakte oder Schraubkontakte mit dem Neutralleiter verbunden sind.
- c) Steckdosen und ähnliche Betriebsmittel fachgerecht angeschlossen sind.

6.1.3.9 Prüfung des Drehsinns



- .1 Im Falle von mehrphasigen Stromkreisen muss die Einhaltung der Reihenfolge der Aussenleiter geprüft werden.
- .2 Bei Drehstrom-Steckvorrichtungen ist der Drehsinn zu prüfen.

6.1.3.10 Funktionsprüfung

- .1 Baugruppen wie Schaltgerätekombinationen, Antriebe, Stelleinrichtungen und Verriegelungen müssen einer Funktionsprüfung unterzogen werden, um nachzuweisen, dass sie entsprechend den zutreffenden Anforderungen der NIN richtig montiert, eingestellt und errichtet sind.
- .2 Bei Schutzeinrichtungen muss, soweit erforderlich, eine Funktionsprüfung durchgeführt werden, um festzustellen, dass sie bestimmungsgemäss errichtet und eingestellt sind.

Anmerkung:

Diese Funktionsprüfung ersetzt nicht die in den zutreffenden Normen angegebenen Funktionsprüfungen.

Funktionsprüfungen bei Schutzeinrichtungen

Anmerkung:

Funktionsprüfungen können z.B. umfassen:

- die Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen, z.B. Not-Aus-Vorrichtungen, Verriegelungen, Druckwächter;
 - die Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) und Isolationsüberwachungseinrichtungen (IMDs) und Differenzstrom-Überwachungsgeräten (RCMs) durch Betätigen der Prüftaste;
 - Funktionsfähigkeit von Melde- und Anzeigeeinrichtungen, z.B. die Rückmeldung der Schaltstellungsanzeige an ferngesteuerten Schaltern, sowie die Funktionsfähigkeit von Meldeleuchten.
 - Sicherheitsbeleuchtungen, Autonomiezeit von Sicherheitsstromversorgungen, Fluchtwegmarkierungen usw.
-

6.1.3.11 Prüfung des Spannungsfalls

Wenn die Forderung gemäss  5.2.5 erfüllt werden muss, kann der Nachweis erbracht werden durch:

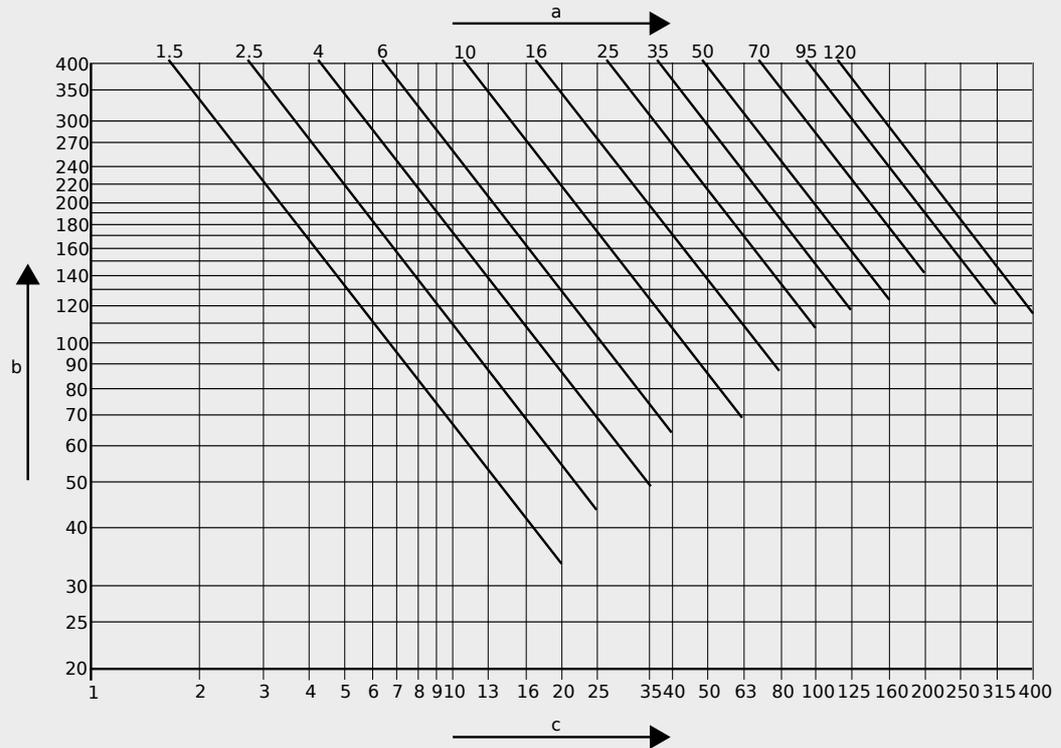
- Bestimmung des Spannungsfalls durch Messung der Impedanz des Stromkreises;
- Bestimmung des Spannungsfalls durch Anwendung von Diagrammen.

6.D Beispiel eines Diagramms zur Abschätzung des Spannungsfalls

Maximale Kabel-/Leitungslänge bei 4% Spannungsfall, 400 V Bemessungswechselspannung und 55 °C Leitertemperatur, 3-Phasen-Wechselspannungssystem, PVC-Isolierung, Leitermaterial Kupfer.
Hinweis für 1-Phasen-Wechselspannungssystem (230 V AC): Kabel-/Leitungslänge durch 2 teilen

Hinweis für Aluminiumleiter: Kabel-/Leitungslänge durch 1,6 teilen

6.D.1 Figur 1: Diagramm zur Abschätzung des Spannungsfalls (Leiter Cu)



Legende

- a Leiterquerschnitt [mm²]
- b Maximale Leitungslänge [m]
- c Laststrom [A]

Anmerkung:

Das Diagramm ist nicht für die Strombelastbarkeit von Leitern vorgesehen.

6.1.4 Erstellen eines Prüfberichts über die Erstprüfung

- .1 Nach Beendigung der Prüfung einer neuen Anlage oder von Erweiterungen oder Änderungen in einer bestehenden Anlage muss ein Bericht inkl. Mess- und Prüfprotokoll erstellt werden. Diese Dokumente müssen Details des Anlagenumfangs, welche durch den Bericht abgedeckt sind, zusammen mit einer Aufzeichnung über die Sichtprüfung und die Ergebnisse der Erprobungen und Messungen umfassen.

Alle Fehler oder fehlende Teile, die während der Prüfung der Anlage erkannt werden, müssen korrigiert werden, bevor der Errichter der Anlage erklärt, dass diese Anlage die Anforderungen der Normen erfüllt.

Im weiteren müssen die Anforderungen der  NIV Art. 35 erfüllt werden.

6.2 Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)

6.2.1 Allgemeines

- .1  Gemäss  NIV Art. 36 müssen periodische Kontrollen für jede elektrische Anlage durchgeführt werden. Diese Kontrollen müssen gemäss  6.2.1 Abs. 2 bis 6.2.1 Abs. 6 ausgeführt werden. Sicherheitsnachweise und Prüfprotokolle von vorangegangenen Kontrollen sind beizuziehen.
-  .2 Die wiederkehrende Prüfung, die aus einer ausführlichen Überprüfung der Anlage besteht, muss je nach Anforderung entweder ohne Demontage oder mit Teildemontage durchgeführt werden, ergänzt durch geeignete Prüfungen nach  6.1, einschliesslich der Prüfung der Einhaltung der nach  4.1.1 Tabelle 1 geforderten Abschaltzeiten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), und durch Messungen, um Folgendes zu erreichen:
- a) die Sicherheit von Personen und Nutztieren vor der Wirkungen des elektrischen Schlags und von Verbrennungen, und
 - b) Schutz gegen Schäden am Eigentum durch Brand und Wärme, die durch Fehler in der elektrischen Anlage entstehen, und
 - c) Bestätigung, dass die Anlage nicht so beschädigt oder verschlechtert ist, dass die Sicherheit beeinträchtigt ist, und
 - d) das Erkennen von Anlagenfehlern und Abweichungen von den Anforderungen der , die eine Gefahr darstellen können.

Wo kein vorhergehender Prüfbericht verfügbar ist, sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Anmerkung:

Bestehende Anlagen können gemäss früheren Ausgaben der  oder HV geplant und errichtet worden sein. Für solche Anlagen gilt bei der periodischen Kontrolle der zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage gültige Stand der Technik.

- .3 Es müssen Vorsichtsmassnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, dass durch die wiederkehrende Prüfung keine Gefahr für Personen oder Nutztiere entsteht, und Eigentum und Betriebsmitteln nicht beschädigt werden, auch bei Fehlern im Stromkreis.
- Messgeräte, Überwachungsgeräte und Verfahren müssen die Anforderungen der entsprechenden Teile der  SN EN 61557 erfüllen. Wenn andere Messgeräte verwendet werden, so müssen diese die gleichen Leistungsmerkmale und die gleiche Sicherheit aufweisen.
- .4  Der Umfang und die Ergebnisse der wiederkehrenden Prüfung einer Anlage oder eines Teils einer Anlage müssen gemäss  NIV Art. 37 dokumentiert werden. Darüber hinaus müssen wesentliche Einschränkungen bei der wiederkehrenden Prüfung bezüglich der Normanforderungen und deren Begründung im Prüfbericht festgehalten werden.
- .5 Schäden, Verschlechterungen, Fehler und gefährliche Zustände müssen in einem Mängelbericht festgehalten werden.
- .6 Die Berechtigung und Anforderungen an die Qualifikation der kontrollberechtigten Personen und die Art der Anlagen sind in der  NIV Art. 27 geregelt.

Für bestehende Anlagen, welche nach SEV 1000:1985 (oder ältere Ausgaben) ausgeführt wurden, gelten vorderhand folgende Bestimmungen:

Der Isolationswiderstand zwischen Neutralleiter und Erde, bzw. Aussenleitern und Erde muss mindestens folgende Werte aufweisen:

- in Anlagen bis 300 V gegen Erde
- in trockenen und feuchten Räumen 250 k Ω
- in nassen und korrosionsgefährdeten Räumen 50 k Ω
- in Anlagen über 300 V gegen Erde
- in trockenen und feuchten Räumen 500 k Ω
- in nassen und korrosionsgefährdeten Räumen 250 k Ω

Diese Werte gelten bei Messungen mit Gleichspannung, die mindestens der Bemessungsspannung der Anlage entsprechen muss.

Der Wert für nasse und korrosionsgefährdete Räume in Anlagen bis 300 V gegen Erde gilt bei Messungen mit mindestens 100 V Gleichspannung.

Für bestehende Anlagen, welche nach SEV 1000:1995 bis 2005 ausgeführt wurden, gelten bei periodischen Prüfungen dieselben Anforderungen wie bei der Erstprüfung.

6.2.1 Tabelle 1: Mindestwerte des Isolationswiderstandes

Stromkreis-Nennspannung	Prüfgleichspannung	Isolationswiderstand
V	V	M Ω
SELV und PELV	250	$\geq 0,25$
$50 \leq 500$ V	500	$\geq 0,50$
> 500 V	1000	$\geq 1,00$

Bei der periodischen Prüfung bestehender Anlagen, welche nach SEV 1000:2010 ausgeführt wurden, gelten die gleichen Werte wie bei der Erstprüfung.

6.2.2 Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung

- .1  Die Häufigkeit (Kontrollperioden) der wiederkehrenden Prüfung einer Anlage sind in der  NIV Art. 32 geregelt.
-  .2  Bei Anlagen, in denen eine dauernde Überwachung der Isolationswiderstände (z.B. RCD ≤ 30 mA oder IMD) gewährleistet ist, kann gemäss Verordnung des  UVEK, Art. 13 (734.272.3) auf die wiederkehrende Prüfung der Isolationswerte verzichtet werden.

6.2.3 Prüfbericht für die wiederkehrende Prüfung

- .1 Nach Abschluss der wiederkehrenden Prüfung einer bestehenden Anlage muss ein Bericht gemäss  6.1.4 erstellt werden. Allfällige Mängel sind in einem Mängelbericht festzuhalten. Nach Behebung sämtlicher Mängel ist ein Sicherheitsnachweis gemäss  NIV Art. 37 auszustellen.
- .2 Die administrativen Abläufe und die Aufbewahrungspflicht der Dokumente sind in der  NIV geregelt.