

# IT-Systeme

## – Herzstück einer zuverlässigen Stromversorgung



Die Vorteile moderner Fertigungs- und Prozessanlagen lassen sich nur dann nutzen, wenn auch die Stromversorgung zuverlässig verfügbar ist. Unerwartete Isolationsfehler in der Anlage können zu ungewollten Versorgungsausfällen führen. Schon bei der Auswahl des Stromversorgungssystems und der dazugehörigen Schutz- und Überwachungseinrichtungen kann die Basis für einen hochwertigen Personen- und Sachwertschutz sowie einen störungsfreien Betrieb gelegt werden.

### Elektrische Sicherheit in der Stromversorgung

Eine störungsarme und zuverlässige Elektroinstallation, die eine hohe Personen-, Betriebs- und Anlagensicherheit gewährleistet, ist das primäre Ziel aller Anlagenverantwortlichen in Industrieanlagen, Krankenhäusern und Bürogebäuden. Das Konzept für die elektrische Installation muss deshalb

- die Sicherheit von Personen und Anlagen berücksichtigen,
- die Betriebskontinuität verbessern und
- zur Leistungsfähigkeit der Anlage beitragen.

Dazu können optimal ausgewählte Stromversorgungen und die dazugehörigen Schutz- und Überwachungseinrichtungen:

- Mensch und Anlage umfassend vor Gefährdungen durch elektrischen Strom schützen,
- sofortige Meldung und Reaktion auf kritische Anlagen- und Betriebszustände geben,
- Instandhaltungs-, Wartungs- und Ausfallkosten reduzieren,
- Betriebsunterbrechungen vermeiden oder minimieren,
- Anlagendaten nach eigenen Bedürfnissen managen.





▶▶▶ **Stromversorgungssystem  
richtig auswählen**

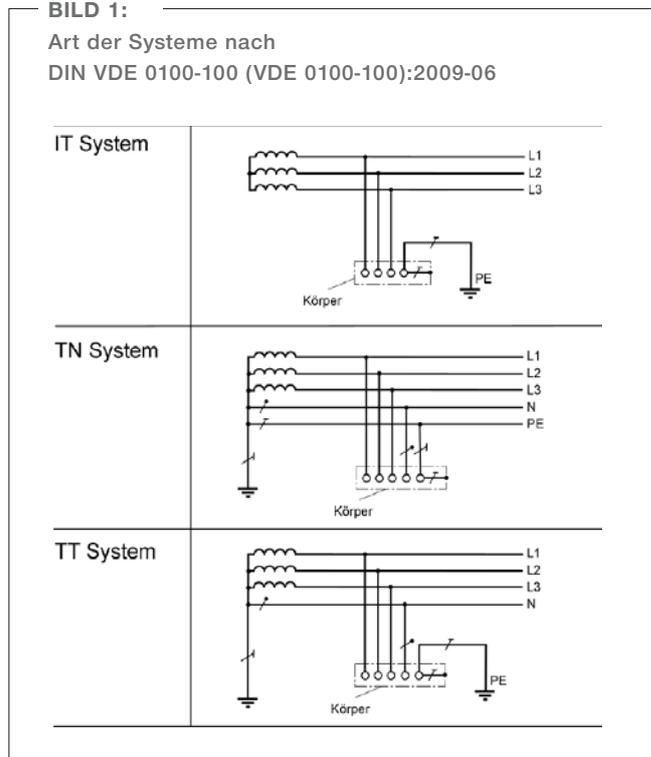
Die gemeinsamen Anforderungen für die Anlagen- und Betriebssicherheit sind in der DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03 definiert. Für die Auswahl des geeigneten Stromversorgungssystems und der dazugehörigen Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 sind folgende Aspekte von wesentlicher Bedeutung:

- Wahrscheinlichkeit von Isolationsfehlern,
- Basisschutz und Fehlerschutz,
- Kontinuität der Stromversorgung,
- technische und wirtschaftliche Möglichkeiten,
- vorliegende Erfahrungswerte.

Der Aufbau der Stromversorgungssysteme und deren Erdverbindung ist in DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06 näher beschrieben. Die drei Hauptformen dabei sind TN-System, TT-System und IT-System. In TN-Systemen ist ein Punkt direkt geerdet; die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden. In TT-Systemen ist ebenfalls ein Punkt direkt geerdet; die Körper der elektrischen Anlage sind mit Erden verbunden, die elektrisch vom Erder für die Erdung des Systems unabhängig sind. In IT-Systemen (nicht zu verwechseln mit IT-Informationstechnologie) sind alle aktiven Teile entweder gegen Erde isoliert oder über Impedanz mit Erde verbunden. Die Körper der elektrischen Anlage sind entweder einzeln oder gemeinsam geerdet.

Um einen ausreichenden Personen- und Anlagenschutz zu gewährleisten, ist immer eine Koordination der Erdverbindung und der Eigenschaften von Schutzleitern in Verbindung mit der Art des Systems erforderlich. Die zulässigen Schutzmaßnahmen sind in der DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 definiert. Für die geerdeten Systemen (TN-, TT-Systeme) sind dabei

**BILD 1:**  
Art der Systeme nach  
DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06



Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) und Überstrom-Schutzeinrichtungen (z. B. LS-Schalter) die gebräuchlichsten Schutzeinrichtungen, während im IT-System ergänzend der Einsatz von Isolationsüberwachungseinrichtungen (IMDs) normativ gefordert wird.

Grundsätzlich ist in elektrischen Anlagen dem Personenschutz höchste Priorität einzuräumen. Jedoch wird die Beherrschung der Gefahr der





ISOMETER® IsoPV425

▶▶▶ Nichtverfügbarkeit elektrischer Energie immer wichtiger. Wenn eine Anlage durch einen Isolationsfehler unerwartet abgeschaltet wird, ergeben sich weitere Aspekte, die berücksichtigt werden sollten:

**Gefährdung von Personen, z. B. durch:**

- plötzlichen Ausfall der Beleuchtung,
- Abschalten von Betriebsmitteln, die für die Betriebssicherheit erforderlich sind.

**Wirtschaftliche Gefahren, z. B. durch:**

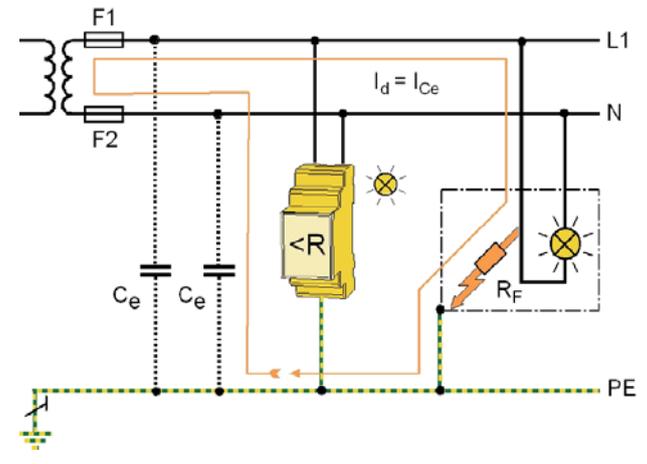
- hohe Kosten infolge eines Produktionsausfalles, insbesondere in Bereichen, in denen ein Wiederanfahren langwierig und teuer ist,
- Datenverluste im EDV-Bereich,
- einen erhöhten Kostenaufwand durch Störungen und Zerstörungen in Anlagen oder Verbrauchern.

Darüber hinaus können empfindliche Verbraucher durch hohe Fehlerströme gestört werden. Bei Abschaltungen kann es durch Überspannungen und/oder durch elektromagnetische Einflüsse zu Funktionsstörungen oder sogar Beschädigungen empfindlicher Geräte kommen. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Stromversorgung ist deshalb insbesondere das Verhalten der Stromversorgung bei einem ersten Isolationsfehler von Interesse.

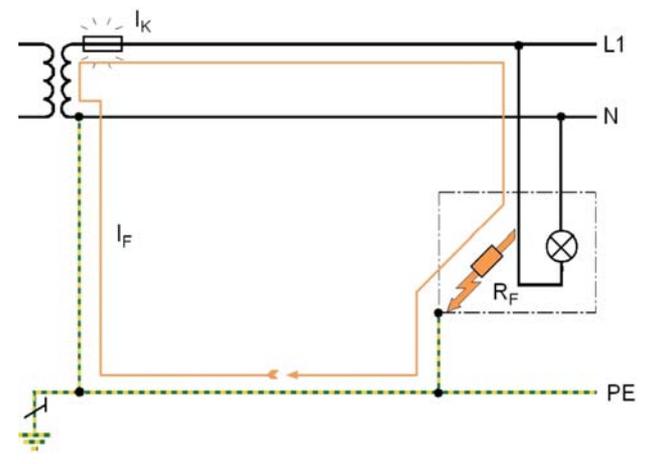
**Vergleich zwischen geerdeten und ungeerdeten Stromversorgungen**

Ungeerdete IT-Systeme werden entweder von einem Transformator oder von einer unabhängigen Stromquelle gespeist (z. B. Batterie, Generator, usw.). Die Besonderheit dieser Systeme liegt darin, dass kein aktiver Leiter direkt mit Erde verbunden ist. Im Falle eines Körper- oder Erdschlusses kann kein Kurzschlussstrom fließen, wie bei den geerdeten Systemen, sondern es wird sich infolge des fehlenden Rückschlusses für den Strom nur ein geringer Fehlerstrom ergeben, dessen Größe durch die Isolationswiderstände  $R_F$  und die Kapazität  $C_e$  der Leiter gegen Erde bedingt ist. Der Unterschied zwischen dem geerdeten und dem ungeerdeten System im Fehlerfall wird durch den Vergleich der Bilder 2 und 3 deutlich.

**BILD 2:**  
IT-System mit Isolationsüberwachung  
(IMD = Insulation Monitoring Device)



**BILD 3:**  
TN-System mit Isolationsfehler  $R_F$



Beim Auftreten eines direkten Erdschlusses  $R_F$  fließt im geerdeten System (TN-/TT-System) ein Erdschlussstrom  $I_F$ , der dem Kurzschlussstrom  $I_k$  entspricht. Die vorgeschaltete Sicherung spricht an und es kommt zur Betriebsunterbrechung (Bild 3). Im Gegensatz dazu das ungeerdete IT-System. Hier ist leicht zu erkennen, dass bei einem Isolationsfehler  $0 \leq R_F \leq \infty$  lediglich der meist sehr kleine, kapazitive Strom über die Leitungskapazitäten  $C_e$  fließt. Die vorgeschaltete Sicherung spricht dann nicht an, so dass auch die Spannungsversorgung bei einpoligem Erdschluss sichergestellt ist (Bild 2).



**IT-SYSTEME – HERZSTÜCK**  
**EINER ZUVERLÄSSIGEN STROMVERSORUNG**

▶▶▶ In Bezug auf die Versorgungssicherheit bietet also das IT-System die meisten Vorteile. Aus diesem Grund wird es auch in vielen Bereichen, wo ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit und Sicherheit in der Stromversorgung erforderlich ist, eingesetzt. Beispielsweise sind dies Steuerstromkreise nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06, Stromversorgungen für medizinisch genutzte Bereiche nach DIN VDE 0100-710 (VDE 0100-710):2002-11, mobile Stromerzeuger nach DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):2010-10. Aber auch in anderen Bereichen, wie Elektrofahrzeugen, Fotovoltaikanlagen, Industrieanlagen mit geregelten Antrieben, komplexen Fertigungsanlagen, EDV-Anlagen finden IT-Systeme mit Isolationsüberwachung immer mehr Verbreitung, da ein unerwarteter Ausfall der Stromversorgung unter anderem auch eine enorme finanzielle Belastung darstellen kann.

Beim Betreiben eines IT-Systems ist beim ersten Isolationsfehler zu beachten, dass dabei aus dem ursprünglich ungeerdeten System (IT-System) ein dem geerdeten System (TN- oder TT-System) vergleichbares Netz geworden ist und ein zweiter Isolationsfehler zum Ansprechen des Kurzschlusschutzes und damit zur Abschaltung führen kann. Erfahrungswerte belegen jedoch eindeutig, dass der einpolige Fehler (erster Isolationsfehler) die wahrscheinlichste Fehlerart ist (> 90 %) und Gefährdungssituationen durch einen zweiten Isolationsfehler als eher unwahrscheinlich gelten. Trotzdem empfiehlt DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410): 2007-06 eine zeitnahe Beseitigung des Isolationsfehlers nach dessen Auftreten.

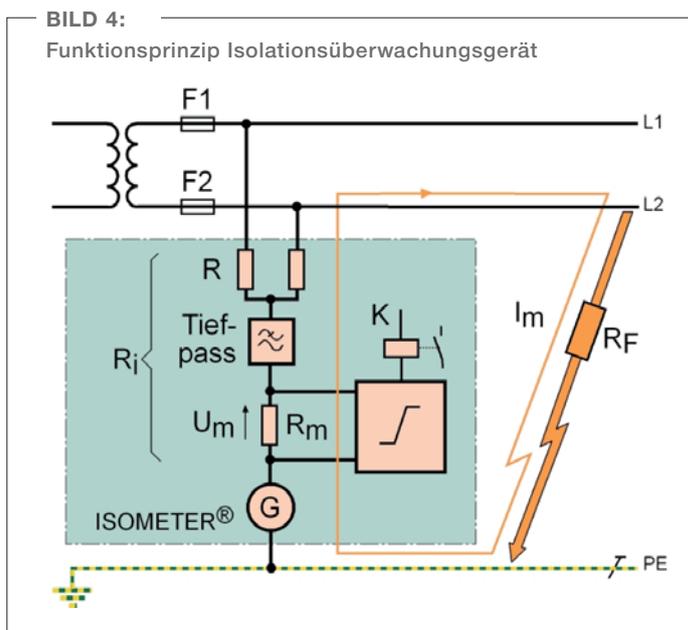
**Informationsvorsprung durch Isolationsüberwachung**

Nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 ist ein IT-System immer mit einem Isolationsüberwachungsgerät auszurüsten. Das Isolationsüberwachungsgerät wird zwischen den aktiven Netzleitern und Erde angeschlossen und überlagert dem Netz eine Messgleichspannung.



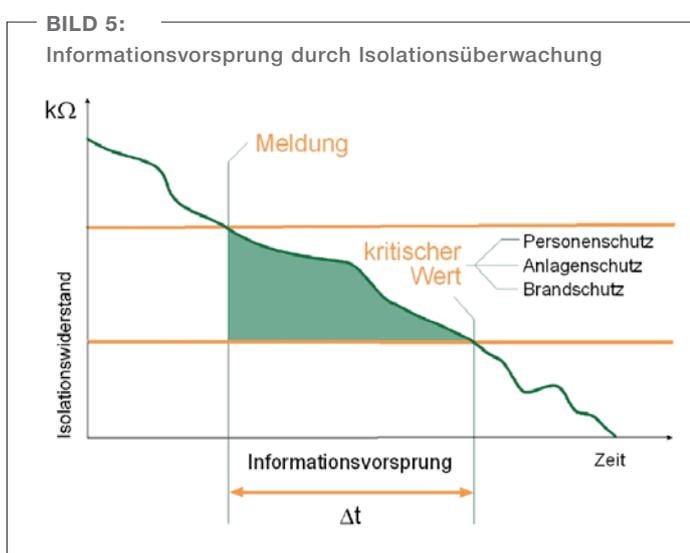
ISOMETER® IRDH275

Beim Auftreten eines Isolationsfehlers schließt sich der Messkreis zwischen Netz und Erde über dem Isolationsfehler  $R_F$ , so dass sich ein dem Isolationsfehler proportionaler Messgleichstrom  $I_m$  einstellt. Dieser Messgleichstrom  $I_m$  verursacht am Messwiderstand  $R_m$  einen entsprechenden Spannungsfall, der von der Elektronik ausgewertet wird. Überschreitet dieser Spannungsfall einen bestimmten Wert, was dem Unterschreiten eines bestimmten Isolationswiderstandes gleichkommt, erfolgt eine Meldung über Melde-LEDs und Meldekontakte. Die im Netz vorhandenen, kleinen Netzableitkapazitäten  $C_e$  werden lediglich auf die Messgleichspannung aufgeladen und beeinflussen die Messung nach einem kurzen Einschwingvorgang nicht. (Bild 4). Die detaillierten





►►► Anforderungen an das Isolationsüberwachungsgerät sind in der DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2007-12 enthalten. Durch das Isolationsüberwachungsgerät erhält der Anlagenbetreiber den notwendigen Informationsvorsprung, um rechtzeitige und geplante Instandhaltungsmaßnahmen einzuleiten (Bild 5).

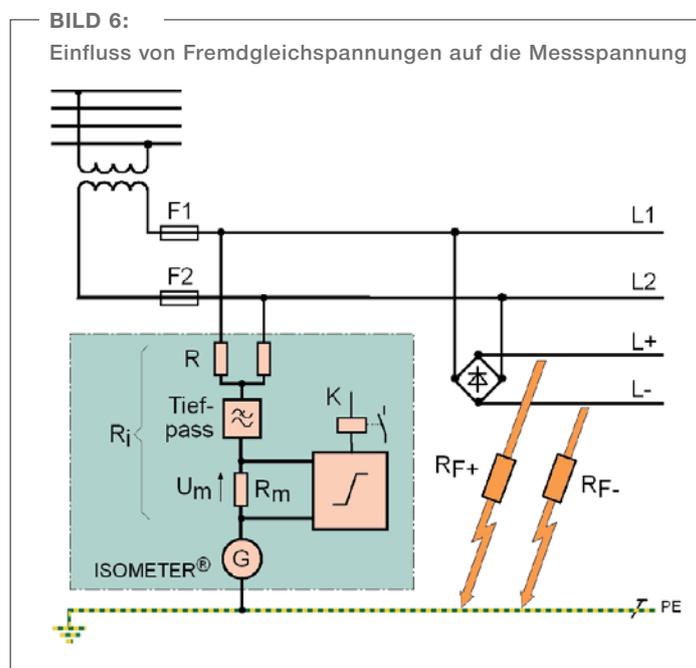


### Moderne Messverfahren für moderne Verbraucher

Das zuvor beschriebene Messverfahren ist dann sinnvoll, wenn es sich bei den angeschlossenen Verbrauchern ausschließlich um reine Wechselspannungsverbraucher handelt. Standard sind heute jedoch geregelte Antriebe oder Verbraucher mit Schaltnetzteilen (z. B. PCs, elektronische Vorschaltgeräte). Diese bieten einerseits die Vorteile von kleiner Verlustleistung, kleinere Abmessungen und geringeres Gewicht, sind aber andererseits durch die von Schaltnetzteilen erzeugten Oberschwingungen und möglichen Gleichstrombeeinflussungen zum Problem geworden. Die Gleichstromkomponenten lösen bei Isolationsüberwachungsgeräten mit dem Messverfahren der überlagerten Messgleichspannung

Falschmeldungen aus. Grund dafür ist, dass im Fehlerfall diese Fremdgleichspannungen zusätzlich zur Messgleichspannung auftreten und so entweder zu einem höheren Messstrom und damit zu einer erhöhten Ansprechempfindlichkeit, oder zu einem niedrigeren Messstrom und damit zum Nichtauslösen führen (Bild 6).

Eine weitere Störgröße für Isolationsüberwachungsgeräte mit Messgleichspannung sind Netzableitkapazitäten, die häufig in Form von Entstörfiltern (EMV) zwischen Netz und Erde vorhanden sind. Beim Einschalten des IT-Systems stellen diese Kapazitäten für die Messgleichspannung eine niederohmige Verbindung zur Erde dar, so dass kurzzeitig ein hoher Messgleichstrom (Ladestrom für  $C_e$ ) zum Fließen kommt und demzufolge eine Meldung durch das Isolationsüberwachungsgerät erfolgt.





Isolationsfehlersuchgerät EDS460

Um die Beeinflussungen der Isolationsmessung durch Fremdgleichspannungen und Netzableitkapazitäten zu eliminieren, arbeiten moderne Isolationsüberwachungsgeräte mit einer getakteten Messspannung. Auf Netzableitkapazitäten reagiert dieses Messverfahren mit variablen Taktzeiten, wodurch die Ladekurve von  $C_e$  entsprechend berücksichtigt wird. Die Höhe der Fremdgleichspannung wird innerhalb eines Messzyklus bestimmt und kann bei der Erfassung des Isolationswiderstandes entsprechend berücksichtigt werden. In der Praxis bedeutet dies, dass sowohl Fremdgleichspannungen als auch hohe Netzableitkapazitäten das Isolationsüberwachungsgerät bzw. das Messergebnis nicht mehr negativ beeinflussen. Somit ist eine präzise Bestimmung des Isolationswiderstandes möglich.

Ein Hinweis: Sogenannte Erdschlussrelais, die zur Auswertung eines Isolationsfehlers die Verlagerungsspannung messen, gelten nicht als Isolationsüberwachungsgerät im Sinne der DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2007-12.

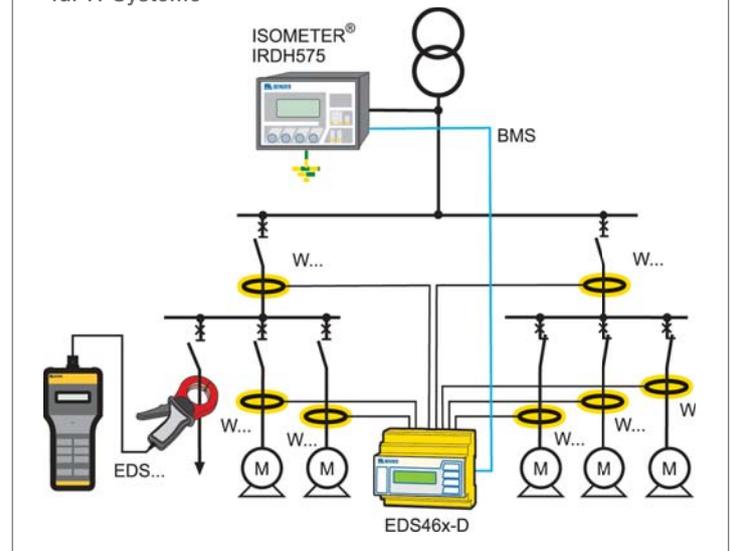
## Einrichtungen zur Isolationfehlersuche EDS

In komplexen Anlagen, d. h. in Anlagen mit weit verzweigten Stromversorgungen, kann die Isolationsfehlersuche durchaus hohen Personal- und Zeitaufwand bedeuten. Dies kann minimiert werden mit dem Einsatz von Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche nach DIN EN 61557-9.

Diese Einrichtungen suchen Isolationsfehler automatisch während des Betriebes und zeigen den fehlerbehafteten Abgang über LCD oder andere Visualisierungen an. Der Anlagenbetreiber muss den Betrieb nicht unterbrechen und der Fehlerort einzelner Isolationsfehler wird präzise angezeigt. (Bild 7)

## IT-SYSTEME – HERZSTÜCK EINER ZUVERLÄSSIGEN STROMVERSORUNG

**BILD 7:**  
Prinzipieller Aufbau einer Einrichtung zur Isolationsfehlersuche für IT-Systeme



## ZUSAMMENFASSUNG

Komplexe Fertigungs- und Prozessanlagen stellen heute hohe Anforderungen an die Stromversorgung, denn bereits ein kurzer Stromausfall kann zu Stillstandszeiten und hohen Kosten führen. Mit der Anwendung von IT-Systemen mit Isolationsüberwachung steht aber eine Technik zur Verfügung, um diesem Problem wirksam und effektiv entgegenzutreten.

### AUTOREN:

Dipl.-Ing. Harald Sellner  
Abt. T-N  
Bender GmbH & Co.KG

Dipl.-Ing. Wolfgang Hofheinz  
Vorsitzender der DKE



## LITERATURHINWEISE:

### Wolfgang Hofheinz:

Schutztechnik mit Isolationsüberwachung, VDE-Schriftenreihe 114,  
2. Auflage 2007, VDE-Verlag GmbH, Berlin - Offenbach

#### **DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2007-12**

„Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V  
– Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen  
– Teil 8: Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme

#### **DIN EN 61557-9 (VDE 0413-9):2009-11**

„Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V  
– Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen  
– Teil 9: Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche in IT-Systemen

#### **DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06**

„Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag

#### **DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06, A1:2009, Berichtigungen:2010**

Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen -  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen

#### **DIN VDE 0100-551 (VDE 0100- 551):1997-08**

Elektrische Anlagen von Gebäuden -Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel;  
Kapitel 55: Andere Betriebsmittel; Hauptabschnitt 551: Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen

#### **DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03**

Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel

#### **DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06**

Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe

**BEZUGSQUELLEN:** [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de); [www.beuth.de](http://www.beuth.de); [www.lr.org](http://www.lr.org); [www.dnv.com](http://www.dnv.com); [www.imo.org](http://www.imo.org)