Errichten von Niederspannungsanlagen – Prüfungen

Bevor elektrische Anlagen vom Benutzer in Betrieb genommen werden, ist vom Errichter eine Prüfung durch Besichtigen, Erproben und Messen durchzuführen. Als rechtliche Grundlage muss die Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) angesehen werden. Im § 13 heißt es dort: „…darf die Anlage nur nach den Vorschriften dieser Ver-ordnung, nach anderen anzuwendenden Rechtsvorschriften und behördlichen Bestim-mungen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet, erweitert, geändert und instand gehalten werden."

1.1 Wer darf prüfen?

Sven Bonhagen

Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel sowie ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel nach Reparaturen dürfen nur durch Elektrofachkräfte geprüft werden.

Der Unternehmer hat die erforderlichen organisatorischen Maßnahmen zu treffen, damit die Prüfungen ordnungsgemäß durchgeführt werden. Nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) sind die Prüfungen von Arbeitsmitteln durch befähigte Personen durchzuführen. In der TRBS 1203 Teil 3 – Befähigte Personen; Besondere Anforderungen; Elektrische Gefährdungen wird die befähigte Person weiter definiert. Sie muss über eine entsprechende elektrotechnische Berufsausbildung, Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit verfügen.

Insbesondere ist hierbei hervorzuheben, dass ein sehr fundiertes Wissen über die Schutzmaßnahmen und deren Prüfung erforderlich ist, so dass nur der „beste Mitarbeiter" mit dieser Aufgabe beauftragt werden sollte. Entsprechende Fortbildungsseminare werden zum Beispiel am bfe Oldenburg (www.bfe.de, Suchbegriff: E-Check) angeboten.

1.2 Prüfung der Schutzmaßnahmen

Die DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600):2008-06 - als Ersatz für DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610):2004-04 - legt wesentliche Anforderungen an die Erstprüfung und die wiederkehrende Prüfung von elektrischen Anlagen fest. Für wiederkehrende Prüfungen ist zusätzlich DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1):2008-06 zu berücksichtigen.

Die Prüfung muss, soweit sinnvoll, während der Errichtung und/oder nach Fertigstellung durchgeführt werden. Dieses gilt insbesondere für das Besichtigen, welches bereits während der gesamten Errichtungsphase vorzunehmen ist.

Beim Besichtigen, Erproben und Messen muss eine Gefährdung von Personen und eine Schädigung von Eigentum und Betriebsmitteln ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse der Prüfung sind in einem Prüfbericht festzuhalten.

Erstprüfungen sind sowohl bei neu errichteten als auch bei geänderten und/oder erweiterten Anlagen vorzunehmen. Bei Änderungen und Erweiterungen beschränkt sich die Prüfung auf die Feststellung, dass die geänderten und erweiterten Anlagenteile den Normen der Reihe DIN VDE 0100 entsprechen und die Sicherheit der bestehenden Anlagen nicht beeinträchtigt wird.

Quelle: www.voltimum.de

Bei der Durchführung der Prüfung müssen der prüfenden Person entsprechende Dokumentationen, wie Schalt und Übersichtspläne sowie Unterlagen zur eindeutigen Identifizierung der Schutzorgane, Schaltgeräte und sonstigen Betriebsmittel nach DIN VDE 0100-510, Abschnitt 514.5 zur Verfügung stehen. Bei einfachen Anlagen ist dafür eine Übersicht in Form einer Liste oder Tabelle ausreichend.

Die Besichtigung ist ein sehr wichtiger Prüfschritt und sollte gewissenhaft durchgeführt werden, da viele Mängel nur durch die Besichtigung erkannt werden können.

1.2.2 Erproben und Messen

Durch Erproben und Messen sind unter anderen folgenden Kriterien, soweit zutreffend, zu prüfen:

- Durchgängigkeit der Schutzleiter, des Schutzpotentialausgleichs und des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs,
- Isolationswiderstand,
- Trennung der Stromkreise bei SELV, PELV oder Schutztrennung,
- Widerstände von isolierenden Fußböden und/oder Wänden,
- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung,
- Wirksamkeit der zusätzlichen Schutzmaßnahmen
- Polarität der Spannung,
- Drehfeldrichtung von Drehstrom-Steckdosen
- Prüfung des ordnungsgemäßen Betriebs und der Funktion,
- Einhaltung des max. zulässigen Spannungsfalls.

Von den genannten Punkten zum Erproben und Messen werden nachstehend nur die Wesentlichen näher erläutert.

1.2.2.1 Erprobung

Es sind u. a. zu erproben, die

- Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) durch Betätigen der Prüftaste, Isolationsüberwachungseinrichtungen,
- Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen wie z. B. Not-Aus-Einrichtungen und Verriegelungen,
- Funktionsfähigkeit von erforderlichen Melde- und Anzeigeeinrichtungen wie z. B. ferngesteuerte Schalter oder Stör- und Gefahrenanzeigen,
- Rechtsdrehfeld von Drehstromsteckdosen.

1.2.2.2 Durchgängigkeit der Leiter

Die Durchgängigkeit der Schutzleiter, der Schutzpotentialausgleichsleiter über die Haupterdungsschiene und der zusätzlichen Schutzpotentialausgleichsleiter sowie deren niederohmige Verbindungen, sind durch Messungen nachzuweisen. Die Messungen sollten mit einer Leerlaufspannung von 4 bis 24 V und einem Strom von mindestens 0,2 A durchgeführt werden. Die Bedingungen werden von handelsüblichen Geräten zur Prü-fung von Schutzmaßnahmen erfüllt. Vielfachmessgeräte (Multimeter) sind insbesondere wegen des geringen Messstroms dafür nicht zugelassen.

Höchstzulässige Widerstandswerte für die Durchgangsprüfung der Schutz- und Schutzpotentialausgleichsleiter werden in der Norm nicht genannt. Der zulässige Grenzwert ist von der prüfenden Person unter Berücksichtigung der in Tabelle NA.4 im Anhang der

Quelle: www.voltimum.de

Norm, in Abhängigkeit von Leiterquerschnitt, genannten Leiterwiderstandsbeläge in mΩ/m, der Leiterlänge und der zu erwartenden Übergangswiderstände zu ermitteln.

1.2.2.3 Isolationswiderstand der elektrischen Anlage

Der Isolationswiderstand ist zwischen jedem aktiven Leiter und dem mit der Erde verbundenen Schutzleiter zu messen. Neu ist die Anhebung der Mindestwerte der Isolationswiderstände bei SELV und PELV-Stromkreisen von 0,25 MΩ auf 0,5 MΩ und bei Stromkreisen bis 500 V von 0,5 MΩ auf 1,0 MΩ. Die gemessenen Widerstandswerte liegen üblicherweise weit über den geforderten Mindestwerten. Bei einer Abweichung sollten genauere Untersuchungen des betroffenen Stromkreises erfolgen.

Das Messen sollte zur Vereinfachung vor dem Anschluss der elektrischen Verbrauchs-mittel erfolgen. Alle im Stromkreis enthaltenden Schalter sind für ein aussagekräftiges Ergebnis zu schließen. In feuergefährdeten Räumen muss nach DIN VDE 0100-482 (VDE 0100-482) und VdS 2033 zusätzlich eine Messung zwischen den aktiven Leitern durchgeführt werden.

Durch eingebaute Überspannungs-Schutzeinrichtungen können Fehlmessungen auftreten. Wenn sich die Schutzeinrichtungen während der Messung nicht vom Messkreis trennen lassen, wie z. B. bei Steckdosen mit integriertem Überspannungsschutz, ist eine Reduzierung der Messgleichspannung auf 250 V zulässig.

1.2.2.4 Prüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-System

Die Wirksamkeit der automatischen Abschaltung ist wie folgt nachzuweisen:

- Messung der Fehlerschleifenimpedanz und Beurteilung der Messwerte unter Berücksichtigung der zulässigen Messabweichung von ± 30 %. Auf die Messung kann verzichtet werden, wenn die elektrische Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen wird und Berechnungen der Schleifenimpedanz vorliegen. Bei automatischer Abschaltung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) gelten die Anforderungen an die Schleifenimpedanz grundsätzlich als erfüllt.
- Prüfung der Kenndaten und Wirksamkeit der zugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen unter Berücksichtigung der Bemessungsströme, Ausschaltbereiche und Betriebsklassen bei Sicherungen und Leitungsschutzschaltern oder der Einstellungen für den Kurzschlussauslöser bei Leistungsschaltern und ähnlichen Schutzeinrichtungen.

  Die ermittelten Abschaltströme der Überstrom-Schutzeinrichtungen (siehe Tabel-le NA.1 der Norm) sind zur Prüfung der Einhaltung der Abschaltbedingungen mit den gemessenen Kurzschlussströmen bzw. den Schleifenimpedanzen zu verglei-chen.

- Nachweis der Wirksamkeit von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) durch Besichtigen und Erproben. Zusätzlich ist ein messtechnischer Nachweis über die Einhaltung der in DIN VDE 0100-410 geforderten, maximal zulässigen Abschaltzeiten unter Verwendung geeigneter Messgeräte durch Erzeugen eines Differenzstromes (künstlicher Fehler) erforderlich. Eine genaue Messung der Abschaltzeit und der Berührungsspannung ist im TN-System nicht notwendig.

Wenn bei automatischer Abschaltung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen die Wirksamkeit an einer Stelle nachgewiesen wurde, ist es für die weitere Prüfung ausreichend, wenn alle anderen zu schützenden Anlageteile mit dieser Messstelle sicher verbunden sind (Prüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiter).

Quelle: www.voltimum.de

1.2.2.5 Prüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TT-System

Zusätzlich zu den Prüfungen im TN-System ist die Messung des Erdausbreitungswiderstandes RA des Erders für die Körper bzw. des Schutzleiters erforderlich. **Der vereinbarte Grenzwert der zulässigen Berührungsspannung U_L darf im Fehlerfall nicht überschritten werden.**

Aus diesem Grunde setzt der alleinige Einsatz von Überstrom-Schutzeinrichtungen sehr niedrige Erdungswiderstände zur Einhaltung der Schutzmaßnahme voraus und ist daher nicht Praxisrelevant.

Es wird empfohlen, bei Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen die Einhal-tung der in DIN VDE 0100-410 festgelegten Abschaltzeiten von 0,2 bzw. 1 s zu prüfen. Bei der Wiederverwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen oder der Erweiterung oder Änderung von bestehenden Anlagen müssen die Abschaltzeiten auf ihre Einhaltung geprüft werden.

Bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist es wie im TN-System ausreichend, wenn die Wirksamkeit an einer Stelle nachgewiesen wurde, wenn alle anderen Anlageteile mit dieser Messstelle sicher verbunden sind.

1.2.2.6 Messung des Erderwiderstandes

Die Messung des Erderwiderstandes mit einer Messbrücke und zwei weiteren Hilfserdern ist ein Messverfahren, welches relativ aufwendig ist und sich im städtischen Bereich aufgrund der dichten Bebauung oftmals nicht durchführen lässt. Als Alternative ist die Messung der Fehlerschleifenimpedanz zulässig. Hierbei ist zu beachten, dass der Abgriff der Netzspannung so erfolgt, dass der fließende Messstrom nicht zu einer Abschaltung des Stromkreises führt.

Neu aufgenommen wurde ein Messverfahren zur Ermittlung des Erdschleifenwiderstandes mit Stromzangen. Dieses Verfahren kann allerdings nur dann angewendet werden, wenn eine Verbindung von der Erdungsanlage zu dem geerdeten Neutralleiter besteht. Im TN-System ist dieses gegeben, im TT-System kann es erforderlich sein, diese Verbindung für die Zeit der Messung herzustellen.

1.2.2.7 Messung der Fehlerschleifenimpedanz

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz ist erforderlich, wenn für den Schutz durch automatische Abschaltung keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) verwendet werden.

Die Höhe der Fehlerschleifenimpedanz bestimmt den im Fehlerfall auftretenden Kurzschlussstrom und somit die Abschaltzeit der Überstrom-Schutzeinrichtung in Abhängigkeit von Typ, Charakteristik und Bemessungsstrom.

Spannungsschwankungen, die während des Messvorganges auftreten, können zu erheblichen Abweichungen führen, so dass ggf. Mehrfachmessungen erforderlich sind. Für die Beurteilung der Messwerte ist die Betriebsmessabweichung von ± 30 % und der Korrekturfaktor für den Temperaturunterschied der während der Messung vorherrschenden Umgebungstemperatur und der Betriebstemperatur der Leitungen und Kabel zu berücksichtigen.

1.2.2.8 Prüfung des Spannungsfalls

Quelle: www.voltimum.de

Neu eingeführt wurde ein Verfahren zur Überprüfung des Spannungsfalls. Die Norm DIN VDE 0100-520 fordert einen Spannungsfall vom Übergabepunkt des Netzbetreibers bis zum Anschlusspunkt der Verbrauchsmittel von weniger als 4 %. Die Bestimmung des Spannungsfalls kann durch Messung der Impedanz des Stromkreises oder durch Anwendung des im Anhang D dargestellten Diagramms erfolgen.

1.3 Prüfbericht

Für neu errichtete, geänderte oder erweiterte elektrische Anlagen ist nach Beendigung der Prüfung ein Prüfbericht über die mängelfreie Erstprüfung zu erstellen. Der Bericht muss den Anlagenumfang der bescheinigten Anlage sowie die Ergebnisse der Besichti-gung, Erprobung und Messung enthalten. Die Mindestinhalte eines Prüfberichts können dem nationalen Anhang NB entnommen werden.

1.4 Beurteilung der Prüfung der Schutzmaßnahmen

Mit dem Besichtigen, Erproben, Messen und eintragen der Ergebnisse in den Prüfbericht ist die Prüfung noch nicht abgeschlossen. Die Beurteilung der ermittelten Ergebnisse ist mitunter die schwierigste Aufgabe, die sich dem Prüfer stellt.

Zum einen sind Ungenauigkeiten der Messgeräte und ggf. weitere Abhängigkeiten wie z. B. die Leitererwärmung im Kurzschlussfall bei der Schleifenwiderstandsmessung zu berücksichtigen.

Der Prüfer sollte auch immer eine Bewertung vornehmen, ob die vorliegenden Messwerte plausibel sind. Sollte z. B. bei zwei direkt nebeneinander befindlichen Steckdosenstromkreise, der ermittelte Kurzschlussstrom erheblich abweichen, so könnte dieses ein Hinweis auf hochohmige Klemmstellen sein.

1.4.1 Isolationswiderstand

Bei der Isolationswiderstandsmessung ist der Messfehler des eingesetzten Messgerätes zu berücksichtigen. Dieser darf nach der Normenreihe DIN VDE 0413 für Isolations-messgeräte maximal 30 % betragen. In der Tabelle 1.1 sind die normativen Grenzwerte und die Grenzwerte unter Beachtung der Messtoleranz aufgeführt.

Bemessungsspannung	Grenzwert R_{ISO} nach VDE / Prüfspannung	Mindestanzeige R_{ISO} mit 30 % Fehler
SELV (PELV) Schutz-kleinspannung	≥ 0,5 MΩ / 250 V DC	≥ 0,75 MΩ
bis 500 V außer Schutzkleinspannung	≥ 1,0 MΩ / 500 V DC	≥ 1,5 MΩ

Tabelle 1.1: Grenzwerte für Isolationswiderstände bei der Erstprüfungen (DIN VDE 0100-600)

1.4.2 Schutzmaßnahme durch Abschaltung ohne Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) in TN-Systemen

Bei Stromkreisen ohne RCD ist die Fehlerschleifenimpedanz durch eine Schleifenwider-standsmessung (RS) zur Sicherstellung des Personenschutzes zu ermitteln. Der hieraus resultierende Kurzschlussstrom I_K, gemessen an den Endabgängen zwischen Außenleitern und Schutzleiter, bestimmt im Fehlerfall die Abschaltzeit.

Die ebenfalls durchzuführende Netzinnenwiderstandsmessung (R_I) zwischen den Außen-

leitern und dem Neutralleiter ermittelt den Kurzschlussstrom IK bei einem Kurzschluss und stellt den Brandschutz sicher. Folgende Anforderung muss erfüllt werden:

$$I_K \geq I_A$$

Der ermittelte Kurzschlussstrom muss größer als der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung sein, Werte für ausgewählte Schutzeinrichtungen enthält Tabelle 1.2.

Schutzeinrichtung	Typ	Abschaltstrom I_A	Mindestanzeige I_K unter Fehlerbedingungen
Schmelzsicherung	gL 16A; gG 16A	128 A für Abschaltzeit: 0,4s	≥ 195 A für Abschaltzeit: 0,4s
Schmelzsicherung	gL 16A; gG 16A	80 A für Abschaltzeit: 5s	≥ 120 A für Abschaltzeit: 5s
LS-Schalter	B 10A; L 10A	50 A	≥ 75 A
LS-Schalter	B 16A; L 16A	80 A	≥ 120 A
LS-Schalter	C 16A; G 16A	160 A	≥ 240 A

In der Spalte Mindestanzeige IK ist die Erhöhung der Leiterwiderstände durch den Fehlerstrom berücksichtigt. Folgende Formel kann hierfür genutzt werden:

$$I_k(m) \geq \frac{3}{2} \cdot I_a = 1{,}5 \cdot I_a$$

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

1.4.3 Schutzmaßnahme durch Abschaltung mit Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) in TN- und TT-Systemen

Nach dem die Fehlerstromschutzeinrichtung durch die Prüftaste einer mechanischen Auslöseprüfung und anschließender Prüfung der Spannungsfreiheit unterzogen wurde, ist anschließend die Schutzmaßnahme zu überprüfen.

Hierzu ist mit dem Prüfgerät an mindest einem Endabgang des zugehörigen Stromkreises zwischen Außenleiter und Schutzleiter der Auslösestrom I_Δ zu messen. Folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$I_A \leq I_{\Delta N}$$

Quelle: www.voltimum.de

Zudem ist die Berührungsspannung zu ermitteln. Die Werte in Tabelle 1.3 dürfen nicht überschritten werden.

Anlage (U_L: maximale Berührungsspannung)	Grenzwert nach VDE	Maximalanzeige unter Fehlerbedingungen
normal U_L = 50 V	≤ 50 V	≤ 40 V
mit besonderer Gefährdung U_L = 25 V	≤ 25 V	≤ 20 V

Tabelle 1.3: Maximal zulässige Berührungsspannungen

Im TT-System ist zusätzlich die Messung des Erdübergangswiderstandes des Anlagenerders R_A erforderlich. Grenzwerte für den Anlagenerder in Anlagen mit U_L = 50 V sind in siehe Tabelle 1.4 enthalten.

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta N}}$$

RCD $I_{\Delta N}$	Grenzwert R_A nach VDE	Maximalanzeige R_A mit 30 % Fehler
10 mA	≤ 5000 Ω	≤ 3800 Ω
30 mA	≤ 1666 Ω	≤ 1200 Ω
100 mA	≤ 500 Ω	≤ 380 Ω
300 mA	≤ 166 Ω	≤ 120 Ω
500 mA	≤ 100 Ω	≤ 76 Ω

Tabelle 1.4: Maximale Erdausbreitungswiderstände für den Anlagenerder

Für Anlagen mit U_L = 25 V halbieren sich die Werte und bei selektiven RCD ist der 2fache Bemessungsdifferenzstrom anzusetzen.

Aus Brandschutzgründen ist die Kurzschlussstrommessung I_K an den Endabgängen zwischen Außenleitern und Neutralleitern (Netzinnenwiderstandsmessung RI) zusätzlich durchzuführen.

1.4.4 Niederohmige Durchgängigkeit

Zur Gewährleistung der Schutzmaßnahmen ist eine niederohmige Verbindung sämtlicher Schutzleiter zwingend erforderlich. Die Messung des niederohmigen Durchganges von:

- Schutzleiterverbindungen
- Verbindungen des Schutzpotentialausgleiches über Haupterdungsschiene
- Verbindungen des zusätzlichen Schutzpotentialausgleiches

Ist zwingend erforderlich.

Der gemessene Wert sollte den **Richtwert von 1 Ω** nicht überschreiten. Die Wider-stände setzen sich zusammen aus dem Leiterwiderstand und den Übergangswiderstän-den an den Anschlussstellen.

Quelle: www.voltimum.de