

Ersatzstromerzeuger

M. Korth, Hoya

Fällt die elektrische Energieversorgung über längere Zeit aus, hat dies Auswirkungen auf viele Bereiche des öffentlichen und privaten Lebens. In solchen Situationen wird mit Ersatzstromerzeugern versucht, die wichtigsten Bereiche wie Krankenhäuser, Pumpstationen zur Ver- und Entsorgung sowie landwirtschaftliche Betriebe mit elektrischer Energie zu versorgen.

1 Notstromversorgung

Die Katastrophe im Münsterland im November vergangenen Jahres hat deutlich gezeigt, wie sehr die Gesellschaft auf elektrischen Strom angewiesen ist. Dieser Stromausfall wirkte sich auf viele Bereiche des öffentlichen sowie privaten Lebens aus und verursachte hohe wirtschaftliche Schäden. Betriebe konnten nicht mehr produzieren, Lebensmittel verderben und in der Landwirtschaft konnten Kühe nicht gemolken werden. Mit dem Ausfall der elektrischen Energie waren aber auch die Trinkwasserversorgung und die Abwasserentsorgung betroffen.

Krankenhäuser haben für Operationssäle und intensivmedizinische Bereiche eigene Notstromaggregate und Energieversorger halten für Notfälle mobile Ersatzstromversorgungsanlagen/Ersatzstromerzeuger bereit. Allerdings sind diese nur dafür vorgesehen, im Störfall einzelne Trafostationen oder Netzbereiche mit elektrischer Energie zu versorgen. Für einen Fall wie im Münsterland, wo großflächig die Stromversorgung zusammen gebrochen ist, reichen diese Ersatzstromerzeuger nicht aus. Neben den Ersatzstromerzeugern der Energieversorger kamen daher für die wichtigsten Bereiche auch Ersatzstromerzeuger aus allen Bereichen zum Einsatz. Auf kleinere, durch Baumärkte vertriebene Stromerzeugungsaggregate setzte ein regelrechter „Run“ ein. Leider speisten dann nicht selten Hobbybastler nicht nur in die eigene Elektroanlage, sondern auch teilweise rückwärts das öffentliche Netz.

2 Sicherheit bei vorübergehender Versorgung

Keine Katastrophe rechtfertigt es, auf Sicherheit zu verzichten. Auch wenn eine Einspeisung von elektrischen Anlagen nur vorübergehend und behelfsmäßig erfolgt, müssen die grundlegenden Sicherheitsvorschriften eingehalten werden. Es gilt:

- Entweder muss die bestehende Schutz-

maßnahme (z. B. Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD's) im TN- oder TT-Netz) wirksam bleiben

- oder es muss eine andere Schutzmaßnahme wirksam werden.

Dies muss durch die Elektrofachkraft im Einzelfall beispielsweise durch Messungen nachgewiesen werden.

3 Tragbare Stromerzeuger

3.1 Erzeuger mit einem Verbraucher

Dieses sind zum einen die durch den Fachhandel verkauften und zum anderen die bei den Hilfsorganisationen vorhandenen kleineren Geräte bis derzeit etwa 13 kVA Gesamtleistung. Die kleinsten Geräte mit Leistungen bis ca. 1000 W, angetrieben von einem Benzinmotor und vielfach mit einer Geräuschkapselung versehenen Geräte, verfügen nur über eine Steckdose zur Abgabe der elektrischen Energie. Diese Stromerzeuger (Bild 1) entsprechen der Schutzmaßnahme Schutztrennung, die eine sehr hohe Schutzwirkung darstellt. Zur Aufrechterhaltung der Schutzmaßnahme Schutztrennung ist nur der Anschluss eines Verbrauchers zulässig. Der Einsatz beschränkt sich daher auf die Versorgung eines einzelnen Verbrauchers unter Verwendung von Leitungsrollen etc. Für eine Einspeisung in eine bestehende Elektroanlage sind diese Stromerzeugern nicht geeignet.

3.2 Größere tragbare Stromerzeuger

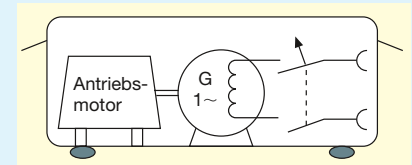
Stromerzeuger mit mehreren Steckdosen verfügen in der Regel über eine etwas größere

Leistung und sind vielfach als Drehstromerzeuger ausgeführt, die auch mit einer Drehstromsteckdose ausgestattet sind. Diese Stromerzeuger entsprechen der Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern“ (Bild 2). Die Sicherheit bei diesen Stromerzeugern basiert zum einen auf der Schutzmaßnahme Schutztrennung. Bei einem Fehler (Körperschluss) in einem angeschlossenen Verbrauchsmittel wird dies von einer Person nicht wahrgenommen, da das „elektrische Netz“ sicher von der Erde getrennt ist. Problematisch wird es jedoch, wenn in einem zweiten Gerät in einem anderen Leiter ebenfalls ein Fehler auftritt. Würde eine Person jetzt zufällig beide defekten Geräte anfassen, wäre eine Körperdurchströmung möglich. Um dieser Gefahr zu begegnen, sind die Körper aller Betriebsmittel über einen „ungeerdeten Potentialausgleichsleiter“, miteinander verbunden. Durch die Vorgeschalteten Sicherungsorgane (Leitungsschutzschalter) muss nun eine Abschaltung der fehlerbehafteten Verbraucher erfolgen oder es muss sicher gestellt werden, dass die Klemmenspannung des Generators auf unter AC 50 V absinkt.

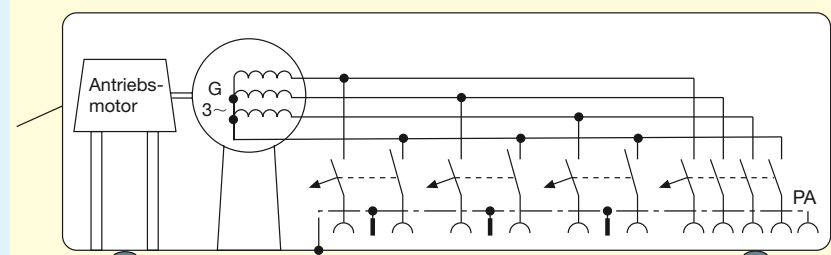
Hilfsorganisationen verwenden Stromerzeuger, die hinsichtlich ihres Aufbaus, der Rahmenabmessungen und der elektrischen Leistung in DIN 14685 „Tragbarer Stromerzeuger 5 bzw. 8 kVA“ genormt sind.

3.3 Einschränkungen beim Betrieb

Beim Betrieb von tragbaren Stromerzeugern mit der Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern“ müssten die in DIN VDE 0100-410 „Schutz gegen elektrischen Schlag“ bzw. DIN VDE 0100-551 „Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen“ genannten Einschränkungen gelten. Als wich-



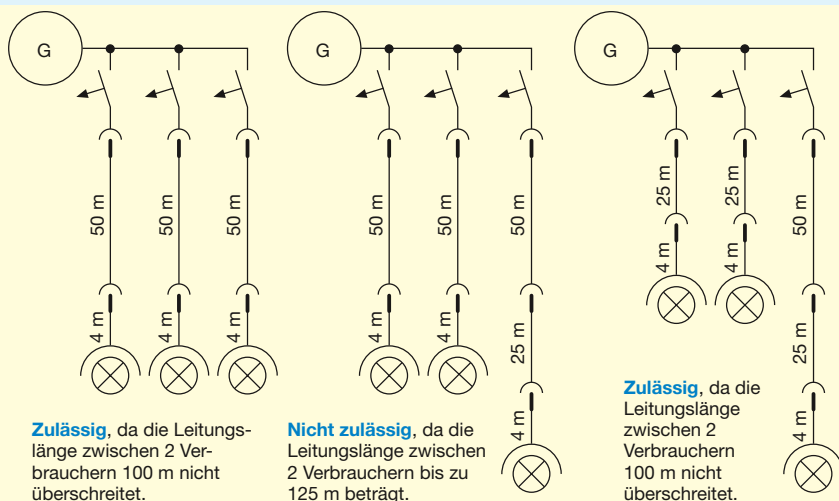
1 Tragbarer Stromerzeuger mit Schutztrennung



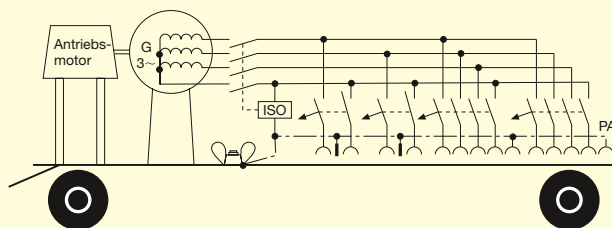
2 Tragbarer Stromerzeuger mit Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern

Autor

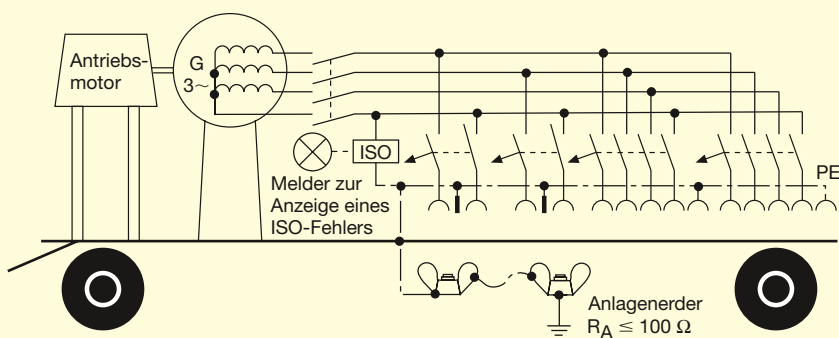
Matthias Korth ist Ausbilder an der THW-Bundesschule Hoya



3 Beispiele für die Begrenzung der Leitungslängen an tragbaren Stromerzeugern für einen Leitungsquerschnitt von 2,5 mm²



4 Stromerzeuger mit Isolationsüberwachungseinrichtung



5 Ersatzstromerzeuger im IT-System

tigste ist hier die Beschränkung des Produktes aus Spannung und Leitungslänge auf 100 000 Vm zu nennen, wobei die maximale Leitungslänge 500 m nicht überschreiten sollte. Diese Einschränkung hat jedoch in diesem Fall keine Bedeutung! Für diese kleinen tragbaren Stromerzeuger sind wichtige Einschränkungen und Bauvorschriften in DIN 6280-10 „Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren“ enthalten. Diese Norm gilt für tragbare Stromerzeuger mit einer Leistung bis ca. 10 kVA. Zum einen sind in dieser Norm grundlegende Anforderungen hinsichtlich der mechanischen Sicherheit enthalten, daneben aber auch Anforderungen an die elektrische Sicherheit. DIN 6280-10 schränkt

die maximal zulässige Leitungslänge auf 100 m bei einem Leiterquerschnitt von 2,5 mm² und 60 m bei einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm² ein.

Diese Einschränkung basiert darauf, dass diese kleinen Stromerzeuger nur geringe Kurzschlussströme liefern können. Und gerade diese Ströme sind für die schnelle Abschaltung der Sicherungsorgane entscheidend. Für einen Leitungsschutzschalter B16 wird für die Abschaltung innerhalb von 0,2/0,4 s ein Strom von ca. 80 A benötigt. Um eine sichere Abschaltung zu gewährleisten, gibt die Norm vor, dass der Widerstand der Fehlerschleife maximal 1,5 Ω betragen darf. Dieser Widerstand entspricht einem Kupferdraht von

200 m Länge mit einem Querschnitt von $2,5 \text{ mm}^2$ bzw. 120 m Länge bei $1,5 \text{ mm}^2$. Da für die Fehlerschleife immer Hin- und Rückleiter zu betrachten sind, ist damit die Gesamtlänge auf die Hälfte, also 100 m bzw. 60 m beschränkt (Bild 3). Dabei ist letztlich nicht das Gesamtnetz auf 100 bzw. 60 m beschränkt, sondern der Abstand zwischen zwei Verbrauchern, der durch die Leitungslänge beschrieben ist. Anschlussleitungen von Verbrauchsmitteln bis ca. 4 m Leitungslänge werden in der Praxis bei der Berechnung der Leitungslängen nicht berücksichtigt.

4 Nicht tragbare Stromerzeuger größerer Leistung

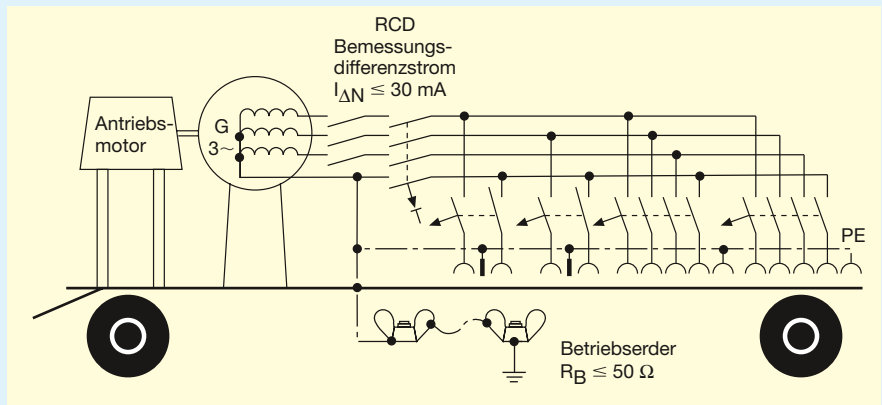
Zu Ersatzstromerzeugern größerer Leistung zählen beispielsweise Geräte, die fest in Containern sowie Anhängern installiert sind und für den Einsatz auf Baustellen vorgehalten werden oder auch vielfach von den Hilfsorganisationen benutzt werden. Sie werden entweder über einen Nebenantrieb direkt vom Fahrzeugmotor des Fahrzeugs angetrieben oder haben einen eigenen Antriebsmotor. Findet die Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern“ Anwendung, gelten die Regelungen aus DIN VDE 0100-410 bzw. DIN VDE 0100-551 mit der Beschränkung des Produktes aus Spannung und Leitungslänge auf 100 000 Vm bzw. maximal 500 m.

4.1 Ersatzstromerzeuger mit Isolationsüberwachungseinrichtungen

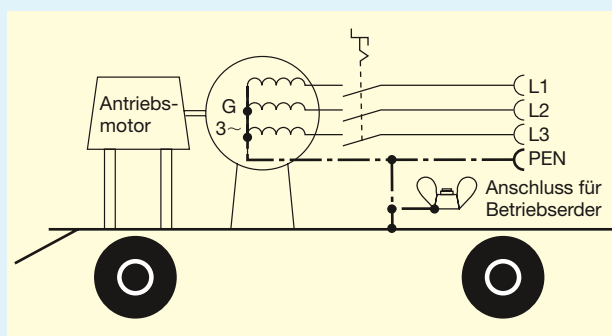
Ersatzstromerzeuger größerer Leistung verfügen teilweise über Isolationsüberwachungseinrichtungen (ISO-Wächter) (Bild 4) zur Abschaltung beim ersten Fehler. Diese Ersatzstromerzeuger mit ISO-Wächter entsprechen den Anforderungen für die Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern“. Demnach müsste hier die Regelung aus DIN VDE 0100-410 bzw. DIN VDE 0100-551 mit der Beschränkung des Produktes aus Spannung und Leitungslänge auf 100 000 Vm bzw. maximal 500 m zur Anwendung kommen. In diesem speziellen Fall ist jedoch die „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern“ um den ISO-Wächter erweitert. Diese Besonderheit der Schutzmaßnahme ist im nationalen Anhang der DIN VDE 0100-551 „Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen“ beschrieben. Hier gilt:

- Bei einem Absinken des Isolationswertes zwischen dem ungeerdeten Potentialausgleichsleiter und aktiven Teilen auf unter $100 \Omega / V_{UNenn}$ müssen die Verbraucherstromkreise innerhalb einer Sekunde automatisch abgeschaltet werden. Wenn diese Bedingung eingehalten wird, braucht eine Begrenzung der Netzausdehnung nicht beachtet zu werden.

In der Regel sind die ISO-Wächter so eingestellt, dass die Abschaltung bei Unterschreiten eines Isolationswertes von 23 k Ω erfolgt.



6 Stromerzeuger mit Fehlerstromschutzschalter



7 Ersatzstromerzeuger zur Einspeisung in vorhandene Netze

Quelle: Korth

Der Isolationswert der elektrischen Anlage ist bei diesen Stromerzeugern vielfach über ein Zeigerinstrument oder eine LED-Balkenanzeige ablesbar. Damit ist eine Verschlechterung des Isolationswertes der Anlage frühzeitig zu erkennen. Manche ISO-Wächter bieten nicht nur den für die Abschaltung der elektrischen Verbrauchsmittel benutzten Ausgang/Kontakt. Teilweise ist ein zweiter Auslösewert einstellbar. Dieser wird in der Regel zur Warnung vor einer drohenden Abschaltung, beim verschlechtern des Isolationswertes, genutzt. Diese Vorwarnung wird meist bei einem Isolationswert von 50 – 55 k Ω gegeben. Die Vorwarnung wird nicht nur visuell durch Leuchtmelder, sondern oft auch durch Hörer oder Sirenen zur Anzeige gebracht. Diese Ersatzstromerzeuger kommen häufig bei den Hilfsorganisationen zur kurzzeitigen Versorgung von Einsatzstellen zur Anwendung, da sie:

- nach Ankunft am Einsatzort sofort einsatzbereit sind.
- Eine Erdung des Ersatzstromerzeugers nicht zu erfolgen braucht.
- Die Bedienung und der Aufbau mit steckbaren Verbrauchsmitteln durch eine für die Bedienung des Stromerzeugers unterwiesene Person erfolgen kann.

Nach Starten des Antriebsmotors und Kontrolle der Betriebsdaten wie Frequenz und Spannung ist der ISO-Wächter zu erproben. Danach kann der Anschluss von elektrischen Verbrauchsmitteln über Steckvorrichtungen erfolgen. Einschränkungen ergeben sich lediglich aus den physikalischen Grenzen, die durch die

maximal verfügbare Dauerleistung des Generators und den Spannungsfall auf angeschlossene Leitungen gegeben sind. Daneben stellt jede Leitung und jedes Verbrauchsmittel durch seinen Isolationswiderstand eine Verschlechterung des gesamten Isolationswiderstandes im Netz dar. Zudem stellt sich durch angeschlossene Leitungslängen eine Kapazität gegen Erde ein. Irgendwann ist zwangsläufig eine Netzgröße erreicht, die mit dem ISO-Wächter nicht mehr zu betreiben ist.

Anmerkung. Normalerweise verfügen diese Ersatzstromerzeuger über Punkte am Gehäuse, die zum Anschluss eines „Erder“ vorgesehen sind. Diese Anschlusspunkte dienen in erster Linie dazu, einen Potentialausgleich zwischen dem Gehäuse des Ersatzstromerzeugers bzw. dem ungeerdeten Potentialausgleichsleiter und anderen metallischen Teilen in der Umgebung herzustellen. Daneben können sie zum Anschluss eines „Erder“ zur Ableitung statischer Aufladungen benutzt werden. Das Wort Erder ist hier absichtlich in Anführungszeichen gesetzt, da von einem Erder im eigentlichen Sinne nicht geredet werden kann. Erden bedeutet, dass durch den Erder ein vorgeschriebener Erdübergangswiderstand erreicht bzw. unterschritten werden muss und dieser Wert durch eine Messung zu ermitteln ist. Dies ist hier jedoch nicht der Fall und würde die Vorteile dieser Schutzmaßnahme – sofortige Einsatzbereitschaft und die Möglichkeit der Inbetriebnahme durch unterwiesene Personen – hinfällig werden lassen. Ein Erder im eigentlichen Sinn ist bei An-

wendung dieser Schutzmaßnahme nicht erforderlich. Schließlich wird in der Norm bei dieser Schutzmaßnahme von einem „ungeerdeten Potentialausgleichsleiter“ gesprochen. Übliche Praxis bei den Hilfsorganisationen ist es zur Ableitung von statischen Aufladungen diesen „Erdungspunkt“ am Stromerzeuger mit einem Erdspeer zu verbinden. Hierbei sollte der Begriff Erder nicht verwendet werden.

4.2 Ersatzstromerzeuger zur Versorgung von Verbrauchern im IT-Netz

Ersatzstromerzeuger zur Versorgung von Verbrauchern im IT-Netz (Bild 5) gleichen vom Aufbau her den Ersatzstromerzeugern mit der Schutzmaßnahme „Schutztrennung mit mehreren Verbrauchern und Isolationsüberwachung“. Der verbaute ISO-Wächter sorgt hierbei jedoch nicht für eine Abschaltung der Verbraucher, sondern bringt den vorhandenen Isolationsfehler nur zur Anzeige. Eine Abschaltung braucht im IT-System erst beim Auftreten des zweiten Fehlers zu erfolgen. Diese Abschaltung kann dann beispielsweise durch Überstromschutzorgane oder Fehlerstromschutzeinrichtungen geschehen. Für die Sicherstellung der Schutzmaßnahme ist jedoch ein Anlagenerder erforderlich, der mit dem Schutzleiter aller Betriebsmittel der Schutzklasse I verbunden ist. Für diesen Anlagenerder reicht hier gemäß DIN VDE 0100-551 ein Anlagenerder $R_A \leq 100 \Omega$ aus.

Der große Vorteil des IT-System liegt darin, dass trotz eines bestehenden Fehlers die Anlage weiter betrieben werden kann. Dieser Vorteil wird besonders in Krankenhäusern genutzt, da es so möglich ist, den Fehler beispielsweise nach Abschluss einer Operation zu suchen und zu beheben. In Katastrophenfällen kehrt sich der Vorteil des IT-Systems allerdings zum Nachteil. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass in solchen Fällen ein Fehler zwar wahrgenommen wird, eine Fehleruche und das Beheben aber ausbleiben. Trotz eines bekannten Fehlers wird das Netz weiter betrieben bis eine andere Schutzrichtung eine Abschaltung vornimmt.

5 Ersatzstromerzeuger mit Schutz durch RCD

Bei diesen Ersatzstromerzeugern wird die Abschaltung im Fehlerfall durch eine Fehlerstromschutzrichtung (RCD) sicher gestellt. Bild 6 zeigt den Aufbau eines Stromerzeugers im TN-S-System. Bei diesen Erzeugern ist zur Sicherstellung der Schutzmaßnahme ein Erder erforderlich, der auf die RCD abgestimmt ist und der Bedingung

$$R_B \leq \frac{U_L}{I_{\Delta N}} \quad (1)$$

entspricht. Für eine gewählte RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ wäre rechnerisch ein Betriebserder $R_B \leq 1667 \Omega$

erforderlich. Die Auswahl des Erders sollte hierbei jedoch in Anlehnung an BGI 867 (Auswahl und Betrieb von Ersatzstromerzeugern auf Bau- und Montagestellen) vom Mai 2005 erfolgen. Hier wird für Ersatzstromerzeuger im TN-System mit Schutz durch Fehlerstromschutzrichtungen ein Betriebserder $R_B \leq 50 \Omega$ empfohlen.

6 Erzeuger zur Einspeisung in vorhandene Netze

Hierbei handelt es sich um Ersatzstromerzeuger größerer Leistungen, die zur Einspeisung in vorhandene Netze vorgesehen sind (Bild 7). Hinsichtlich der elektrischen Schutzmaßnahme reduziert sich der Ersatzstromerzeuger letztlich auf den Generator, einen Hauptschalter mit Überstrom- und Kurzschlussauslöser sowie eine Verbindung zwischen dem Generatorsternpunkt und dem Gehäuse mit der Möglichkeit zum Anschluss des Betriebserders. Auf diese Weise wird das Speisen von bestehenden Netzen bzw. Verbraucheranlagen als TN- bzw. TT-System möglich. Zum Anschluss bzw. zur Einspeisung wird nur ein als PEN gekennzeichnete Leiter ausgeführt. Vielfach werden zur Einspeisung vier Einzeladern mitgeführt, die über Hochstrom-Steckverbinder an die Netzersatzanlage angeschlossen werden können. Häufig haben diese zusätzliche Arbeitssteckdosen, bei denen RCDs zum Schutz gegen elektrischen Schlag verwendet werden. Synchronisiereinrichtungen in den Geräten gestatten den Parallelbetrieb zu einem vorhandenen Netz und einem anderen Ersatzstromerzeuger.

Bei den Hilfsorganisationen kommen vielfach umschaltbare Aggregate zum Einsatz, die in Verbindung mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung auch die Abgabe elektrischer Energie über Steckvorrichtungen bieten. Beim Umschalten auf „Einspeisebetrieb“ werden automatisch der ISO-Wächter und die Steckdosen abgeschaltet. Die zur Einspeisung erforderliche Brücke zwischen Generatorsternpunkt (Neutralleiter) und dem Gehäuse/Schutzleiter (PE) wird durch ein Schütz eingelegt. Für die Abgabe der elektrischen Leistung stehen je nach Ausführung Klemmen, Hochstrom-Steckverbinder oder bei Geräten kleinerer Leistung eventuell auch einzelne 63 A- oder 125 A-Drehstromsteckdosen zur Verfügung. Bei den Anschlussklemmen und den Drehstromsteckdosen wird der Neutralleiter mit ausgeführt, so dass auch der Betrieb als TN-S-System ermöglicht wird. Die bei den Energieversorgungsunternehmen verwendeten Ersatzstromerzeuger führen in der Regel nur einen als PEN gekennzeichneten Leiter aus. Da die Netze in der Energieversorgung in der Regel als 4-Leiter-Netze realisiert sind und die DIN VDE 0100-551 beim Umschalten mit dem Netz der Energieversorger ein TN-C-System fordert, reicht hier der PEN-Anschluss aus. ■