

Prüfung elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100-600

W. Baade, S. Bonhagen, Oldenburg

Mit der Neuausgabe der IEC 60364, die für die Erstprüfung in Deutschland als DIN VDE 0100-600:2008-06 (Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen) umgesetzt wurde, wird die bisher bekannte DIN VDE 0100-610(VDE 0100-610):2004-04 abgelöst. Damit verbunden sind einige Änderungen und Neuerungen, welche beispielsweise den geforderten Isolationswiderstand, die Dokumentation der Prüfung sowie den Nachweis des Spannungsfalls betreffen, über die im Beitrag informiert wird.



Foto: Fluke

1 Zur Bedeutung von Prüfung und Dokumentation

Die Prüfung der elektrischen Sicherheit von neu errichteten, erweiterten oder geänderten elektrischen Anlagen muss heutzutage für jeden im Elektrohandwerk Beschäftigten zur Auftragsabwicklung dazugehören. Die Prüfung und deren Dokumentation dienen für den Kunden als **Nachweis**, dass die elektrische Anlage den sicherheitstechnischen Anforderungen entspricht und die Elektro-Installationsarbeiten fachgerecht ausgeführt wurden. Durch die Aushängung des Prüfberichtes erhält der Kunde einen schriftlichen Nachweis hierüber.

Aber nicht nur für den Kunden ist die Prüfung und Dokumentation von großer Bedeutung. Kommt es zu einem Schadensfall oder anderen Streitigkeiten, kann der Handwerker nachweisen, dass die elektrische Anlage zum Abnahmezeitpunkt ordnungsgemäß errichtet war. Mit der Neuausgabe der IEC 60364, die für die **Erstprüfung** in Deutschland als DIN VDE 0100-600 umgesetzt wurde, wird die bisher bekannte DIN VDE 0100-610(VDE 0100-610):2004-04 abgelöst. Die Anforderungen an die **wiederkehrende Prüfung** wurden für Deutschland in die DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1):2008-06 als Anhang zu DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100):2005-06 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ aufgenommen.

2 Wesentliche Änderungen im Überblick

Die wesentlichen Änderungen der Neuausgabe sind:

- Der geforderte Isolationswiderstand für elektrische Anlagen wurde von 0,5 MΩ auf ≥ 1 MΩ angehoben.

Autoren

Elektroinstallationsmeister *Werner Baade* ist Dozent beim bfe Oldenburg; *Sven Bonhagen* ist Fachplaner für Elektro- und Informationstechnik sowie ebenfalls Dozent am BFE Oldenburg.

- Prüfanforderungen für den zusätzlichen Schutz wurden aufgenommen.
- Anforderungen an den Bericht nach Beendigung der Erstprüfung oder wiederkehrenden Prüfung wurden aufgenommen.
- Aufnahme eines Messverfahren zur Bestimmung des Erdschleifenwiderstands mit Stromzangen.
- Einführung eines Verfahrens zum Nachweis des Spannungsfalls.

3 Der Prüfablauf

Bevor elektrische Anlagen vom Benutzer in Betrieb genommen werden, ist vom Errichter eine **Prüfung durch Besichtigen, Erproben und Messen** durchzuführen. Diese Prüfungen müssen, soweit sinnvoll, während der Errichtung und 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 errichte-

ten als auch bei geänderten und 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.

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.

4 Besichtigen

Das Besichtigen muss vor den weiteren Prüfschritten durchgeführt werden und erfolgt in der Praxis baubegleitend während der Errichtung und abschließend nach Fertigstellung der elektrischen Anlage.

Durch Besichtigen wird festgestellt, ob die elektrischen Betriebsmittel den Sicherheitsanforderungen entsprechen, ohne sicher-

Tabelle 1 Leiterwiderstandsbeläge R' für Kupferleitungen bei 30 °C in Abhängigkeit vom Leiternennquerschnitt S zur überschlägigen Berechnung von Leiterwiderständen

Leiternennquerschnitt S in mm ²	Leiterwiderstandsbeläge R' bei 30 °C in mΩ/m
1,5	12,58
2,5	7,57
4	4,74
6	3,15
10	1,88
16	1,19
25	0,75

Tabelle 2 Mindestwerte des Isolationswiderstands

Nennspannung des Stromkreises in V	Messgleichspannung in V	Isolationswiderstand in MΩ
SELV und PELV	250	$\geq 0,5$
bis 500 V, sowie FELV	500	$\geq 1,0$
über 500 V	1000	$\geq 1,0$

heitsbeeinträchtigende Beschädigungen sind und ob die Betriebsmittel entsprechend den Anforderungen der Normen und Angaben der Hersteller ausgewählt und errichtet wurden. Unter anderem ist durch Besichtigungen Folgendes zu prüfen:

- Schutz gegen elektrischen Schlag durch Abdeckungen und Umhüllungen (Basisschutz),
- Schutz gegen thermische Einflüsse,
- Vorhandensein von Brandschottungen und anderen Vorkehrungen gegen die Ausbreitung von Feuer,
- Auswahl der Kabel, Leitungen und Stromschienen nach Strombelastbarkeit und Spannungsfall,
- Auswahl und Einstellung von Schutz- und Überwachungseinrichtungen,
- Auswahl der Betriebsmittel unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse, beispielsweise der IP-Schutzart,
- Kennzeichnung der Neutral- und Schutzleiter sowie der Stromkreise, Sicherungen, Schalter und Klemmen,
- Vorhandensein und Vollständigkeit der Dokumentationen und Schaltungsunterlagen sowie
- ordnungsgemäße Ausführung aller elektrischen Verbindungen.

5 Erproben und Messen

Durch Erproben und Messen sind unter anderem folgende 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 Wänden,
- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung,
- Wirksamkeit der zusätzlichen Schutzmaßnahmen
- Polarität der Spannung,
- Drehfeldrichtung an 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.

5.1 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. Diese Bedingungen werden von handelsüblichen Geräten zur Prüfung 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 ①, in Abhängigkeit von Leiterquerschnitt, genannten Leiterwiderstandsbeläge in $m\Omega/m$, der Leiterlänge und der zu erwartenden Übergangswiderstände zu ermitteln.

Beispiel:

Bei einer Steckdosenzuleitung vom Typ NYY-J $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ mit einer Länge von 26 m sollte der Schutzleiterwiderstand unter Beachtung der Übergangswiderstände von je $0,1 \Omega$ folgenden Wert nicht überschreiten:

$$R_{PE} = 26 \text{ m} \times 7,57 \text{ m}\Omega/\text{m} + 2 \times 0,1 \Omega \leq 0,4 \Omega.$$

5.2 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 (Tabelle ②) bei SELV und PELV-Stromkreisen von $0,25 \text{ M}\Omega$ auf $0,5 \text{ M}\Omega$ und bei Stromkreisen bis 500 V von $0,5 \text{ M}\Omega$ auf $1,0 \text{ M}\Omega$. 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 Verbrauchsmittel erfolgen. Alle im Stromkreis enthaltenen Schalter sind für ein aussagekräftiges Ergebnis zu schließen.

In feuergefährdeten Betriebsstätten muss nach DIN VDE 0100-482 (VDE 0100-482) und VdS 2033 zusätzlich eine Messung zwischen den aktiven Leitern durchgeführt werden.

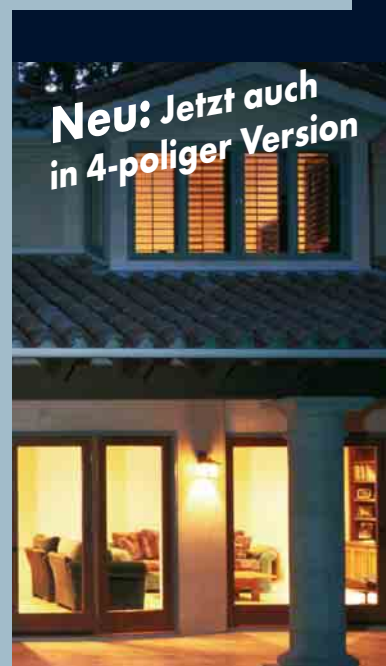
Durch eingebaute Überspannungs-Schutzeinrichtungen können Fehlmessungen auftreten. Wenn sich die Schutzeinrichtungen während der Messung nicht vom Messkreis trennen lassen, wie z. B. bei Steckdosen mit integriertem Überspannungsschutz, ist ausnahmsweise eine Reduzierung der Messgleichspannung auf 250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

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

Die Wirksamkeit der automatischen Abschaltung ist wie folgt nachzuweisen:

FI-Schutzschalter mit automatischer Wiedereinschaltung

Neu: Jetzt auch in 4-poliger Version



Die beste Investition für Ihre Sicherheit!

ReSTART: Die automatische Wiedereinschaltung der elektrischen Anlage – nach einer Fehlauslösung z.B. durch Überspannung.

ReSTART ist ein Fehlerstrom-Schutzschalter mit integrierter Überprüfungs- und Einschalteinheit. Höherer Komfort und größere Sicherheit: Damit Sie sicher sein können!



4-poliger ReSTART mit Autotest

GEWISS
DOMOTICS ENERGY LIGHTING

www.gewiss.de

- Messung der Fehlerschleifenimpedanz und Beurteilung der Messwerte unter Berücksichtigung der zulässigen Messabweichung. Auf die Messung kann verzichtet werden, wenn die elektrische Durchgängigkeit der Schutzleiter nachgewiesen wird und Berechnungen der Fehlerschleifenimpedanz vorliegen.

Bei automatischer Abschaltung durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) gelten die Anforderungen an die Fehlerschleifenimpedanz 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 sind zur Prüfung der Einhaltung der Abschaltbedingungen mit den gemessenen Kurzschlussströmen bzw. den Fehlerschleifenimpedanzen zu vergleichen.

- 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 Bestimmung der Abschaltzeit und 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 (siehe Prüfung der Durchgängigkeit der Schutzleiter).

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

Zusätzlich zu den Prüfungen im TN-System ist die Messung des Erdungswiderstandes R_A 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.

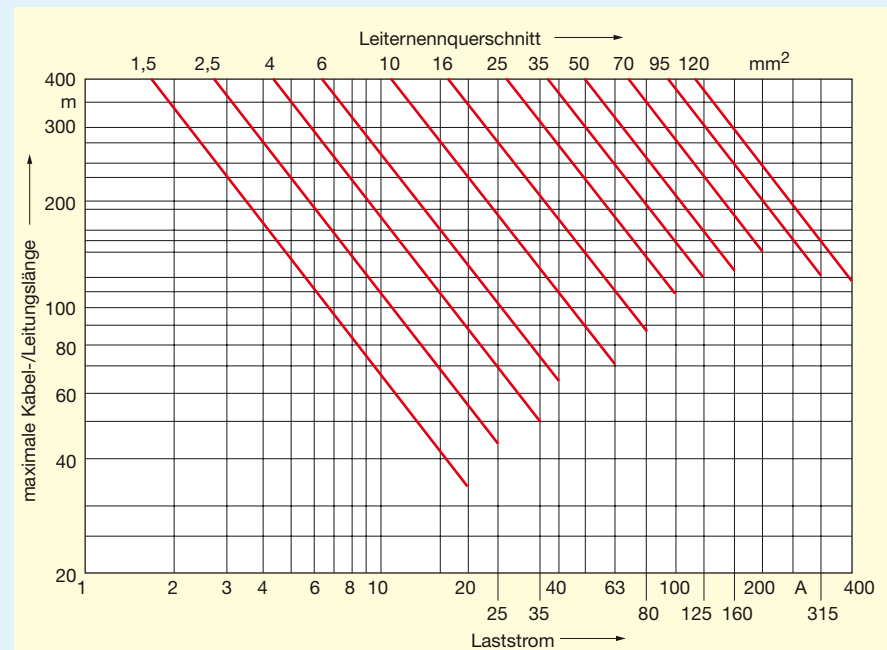
In Tabelle 3 sind die Erdungswiderstände für $U_L \leq 50$ V bei Verwendung von Fehlerstromschutzschaltern (RSD's) angegeben.

Tabelle 3 Maximaler Erdungswiderstand R_A für unterschiedliche Bemessungsdifferenzströme $I_{\Delta N}$ von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

$I_{\Delta N}$	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA
R_A	5000 Ω	1666 Ω	500 Ω	166 Ω	100 Ω

Tabelle 4 Auszug aus Tabelle NA.1 Abschaltbedingungen im TN-System

Niederspannungssicherungen der Betriebsklasse gG							Leitungsschutzschalter					
I_n A	I_a (5s) A	Z_S (5s) Ω	Z_S kor. Ω	I_a (0,4s) A	Z_S (0,4s) Ω	Z_S kor. Ω	$I_a = 5 I_n$ (Ch. B) A	Z_S Ω	Z_S kor. Ω	$I_a = 10 I_n$ (Ch. C) A	Z_S Ω	Z_S kor. Ω
10	47	4,89	3,26	82	2,8	1,85	50	4,6	3,07	100	2,3	1,53
16	65	3,54	2,36	107	2,15	1,42	80	2,88	1,92	160	1,44	0,96
20	85	2,71	1,81	145	1,59	1,06	100	2,3	1,53	200	1,15	0,77
25	110	2,09	1,39	180	1,28	0,85	125	1,84	1,23	250	0,92	0,61
32	-	-	-	-	-	-	160	1,44	0,96	320	0,72	0,48
35	173	1,33	0,89	295	0,78	0,52	-	-	-	-	-	-
63	320	0,72	0,48	550	0,42	0,28	315	0,73	0,49	630	0,36	0,24



1 Beispiel eines Diagramms zur Bestimmung des Spannungsfalls bei max. 4% (Anhang D) für Drehstromleitungen (für Wechselstromleitungen sind die Längen zu halbieren)
Quelle: BFE Oldenburg, ep

Es wird empfohlen, bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen die Einhaltung 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, die Wirksamkeit an einer Stelle nachzuweisen, wenn alle anderen Anlageteile mit dieser Messstelle sicher verbunden sind.

5.5 Messung des Erderwiderstandes

Die Messung des Erderwiderstandes mit einer Messbrücke und zwei weiteren Hilfs-erdern 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 der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) 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.

Der Vorteil bei diesem Verfahren liegt darin, dass ein Abklemmen der Erdungsanlage nicht erforderlich ist und somit nicht versehentlich die Schutzmaßnahme im TT-System während der Messung aufgehoben wird.

5.6 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 (Tabelle 4). Spannungsschwankungen, die während des Messvorganges auftreten, können zu erheblichen Abweichungen führen, so dass ggf. Mehrfachmessungen erforderlich sind.

Für die Beurteilung der Messwerte der Fehlerschleifenimpedanz ist der Anstieg der Leiterwiderstände bei steigender Leitertemperatur im Fehlerfall zu berücksichtigen. Die Anforderungen an die Abschaltbedingungen für die automatische Abschaltung im Fehlerfall, wie in DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 gefordert, werden als erfüllt angesehen, wenn der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz (Z_s) die folgende Bedingung erfüllt:

$$Z_s \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

U_0 = Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter

I_a = Abschaltstrom der Überstromschutz-einrichtung

Für die gängigsten Bemessungsströme von Überstromschutz-einrichtungen sind die korrigierten Grenzwerte für eine Nennspannung von 230 V in der Tabelle 4 dargestellt.

5.7 Prüfung des Spannungsfalls

Neu eingeführt wurde ein Verfahren zur Überprüfung des Spannungsfalls. Die Norm DIN VDE 0100-520 lässt einen maximalen Spannungsfall vom Übergabepunkt des Netzbetreibers bis zum Anschlusspunkt der Verbrauchsmittel von 4 % zu.

Die Bestimmung des Spannungsfalls kann durch Messung der Impedanz des Stromkrei-

ses oder durch Anwendung von Diagrammen wie in Bild 1 erfolgen.

6 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 geprüften Anlage sowie die Ergebnisse der Besichtigung, Erprobung und Messung enthalten.

Der Prüfbericht muss folgende Mindestangaben enthalten:

- **Allgemeine Angaben:**
Name und Anschrift des Auftraggebers und des Auftragnehmers, die Bezeichnung der Prüfprotokolle für die Dokumentation von Messwerten (Protokoll-Nr.), die Bezeichnung des Objekts (z. B. Anlage, Gebäude, Gebäudeteile, Verteiler, Stromkreise), die geprüften Stromkreise mit deren Bezeichnungen und zugehörigen Schutz-einrichtungen und die verwendeten Mess- und Prüfgeräte.
- **Bewertung der Prüfung:**
Alle bei dem Besichtigen, Erproben und Messen ermittelten Informationen sowie die Ergebnisse von Berechnungen müssen vom Prüfer bewertet werden. Diese Bewertung ist das Ergebnis der Prüfung. Das Ergebnis der Prüfung ist einschließlich der für die Bewertung relevanten Messwerte zu dokumentieren.
Bei der Bewertung sollten auch Messwerte, die die Normanforderungen erfüllen, aber auffällig von den zu erwarteten Werten abweichen, berücksichtigt werden. Eine Dokumentation aller einzelnen Messwerte ist nicht gefordert.
- **Prüfstelle, Prüfer, Prüfdatum und Unterschrift.**

Entsprechende Protokolle sind für Innungsmitglieder bei der Wirtschaftsförderungsgesellschaft der Elektrohandwerke mbH – WFE erhältlich.¹⁾

7 Fachwissen pflegen

Die durchzuführenden Messungen und insbesondere die Bewertung der Messergebnisse verlangen nach einer gut ausgebildeten Elektrofachkraft. Diese Aufgabe sollte deshalb nur dem Besten im Team anvertraut werden. Das vorhandene Fachwissen muss durch stetige Weiterbildungen auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten werden. ■

¹⁾ www.wfe-shop.de



Individuelle Lösungen

Ein komplettes System zur Versorgung mit Strom, Wasser und technischen Diensten. Ideal für Sporthäfen, auf Campingplätzen, für Parks und Gärten, sowie für öffentliche Plätze, Märkte und mobile Anwendungen, z.B. Wochenmärkte oder im Festzelt.

Das neue Prepaid-System ermöglicht durch einen Schlüssel mit Transpondertechnologie auch die Messung des Verbrauchs. Installation und Bedienung sind einfach und benutzerfreundlich.



Vielfältige Möglichkeiten

GEWISS
DOMOTICS ENERGY LIGHTING

www.gewiss.de