

Ungeerdete Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen als IT-Systeme

Wolfgang Hofheinz

Besonders wenn mobile Ersatzstromerzeuger die Versorgungssicherheit sicherstellen sollen, werden die Generatoren mit den angeschlossenen Betriebsmitteln als ungeerdetes IT-System betrieben. Das überzeugendste Argument dafür ist die Versorgungssicherheit im Fall eines ersten Isolationsfehlers. Auch die niedrige zu erwartende Berührungsspannung im Fall eines ersten Isolationsfehlers ist ein begründeter Vorteil des IT-Systems. Der zulässige höhere Erdungswiderstand der elektrischen Anlage hat unter besonderen Einsatzfällen eine besondere Bedeutung.

Bereits in der Z VDE 0100:1973-05 [1] wurde im §11 auf die Anwendung der Ersatzstromversorgung in begrenzten Anlagen mit „Schutzleitungssystem“, vergleichbar mit den heutigen IT-Systemen, hingewiesen. Auch die Zulässigkeit von höheren Erdungswiderständen hat sich bis heute im Normenwerk erhalten.

Aufbau einer Ersatzstromversorgung als IT-System – Grundsätzlicher Aufbau von IT-Systemen

In IT-Stromversorgungssystemen müssen die aktiven Teile entweder gegen Erde isoliert (wie in Deutschland üblich) oder über eine ausreichend hohe Impedanz geerdet werden. Im IT-System ist der Fehlerstrom beim Auftreten eines ersten Körper- oder Erdschlusses niedrig und eine Abschaltung nicht erforderlich. Ein Isolationsüberwachungsgerät erkennt und meldet den ersten Isolationsfehler, aber es erfolgt keine Abschaltung, sodass ein Weiterbetrieb möglich ist. Es müssen jedoch Maßnahmen getroffen werden, um beim Auftreten eines zweiten Isolationsfehlers an einem anderen Leiter das Risiko der gefährlichen physiologischen Einwirkung auf Personen durch Berührungsspannungen, die in Verbindung mit

Es müssen die Bedingungen für die Abschaltung der Stromversorgung im Fall von zwei Fehlern mit vernachlässigbarer Impedanz an jeweils unterschiedlichen aktiven Leitern erfüllt werden. Dafür gilt die Gl. 1:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}, \text{ mit} \quad (1)$$

U Nennwechselspannung

Z_s Impedanz der Fehlerleihe

I_a Strom für die Abschaltzeit $\leq 0,4$ s

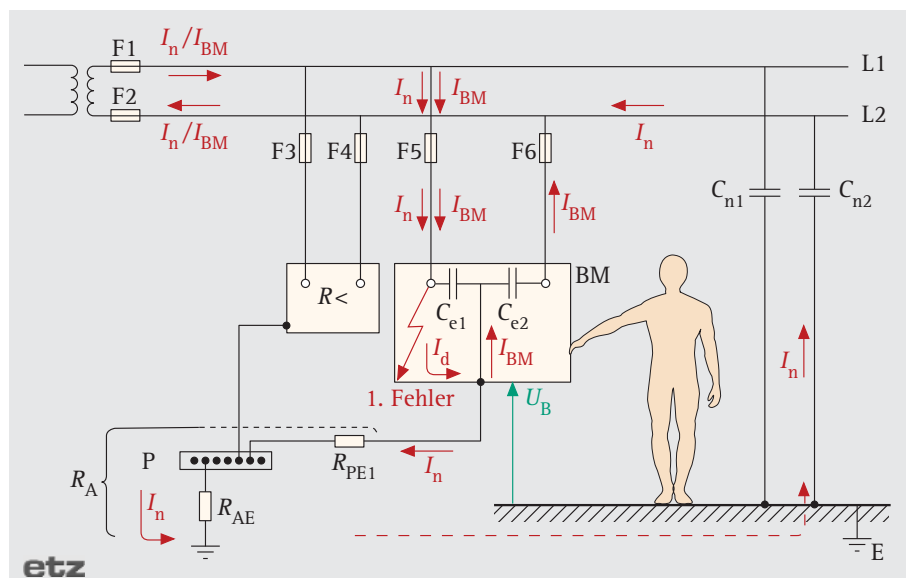


Bild 1. Fehlerstrom und Berührungsspannung beim ersten Isolationsfehler

gleichzeitig berührbaren Teilen stehen, zu vermeiden.

Abschaltbedingungen in IT-Systemen

IT-Systeme können unterschiedlich aufgebaut werden. In diesem Beitrag wird jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit nur auf eine besonders übliche Aufbauweise eingegangen. Diese ist wie folgt gekennzeichnet:

- Einphasen-Wechselstrom-IT-System 230 V,
- die Körper der angeschlossenen Betriebsmittel sind in ihrer Gesamtheit geerdet,
- eine Isolationsüberwachung muss vorgesehen werden,
- der zusätzliche Schutzpotentialausgleich ist nicht installiert.

Nach Auftreten eines ersten Isolationsfehlers (Bild 1) wird keine Abschaltung der elektrischen Anlage gefordert, da, sofern die Bedingung $R_A \cdot I_d \leq 50$ V erfüllt ist, keine gefährliche Berührungsspannung auftreten kann. Dabei ist R_A die Summe der Widerstände des Erders sowie des Schutzleiters der Körper und I_d ist der Fehlerstrom im Fall des ersten Fehlers mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen Außenleiter und einem Körper.

In der Anmerkung 2 der DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 [2] zu Abschnitt 411.6.3.1 wird empfohlen, den ersten Isolationsfehler so schnell wie praktisch möglich zu beseitigen. Diese Empfehlung dient in erster Linie der Betriebssicherheit und nicht dem Schutz gegen elektrischen Schlag, da der zweite Isolationsfehler zur Abschaltung führen muss.

Dipl.-Ing. Wolfgang Hofheinz ist Geschäftsführer der Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co. KG in Grünberg (Hess) und u. a. Convenor der Working Group 8 des TC85 der IEC sowie Obmann des UK 964 und UK 964.1 der DKE.



E-Mail: wolfgang.hofheinz@bender-de.com



Für die Abschaltung des o. g. IT-Systems gelten im Fall eines zweiten Isolationsfehlers die Bedingungen des TN-Systems. Da die Impedanz der Fehler-schleife aufgrund von Fehlern in zwei Stromkreisen doppelt so groß sein kann, berücksichtigt man dies in den Abschaltbedingungen dadurch, dass man vereinfacht einen Stromkreis betrachtet und dann den Schleifenwiderstand verdoppelt, daher die „2“ in der Gl. 1.

Der zweite Isolationsfehler in IT-Systemen

Im Gegensatz zu den TN- und TT-Systemen, bei denen ein zweiter Isolationsfehler im Normenwerk nicht berücksichtigt wird, da bereits der erste Fehler zur Abschaltung führt, ist dies jedoch in IT-Systemen zu berücksichtigen. Da aus dem IT-System durch den ersten Isolationsfehler ein den TN- oder TT-Systemen vergleichbares Netz wird, werden die Überstrom-Schutzeinrichtungen eingesetzt, um bei einem Auftreten eines zweiten Isolationsfehlers die Abschaltung zu bewirken.

Berührungsspannungen in IT-Systemen

Die folgenden Berechnungen und Betrachtungen zeigen die Berührungsspannung in einem IT-System, nachdem ein erster Isolationsfehler aufgetreten ist. Dieses IT-System ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der in Deutschland üblichen Art der Installation nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), Abschnitt 411.6.2 dargestellt, indem alle Körper gemeinsam geerdet werden (Bild 1).

Naturgemäß stellt sich der Fehlerstrom I_d unter Berücksichtigung von Trenntransformator-, Kabel- und Leitungskapazitäten komplexer dar. Die natürlichen Netzableitkapazitäten C_n , die Werte von Schutzleiterwiderstand R_{PE} und Erdungswiderstand R_{AE} bestimmen die Höhe der Berührungsspannung U_B . In diesem Beitrag ist die Berührungsspannung als die Spannung definiert, welche sich

einstellt, wenn ein Mensch ($1\text{ k}\Omega$) auf dem Boden stehend ein defektes (erdschlussbehaftetes) Betriebsmittel der Schutzklasse I (SK I) leitend berührt.

Die natürlichen Netzableitkapazitäten C_{n1} und C_{n2} sind der Anteil der Gesamtkapazität, der sich durch den natürlichen (geometrischen) Aufbau der Leitungsanlage eines IT-Systems nach Erde ergibt.

Bild 1 macht jedoch auch deutlich, dass der Fehlerstrom I_d keine Aussage über die mögliche Berührungsspannung zwischen Fußboden bzw. Erde und einem erdschlussbehafteten Betriebsmittel der Schutzklasse I liefert. Vielmehr bildet der Stromkreis über den Schutzleiterwiderstand R_{PE} , den Erdungswiderstand R_{AE} und die natürlichen Netzableitkapazitäten C_{n1}

bzw. C_{n2} zum Fußboden/Erde den Fehlerstromkreis. Der Spannungsfall an R_{PE} und R_{AE} ist die Spannung, die an einem Menschen im Berührungsfall ansteht.

Unter Zugrundelegung der gemessenen Erdungswiderstände und des berechneten Schutzleiterwiderstands R_{PE} kann die zu erwartende Berührungsspannung U_B in der Kurvenschar von Bild 2 abgelesen werden.

Im fehlerfreien IT-System zeigt das Isolationsüberwachungsgerät $R_{<}$, welches der DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2008-01 [3] entsprechen sollte, die Summe aller Isolationswiderstände vom Trenntransformator über die Leitungen, einschließlich der angeschlossenen und in Betrieb befindlichen elektrischen Geräte an. Moderne Isolationsüberwachungsgeräte können zusätzlich die Kabel- und Leitungskapazitäten anzeigen (Bild 3). Die Berührungsspannung in der oben beschriebenen Konstellation wird entsprechend Bild 1 ermittelt und zwischen einer befeuchteten Metallplatte auf dem Fußboden und dem Gehäuse des Betriebsmittels, bei einem künstlich erzeugten Isolationsfehler, gemessen (Bild 4).

Der Schutzleiterwiderstand R_{PE} wird durch die Kabellänge ermittelt. Der Erdungswiderstand der Anlage R_{AE} ist messtechnisch mit Geräten, z. B. nach DIN EN 61557-5 (VDE 0413-5):2008-01 festzustellen.

Erdungswiderstand und Fehlerstrom beim ersten Fehler in IT-Systemen

Nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06, Abschnitt 411.6.2 müssen in IT-Systemen die Körper der Betriebsmittel einzeln, gruppenweise oder gemeinsam geerdet sein. In Wechselstromsystemen muss die Bedingung $R_A \cdot I_d \leq 50$ V und in Gleichstromsystemen muss die Bedingung $R_A \cdot I_d \leq 120$ V erfüllt sein. Dabei ist R_A die Summe der Widerstände in Ohm des Erders sowie des Schutzleiters

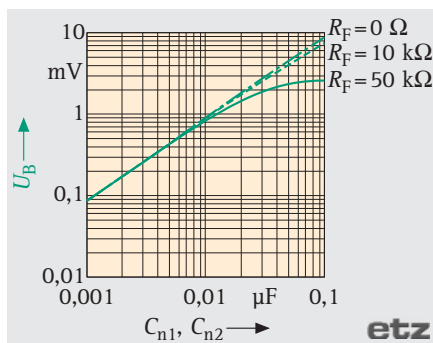


Bild 2. Berechnete Berührungsspannungen in IT-Systemen bei einem ersten Isolationsfehler



Bild 3. Das Isolationsüberwachungsgerät vom Typ IR423 [4]

zum jeweiligen Körper (Bild 1) und I_d der Fehlerstrom in Ampere beim ersten Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außenleiter und einem Körper. Der Wert von I_d berücksichtigt die Ableitströme und die Gesamtimpedanz der elektrischen Anlage gegen Erde. Diese Bedingung lässt unterschiedliche Werte der beiden Parameter Erdungswiderstand und Fehlerstrom zu, die im Bild 5 dargestellt sind.

Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen nach DIN VDE 0100-551

Die DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08 [6] gilt für Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen für eine dauernde oder zeitweilige Stromversorgung. Die Ausführungen in diesem Beitrag beziehen sich im Wesentlichen auf Stromversorgungsanlagen mit Verbrennungsmotoren als Energiequelle. Betrachtet werden Stromversorgungsanlagen für zeitweilig errichtete Anlagen und Stromversorgungsanlagen für die Stromversorgung für ortsveränderliche Betriebsmittel, die an nicht dauerhaft errichteten Anlagen angeschlossen sind.

Für die Anlage ist der Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) vorzusehen. Der Schutz durch automatische Abschaltung ist in DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 beschrieben. Wenn die Anlage als IT-System betrieben wird gilt Abschnitt 411.6. Bei IT-Systemen ist jedoch die Abschaltung bei Auftreten des ersten Isolationsfehlers üblicherweise nicht gefordert.

Bei transportablen Stromerzeugungsanlagen und solchen, die für den zeitweiligen Einsatz oder Kurzzeiteinsatz vorgesehen sind, muss man zwischen getrennt angeordneten Betriebsmitteln Schutzleiter installieren, die mit den Anforderungen nach IEC 60364-5-54:2002-06 [7] bzw. DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06 [8] übereinstimmen. Außerdem ist auch für den Betrieb in IT-Systemen eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom von höchstens 30 mA einzubauen, um eine Abschaltung zu bewirken. In IT-Systemen muss diese jedoch nur abschalten, wenn sich einer der Erdschlüsse in einem Teil des Systems auf der Speise-seite der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) befindet.

Aufgrund der Unwägbarkeiten der Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) in IT-Systemen sind deren Anwendung nicht vorteilhaft und daher sind in DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08 im Anhang ZB ergänzende Anforderungen zu Abschnitt 551.4.4.2 eingebracht:

„Wenn im IT-System das RCD nicht wirksam werden kann, darf auf eine Isolationsüberwachungseinrichtung und auf die Abschaltung im Fall von zwei Fehlern verzichtet werden, wenn die beiden folgenden Anforderungen erfüllt werden:



Bild 4. Ermittlung von Ableitstrom und Erdungswiderstand an einem Ersatzstromerzeuger

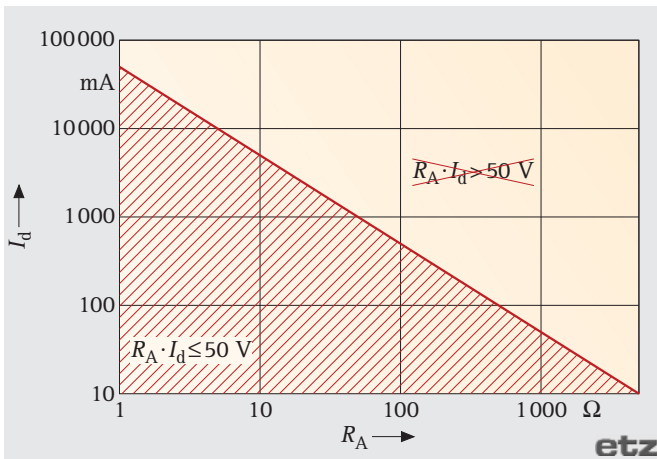


Bild 5. Erdungswiderstand R_A und Fehlerstrom I_d als Variable

- a) Im IT-System müssen alle Körper durch eine Schutzleiter miteinander verbunden sein. Ein Erdungswiderstand $R_A \leq 100 \Omega$ ist ausreichend.
- b) Im IT-System muss bei zwei Fehlern an beliebigen Stellen die Spannung zwischen den Klemmen der aktiven Leiter der Stromerzeugungsanlage auf $\leq 50 \text{ V}$ sinken.“

2007-06, Abschnitt 411.6.2 sind einzuhalten.

Wenn nicht sichergestellt ist, dass die Schutzmaßnahme „Schutz durch Abschaltung im zweiten Fehler“ wirksam wird, ist gemäß den ergänzenden Anforderungen zu DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08, Abschnitt 551.7 c) ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich

Werden jedoch beide oder auch nur eine Forderung von DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08, Abschnitt 551.4.4.2 nicht eingehalten, darf auf die Isolationsüberwachungseinrichtung nicht verzichtet werden. Eine Erdung der Stromerzeugungsanlage ist jedoch erforderlich und die Bedingungen von DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):

oder eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für jedes Verbrauchsmittel vorzusehen.

Anwendung der Schutztrennung

Bei der Anwendung der Schutztrennung zum Schutz gegen elektrischen Schlag hat Deutschland ergänzende Anforderungen in der DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08, Anhang ZB und Abschnitt 551.4.4.2: Wenn Schutztrennung angewendet wird, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- „a) Sofern die Stromerzeugungsanlage nicht als Betriebsmittel der Schutzklasse II oder mit gleichwertiger Isolierung ausgeführt ist, muss sein Körper mit dem ungeerdeten Schutzpotentialausgleichsleiter verbunden sein.
- b) Werden mehrere Verbrauchsmittel an eine Stromerzeugungsanlage angeschlossen, muss entweder Aufzählung 1) oder Aufzählung 2) erfüllt sein:
- 1) Beim Sinken des Isolationswiderstands zwischen aktiven Teilen und dem ungeerdeten Schutzpotentialausgleichsleiter

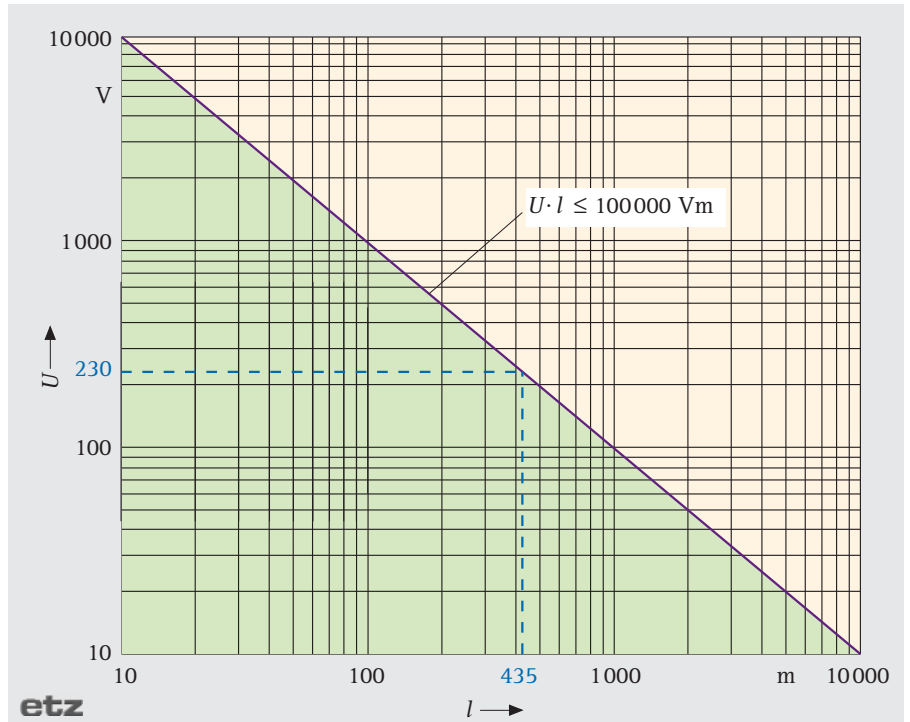


Bild 6. Zulässige Kabel- oder Leitungslänge in Abhängigkeit der Netznominalspannung

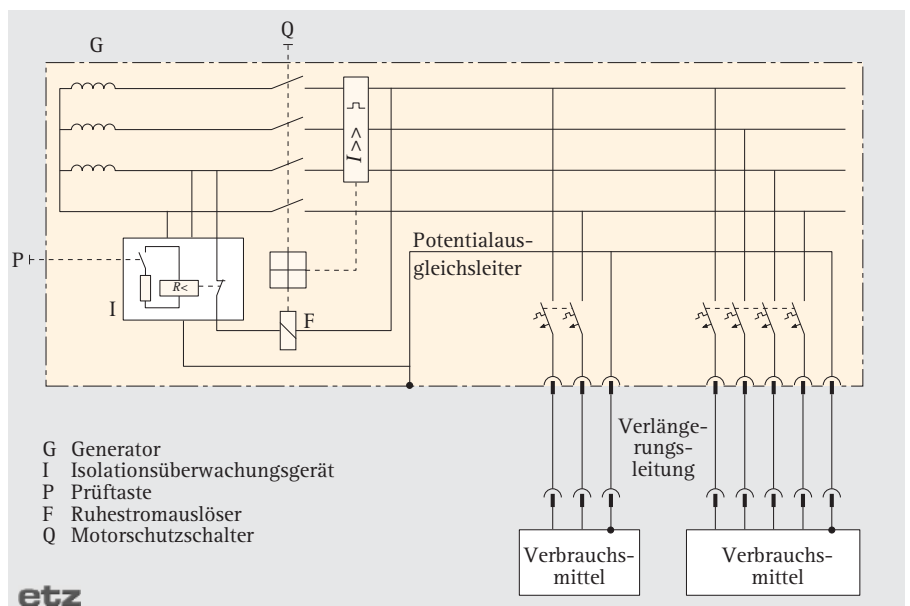
unter $100 \Omega/V$ Nennspannung müssen die Stromkreise der Verbrauchsmittel innerhalb von einer Sekunde (1 s) selbsttätig von der Stromerzeugungsanlage abgeschaltet werden. Eine Begrenzung der Netzausdehnung und die Einhaltung der Abschaltbedingung beim Auftreten von zwei Fehlern sind nicht erforderlich.

- Die Gesamtlänge der Kabel und Leitungen muss so begrenzt sein, dass das Produkt aus Nenn-

spannung in Volt und Gesamtlänge in Metern nicht größer als $100\,000 \text{ Vm}$ ist, jedoch darf die Gesamtlänge der Kabel und Leitungen 500 m nicht überschreiten, und es ist eine der beiden nachfolgenden Anforderungen zu erfüllen.“

Siehe dazu auch Bild 6, in dem in Abhängigkeit der Netznominalspannung die jeweils zulässige Kabel- oder Leitungslänge abgelesen werden kann.

Auf jeden Fall muss beim Auftreten von zwei Fehlern abgeschaltet werden.



- G Generator
- I Isolationsüberwachungsgerät
- P Prüftaste
- F Ruhestromauslöser
- Q Motorschutzschalter

etz

Bild 7. Prinzipschaltbild

Treten diese an beliebigen Stellen auf, muss die Spannung an den Klemmen der aktiven Leiter der Stromerzeugungsanlage auf ≤ 50 V sinken. Hierbei ist derjenige Fehlerstromkreis mit je einem Isolationsfehler an zwei verschiedenen Verbrauchern zugrunde zu legen, der die größte Summe der Widerstände der Schutzpotentialausgleichsleiter ergibt.

Errichtung von Niederspannungsanlagen auf Baustellen

Die DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704):2007-10 [9] enthält die Anforderungen für Betriebstätten, Räume und Anlagen besonderer Art, speziell für Baustellen. Die Anforderungen basieren u. a. auf der DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 für Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag in fest errichteten Niederspannungsanlagen, sind aber anzuwenden sowohl für feste als auch für bewegliche Anlagen. Sie gelten auch für Anlagen, die bewegliche oder transportable elektrische Betriebsmittel als Teil der elektrischen Anlage enthalten.

Während in IT-Systemen nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06, Abschnitt 411.6.3.1 die Verwendung von Isolationsüberwachungseinrichtungen vorgesehen werden muss, um das Auftreten eines ersten Fehlers zwischen aktivem Teil und Körper oder gegen Erde zu melden, schränkt die DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704):2007-10 dieses durch folgenden zusätzlichen Abschnitt 704.411.6.1.3 wieder ein: „In Fällen von tragbaren Generatoren darf auf die Isolationsüberwachungseinrichtung verzichtet werden.“

Dieser Abschnitt ist jedoch schwer zu begründen, da auch bei tragbaren Generatoren der Schutz gegen elektrischen Schlag sicherzustellen ist. Die Hinweise auf eine schwierige Erdung sind kaum praxisgerecht, da besonders bei Generatoren mit kleiner Leistung und geringer Leitungsausdehnung, wie in Bild 4 deutlich wird, hohe Erdungswiderstände zulässig sind.

Dazu ist die Verlautbarung „Interpretation zu Abschnitt 704.411.6.3.1 der DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704)“ [10] der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, [11]) zu beachten:

1. Die Übersetzung ‚Generatoren‘ in dieser Norm kann präzisiert werden, da im englischen Originaltext von ‚generating sets‘, also Stromerzeugungseinrichtungen, die Rede ist. Der Begriff ‚Stromerzeugungseinrichtungen‘ bezeichnet die Kombination von Antriebsmaschine (z. B. Hubkolbenverbrennungsmotor) und Generator. Der Begriff ‚tragbare Stromerzeugungseinrichtungen‘ bedeutet, dass die vorgenannte Kombination tragbar ist. Die Erlaubnis dieses Abschnitts gilt somit, wenn Antriebsmaschine und Generator – als Betriebsmittel oder auch als Kombination – tragbar sind. Die Anschlussmöglichkeit für die elektrische Anlage kann durch Klemmen oder Steckdosen gegeben sein.
2. Abschnitt 704.411.6.3.1 besagt, dass tragbare Stromerzeugungseinrichtungen ohne Isolationsüberwachungseinrichtungen ausgewählt werden dürfen. Trotzdem ist darauf zu achten, dass in Deutschland unabhängig von der Art der Einspeisung (Generator fest installiert, ortsveränderlich oder tragbar) die Anlage mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), Abschnitt 411.6.3.1, ausgerüstet sein muss.“

Mobile Ersatzstromerzeuger für Rohrleitungsbaustellen

Das Merkblatt GW 308:2000-08 [12] des DVGW-Regelwerks [13] beschreibt Maßnahmen zum Schutz gegen gefährliche Körperströme. Es gilt für die Ausrüstung, das Aufstellen und den

Betrieb von mobilen Ersatzstromerzeugern, die auf Rohleitungsbaustellen zur Versorgung elektrischer Baustellen ohne Baustromverteiler eingesetzt wurden. Im Merkblatt findet sich im Abschnitt 3.2 folgende besondere Anforderung an die elektrische Ausrüstung: „Zur Erzielung einer universellen Anwendbarkeit der Ersatzstromerzeuger im angegebenen Geltungsbereich ist es notwendig, eine Schutzmaßnahme zu wählen, die auch den Anforderungen bei Arbeiten in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit genügt. Dieses Ziel wird erreicht durch die Anwendung der Schutzmaßnahme ‚Schutztrennung mit Isolationsüberwachung und Abschaltung‘.“

Schutztrennung mit Isolationsüberwachung und Abschaltung: Nach GW 308 muss der Ersatzstromerzeuger „entsprechend dieser Schutzmaßnahme mit einem als Hauptschalter eingesetzten Motorschutzschalter mit elektrischem Auslöser und einem Isolationsüberwachungsgerät ausgerüstet sein“ (siehe Bild 7). „Im Einzelnen sind dazu vom Ersatzstromerzeuger folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Durch einen Potentialausgleichsleiter müssen die Schutzkontakte der Steckdosen am Ersatzstromerzeuger untereinander, mit dem Gehäuse des Ersatzstromerzeugers und mit dem Isolationsüberwachungsgerät verbunden sein.
- Der Neutraleiter des Generators darf nicht mit dem Potentialausgleichsleiter verbunden sein.
- Für jeden Steckdosenstromkreis der Verbraucheranlage muss ein Leitungsschutzschalter vorhanden sein, der

auch für den Neutraleiter mit Überstrom- und Kurzschlussauslösung ausgerüstet ist. Der max. zulässige Nennstrom der einzelnen Steckdosen beträgt 32 A.

- Es muss ein Isolationsüberwachungsgerät mit Prüftaste eingebaut sein, das beim Sinken des Isolationswiderstands unter $100 \Omega/V$ mit einer Ansprechzeit von max. 1 s, gemessen nach DIN EN 61557-8 (VDE 0100-413):2008-01, die Betriebsmittel vom Generator abschaltet.
- Das Isolationsüberwachungsgerät muss den Anforderungen nach DIN EN 61557-8 (VDE 0100-413):2008-01 genügen.“

Die Berufsgenossenschaftliche Information für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGI 867 beschreibt IT-Systeme (die Isolationsüberwachung mit Meldung des ersten Fehlers und automatischer Abschaltung) als Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Fehlerschutz) im Abschnitt 5.2 folgendermaßen: „Im IT-System müssen alle elektrischen Betriebsmittel der Schutzklasse I durch einen Schutzleiter miteinander und mit dem Anlagenender verbunden sein. Der Anlagenender R_A muss folgende Bedingung erfüllen:

$$R_A \cdot I_d \leq 50 \text{ V, mit}$$

R_A Summe der Widerstände des Erders und der Schutzleiter,

I_d Summe der Fehlerströme im Fall des ersten Fehlers (I_d kann gemessen werden mit einem Amperemeter zwischen einem Außenleiter und dem Erdpotential).

Auf Bau- und Montagestellen (mit nicht dauerhaft errichteten Stromerzeugungsanlagen) gilt diese Anforderung als erfüllt, wenn der Erdungswiderstand $R_A \leq 100 \Omega$ ist.

Eine Isolationsüberwachung erfolgt zwischen aktiven Teilen und geerdetem Schutzleiter. Die Isolationsüberwachungseinrichtung

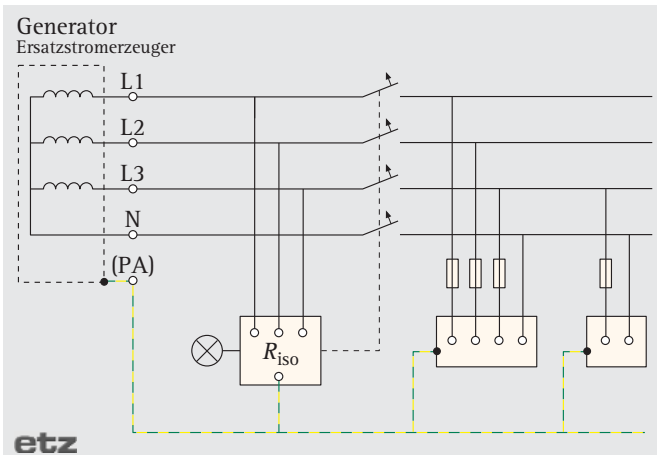


Bild 9. Beispiel für ein Vier-Leiter-Versorgungssystem mit Isolationsüberwachung und Abschaltung [14]

muss ein Absinken des Isolationswiderstandswerts unter $100 \Omega/V$ melden.

Bei ausreichender Überwachung der Anlage (Fehlermeldung wird erfasst und die notwendige Instandsetzung wird eingeleitet) reicht es aus, wenn bei Auftreten des ersten Fehlers ein akustisches oder optisches Signal ausgelöst wird.

Der Fehler ist umgehend durch eine Elektrofachkraft zu beheben. Die Anlage darf jedoch bis zur Fehlerbehebung weiterbetrieben werden (siehe BGI 608 [15]).

Bei Auftreten eines zweiten Fehlers an einem anderen aktiven Leiter muss die sofortige automatische Abschaltung erfolgen oder die Spannung zwischen den Klemmen des Ersatzstromerzeugers muss unter 50 V sinken (siehe DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08, Anhang ZB zu Abschnitt 551.4.4.2).

Die Abschaltung beim zweiten Fehler kann durch Sicherungen, Leitungsschutzschalter oder Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen realisiert werden“ (Bilder 8 u. 9).

Schutzpotentialausgleich mit Isolationsüberwachung

BGI 867 führt im Abschnitt 5.3.3 weiter aus: „Alle Körper müssen mit einem ungeerdeten Potentialausgleichsleiter (PA) verbunden werden. Die Schutzleiter in den Zuleitungen der Verbrauchsmittel können diese Funktion übernehmen. Ein verbesserter Schutz kann erreicht werden, wenn auch die Netzanschlussleitungen der schutzisolierten Verbrauchsmittel einen Potentialausgleichsleiter enthalten (Kennzeichnung grün-gelb), der im Stecker angeschlossen und im Verbrauchsmittel isoliert ist.“

Die Isolationsüberwachung erfolgt hier zwischen den aktiven Teilen und dem Potentialausgleichsleiter (nicht der Erde). Die Isolationsüberwachungseinrichtung muss den Anforderungen nach DIN

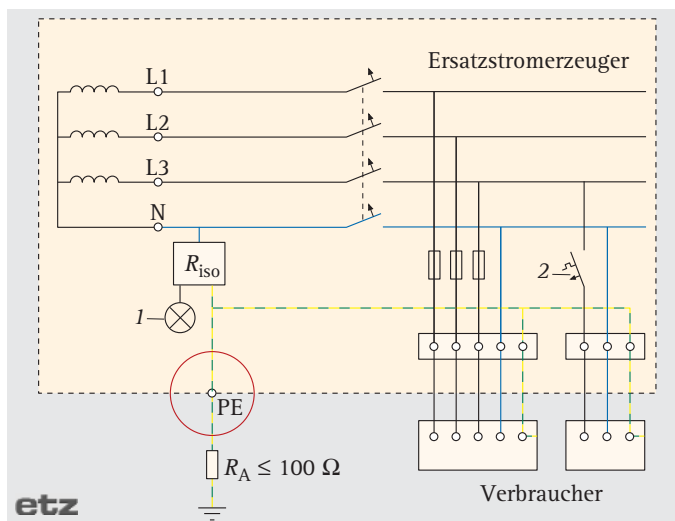


Bild 8. Schutzmaßnahmen im IT-System mit Anzeige des Schwellwerts (1) bei Auftreten des ersten Fehlers und Abschaltung bei Auftreten des zweiten Fehlers durch Sicherungen oder Leitungsschutzschalter (2). Quelle: [14]



EN 61557-8 (VDE 0413-8):2008-01 genügen und beim Absinken des Isolationswiderstandswerts unter $100 \Omega/V$ innerhalb 1 s eine Abschaltung bewirken (siehe DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08, Anhang ZB zu Abschnitt 551.4.4.2).

Erforderliche Verbindungen am Ersatzstromerzeuger (Bild 10): Generatorgehäuse – Potentialausgleichsleiter PA. Die Verbindung entfällt bei schutzisolierten Ersatzstromerzeugern.

Hinweis: Bei dieser Netzform darf keine Verbindung zwischen Neutralleiter N und Potentialausgleichsleiter PA bestehen.

Anwendung: Schutzisolierte Ersatzstromerzeuger mit dieser Schutzeinrichtung dürfen vom Anwender (Bediener) direkt in Betrieb genommen werden, da keine zusätzlichen Potentialausgleichs-/Schutzleiterverbindungen erstellt werden müssen.

Kommentar des berufsgenossenschaftlichen Fachausschusses Elektrotechnik: Nach DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704):2007-10 muss auf Baustellen bei Schutztrennung jede Steckdose oder jedes fest angeschlossene, in der Hand gehaltene elektrische Verbrauchsmittel, jeweils mit einem Bemessungsstrom $I_N \leq 32 \text{ A}$, durch einen separaten Trenntransformator oder durch getrennte Wicklungen eines Trenntransformators versorgt werden (Schutztrennung mit einem Verbraucher).

Die hier beschriebene Schutzmaßnahme ‚Ersatzstromerzeugungsanlage mit mehreren Verbrauchsmitteln und Abschaltung durch Isolationsüberwachung beim Auftreten des ersten Fehlers‘ wird für die vorstehend genannten Stromkreise $I_N \leq 32 \text{ A}$ auf Baustellen für geeignet erachtet, da sie gegenüber der Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 eine ‚zusätzliche‘ Schutzeinrichtung durch die Isolationsüberwachung in Verbindung mit dem Ersatzstromerzeuger nach DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08 enthält.“

Fest eingebaute Stromerzeuger kleiner 12 kVA für den Einsatz in Feuerwehrfahrzeugen

Die in DIN 14687:2006-05 [16] festgelegten Mindestanforderungen gelten für Stromerzeuger, die fest in Feuerwehrfahrzeugen eingebaut sind und nicht zur Einspeisung in ortsfeste oder fremde Versorgungsnetze verwendet werden dürfen. Außerdem müssen sie ausschließlich für die Erzeugung von einphasigem Wechselstrom geeignet sein, ihre Leistung darf 12 kVA nicht übersteigen und Frequenz

sowie Spannung müssen automatisch geregelt werden.

Für das Errichten von Niederspannungsanlagen in Feuerwehrfahrzeugen gilt die DIN 14687:2006-05 zusammen mit DIN VDE 0100-717 (VDE 0100-717):2005-06 [17].

Im Abschnitt 5 führt DIN 14687:2006-05 aus, dass Schutzvorkehrungen des Stromerzeugers/Generatorsatzes den Anwendungen der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100-717 (VDE 0100-717):2005-06 in Verbindung mit DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551):1997-08 entsprechen müssen, mit den folgenden Ergänzungen: „a) Optional darf das Sinken des Isolationswiderstands zwischen aktivem Teilen und dem ungeerdeten Potentialausgleichsleiter unter $150 \Omega/V$ Nennspannung optisch und akustisch gemeldet werden, wobei die akustische Meldung quittierbar sein muss... Die selbsttätige Abschaltung muss bei Unterschreitung eines Isolationswiderstands von $100 \Omega/V$ erfolgen;



Bild 10. Ersatzstromerzeuger mit Isolationsüberwachungs- und Abschaltvorrichtung [14]

- b) für die Schutzmaßnahme ‚Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln‘ ist vorzusehen, dass auch nach erfolgter Abschaltung durch Isolationsüberwachung eine zweipolige Notsteckdose weiter versorgt werden kann ...;
- c) für die Messung des Isolationswiderstands muss ein Isolationsüberwachungsgerät nach DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2008-01 verwendet werden.“

Literatur

- [1] Z VDE 0100:1973-05 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8):2008-01 Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1000 V und DC 1500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutz-

maßnahmen – Teil 8: Isolationsüberwachungsgeräte für IT-Systeme. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG

- [4] Dipl.-Ing. W. Bender GmbH, Grünberg (Hess): www.bender-de.com
- [5] DIN EN 61557-5 (VDE 0413-5):2008-01 Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1000 V und DC 1500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen – Teil 5: Erdungswiderstand. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [6] 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-Stromerzeugungsanlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [7] IEC 60364-5-54:2002-06 Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors. Genf/Schweiz: Bureau de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-6409-7)
- [8] DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [9] DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704):2007-10 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-704: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Baustellen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [10] Anforderungen beim Errichten von Niederspannungsanlagen von Baustellen – Interpretationen zur DIN VDE 0100-704 (VDE 0100-704):2007-10 des DKE/UK 221.1. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Frankfurt/M.: www.dke.de/DKE/Auskuenfte+zu+Normen/Mitteilungen+der+Arbeitsgremien/Installationstechnik+Anlagen+Gerate+Maschinen/2008-Oeffentlich/Anforderungen+beim+Errichten+von+Niederspannungsanlagen+von+Baustellen.htm?SmartNavigation=54580387-005f-447f-8c84-db5b49556630
- [11] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Frankfurt/M.: www.dke.de
- [12] Merkblatt GW 308:2000-08 Mobile Ersatzstromerzeuger für Rohrleitungsbaustellen. DVGW-Regelwerk. Bonn: wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser
- [13] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), Bonn: www.dvgw.de
- [14] BGI 867:2005-05 Auswahl und Betrieb von Ersatzstromerzeugern auf Bau- und Montagestellen. BG-Information. Köln: Carl Heymanns Verlag
- [15] BGI 608:2004-06 Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen. BG-Information. Köln: Carl Heymanns Verlag
- [16] DIN 14687:2006-05 Feuerwehrwesen – Fest eingebaute Stromerzeuger (Generatorsätze) kleiner 12 kVA für den Einsatz in Feuerwehrfahrzeugen. Berlin: Beuth
- [17] DIN VDE 0100-717 (VDE 0100-717):2005-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-717: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Elektrische Anlagen auf Fahrzeugen oder in transportablen Baueinheiten. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG