

# Prüfen von Stromerzeugungsaggregaten

**BESONDERE ANFORDERUNGEN** Stromerzeugungsaggregate finden in ganz unterschiedlichen Anwendungen ihren Einsatz. Angefangen von Bau- und Montagestellen zur mobilen oder stationären Bereitstellung der benötigten Energiemenge bis zur Sicherstellung bei Stromausfällen, welche zu Gefahren für Menschen, Maschinen und bauliche Einrichtungen führen können. Dabei müssen Ersatzstromerzeuger und dazugehörige Anlagen immer den sicherheitstechnischen Anforderungen genügen (z. B. THW, Feuerwehr, Krankenhäuser oder Dienstleister).



## AUF EINEN BLICK

**EIN ARBEITSMITTEL** Stromerzeugungsaggregate sind elektrische Arbeitsmittel, für deren einwandfreie Funktion der Unternehmer bzw. Arbeitgeber verantwortlich ist

**ZUSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN** Gegenüber der »klassischen« Erst- und Wiederholungsprüfung gelten bei Stromerzeugungsaggregaten einige Besonderheiten hinsichtlich der Prüfanforderungen



Quelle: Gossen-Metrawatt

Der Arbeitgeber/Unternehmer ist verantwortlich für die Bereitstellung sicherer elektrischer Arbeitsmittel. Die Erhaltung des sicheren Zustandes dieser ortsveränderlichen oder ortsfesten elektrischen Arbeitsmittel erfordert wiederkehrende Prüfungen. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung ist zu ermitteln, welche Maßnahmen getroffen werden müssen, um die zur Verfügung gestellten Arbeitsmittel im ordnungsgemäßen Zustand zu erhalten. Für wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Arbeitsmitteln sind insbesondere Art, Umfang und Fristen zu ermitteln.

## Warum prüfen?

Laut Artikel 2.2 des Grundgesetzes hat jeder »das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit«. Schon daraus lässt sich ein Zwang durch den Gesetzgeber ableiten. Der Arbeitgeber trägt die rechtliche Verantwortung für sichere Arbeitsstätten, Anlagen und Geräte, die er den Beschäftigten zur Arbeit bereitstellt. Seine Pflichten kann er auf für die erforderlichen Arbeiten geeignete natürliche Personen übertragen (Produkthersteller, Anlagenerrichter, Instandhalter).

In der Praxis stellen sich dem Arbeitgeber/Unternehmer hinsichtlich der Prüfung von Arbeitsmitteln folgende Fragen:

- Wie hoch sind die Kosten?
- Wie mindere ich mein persönliches Haftungsrisiko?
- Wie erfülle ich die gesetzlichen Auflagen?
- Wie kann ich die Sicherheit für meine Mitarbeiter und/oder Kunden erhöhen?

Darauf sollte man als Messdienstleister vorbereitet sein und die entsprechenden Antworten parat haben.

## Notwendige Voraussetzungen

Zur Durchführung wiederkehrender Prüfungen von elektrischen Arbeitsmitteln empfiehlt es sich, nachfolgende Voraussetzungen zu definieren.

- Wer darf die Prüfung durchführen?
- Wo soll geprüft werden (Einsatzort, Prüfplatz, Prüfraum)?
- Welche Prüfgeräte und welche Zubehörteile sind notwendig?
- Welche Ergebnisse müssen dokumentiert werden und wie sind diese zu dokumentieren?

## Anforderungen an das Prüfpersonal

Die sichere Durchführung der Prüfungen sowie die Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustands des zu prüfenden elektrischen Arbeitsmittels erfordert eine hohe, an die Prüfaufgabe angepasste Qualifikation des Prüfpersonals. Für die Prüfung von Arbeitsmitteln nach §10 BetrSichV werden von der entsprechend der Gefährdungsbeurteilung nach BetrSichV §3 »beauftragten Person« zur Prüfungsdurchführung Fachkräfte mit besonderen arbeitsmittelspezifischen Kenntnissen verlangt, also entsprechend »befähigte Personen«.

Nach BetrSichV §2 Begriffsbestimmungen (7) ist die befähigte Person im Sinne dieser Verordnung eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderliche Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. Sie unterliegt in ihrer Prüftätigkeit keinen fachlichen Weisungen und darf wegen dieser Tätigkeit nicht benachteiligt werden (Ergänzung entsprechend »Verordnung zur Rechtsvereinfachung ...« vom 23.12.2008).

Die »befähigte Person« ist keine Berufsbezeichnung, sie leitet sich immer aus den Anforderungen der jeweiligen Prüfaufgabe ab. Befähigte Personen für die betreffenden Prüfungen sollten nach entsprechender sorgfältiger Auswahl vom Arbeitgeber entsprechend schriftlich bestellt und in entsprechenden betrieblichen Verzeichnissen geführt werden.

## Was ist gefordert?

Zum Prüfumfang einer wiederkehrenden Prüfung gehören die Prüfschritte

- Besichtigen, Messen,
- Erproben sowie die Funktionsprüfung,
- Dokumentation inklusive Prüfprotokoll,
- Auswertung, Festlegung des nächsten Prüftermins sowie Kennzeichnung.

Die Messungen müssen mit geeigneten Mess- und Prüfgeräten nach den Normenreihen DIN VDE 0404, DIN EN 61557 (VDE 0413) sowie der Norm DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1) durchgeführt werden (**Bild 1**).

Für die Prüfungen sind folgende VDE-Bestimmungen relevant:

- DIN VDE 0701 und 0702 – Prüfung nach Instandsetzung, Änderung elektrischer Geräte – Wiederholungsprüfung elektrischer Geräte – Allgemeine Anforderungen für die elektrische Sicherheit, 2008-06
- DIN VDE 0100-600 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 6: Prüfungen, 2008-06
- DIN VDE 0105-100 – Betrieb von elektrischen Anlagen, Teil 100: Allgemeine Festlegungen, 2009-10
- VDE 0113-1 – Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2010-05

## Sichtprüfung

Die Sichtprüfung ist bei abgestelltem Aggregat durchzuführen. Bei der Besichtigung des äußeren Aufbaus bzw. des Gehäuses sollte man insbesondere achten auf die Beschädigungen des Gehäuses, Beschädigungen von Isolierungen, freie Kühlöffnungen, defekte Steckdosen, Anzeigeinstrumente in Ordnung, Anzeichen auf thermische Überlastung, notwendige Abdeckungen und Deckel in Ordnung, schlechte Lesbarkeit oder fehlende Kennzeichnungen bzw. Typenschilder und andere Beschädigungen oder Hinweise auf unsachgemäßen Gebrauch.

Nach dem Öffnen des Schaltkastens ist insbesondere zu achten auf festen Sitz der

Steck- und Schraubanschlüsse, dem festen Sitz und der einwandfreien Verbindung zwischen dem Potentialausgleichsleiter im Schaltkasten und dem Anschluss am Rahmen, dem korrekten Sitz der Anschlussklemmen für die Verbindung des Potentialausgleichsleiters zwischen Anschlusskasten und Steckdosen, dem festen Sitz der elektrischen Bauteile (Steuerplatten, Steckdosen, Sicherungen etc.) sowie den einwandfreien Leitungen (mechanische Beschädigungen, Anzeichen von Überbelastung).

### Mindestangaben auf dem Typenschild

Auf dem Typenschild sollten nachfolgende Angaben sichtbar zu erkennen sein: Hersteller, Typ, Seriennummer, Baujahr, Bemessungsleistung in kVA, Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Bemessungsfrequenz, Betriebsart, Schutzart, Umgebungstemperaturbereich sowie Leistungsfaktor.

## Elektrische Prüfungen

### Durchgängigkeit des Potentialausgleichs-/ Schutzleiters

Der Widerstand des Potentialausgleichsleiters ist zwischen dem Anschlusspunkt des Potentialausgleichsleiters am Gehäuse (in der Regel eine Messingschraube M10 mit einer Flügelmutter) und den Schutzleiteranschlüssen aller Steckdosen zu messen. Der Grenzwert beträgt 0,3Ω.

### Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand ist zwischen dem Anschlusspunkt des Potentialausgleichsleiters am Gehäuse und den Generatorwicklungen zu messen. In der Praxis misst man erfahrungsgemäß Werte von mindestens 5,0MΩ, die Norm schreibt mindestens 1 MΩ vor.

Bei der Durchführung dieser Messung sind alle elektronischen Bauteile des Stromerzeugers abzuklemmen bzw. abzustecken. Wichtig ist hier insbesondere, dass der Spannungsregler abgesteckt wird. Sollte der Stromerzeuger über eine Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD) verfügen, reicht es aus, den Messkreis zu öffnen (Entfernen der Verbindung der IMD zum Potentialausgleich).

Die Messung des Isolationswiderstands muss bei Synchrongeneratoren nicht nur gegen den Stator, sondern auch gegen die Erregerwicklung (Rotor) erfolgen. Diese Messung erfolgt ebenfalls bei abgesteckten elektronischen Bauteilen. Auch hier schreibt die Norm einen Grenzwert von mindestens 1 MΩ

vor, wobei in der Praxis meist mindestens 10MΩ gemessen werden.

Nach der Messung des Isolationswiderstandes sind die elektronischen Bauteile wieder anzuklemmen bzw. anzustecken. Hierbei ist auf einem festen Sitz / korrektes Einrasten der Steckverbindungen zu achten. Der Schaltkasten ist wieder zu verschließen. Bei schlechten Kontaktierungen am Spannungsregler kann es eventuell zu einer erhöhten Ausgangsspannung kommen.

### Spannung und Frequenz (Leerlauf, Nennlast)

Die Überprüfung bzw. die Messung der Spannung sollte unbelastet und mit Nennlast erfolgen, sofern dies möglich ist. Die Spannung soll im Bereich  $U_n \pm 5\%$  liegen. Kritisch ist die Spannung bei  $\Delta U > 10\%$ . Die Frequenz kann zwischen 50Hz  $\pm 10\%$  liegen.

### Fehlerschutz/Abschaltverhalten durch Überstromschutz

Eine besondere Herausforderung stellt die Messung des Kurzschlussstromes dar. Aufgrund der schnellen Regelung des Generators kann der Spannungseinbruch gegebenenfalls ausgegeregelt werden, und somit wird ein kleiner Widerstandwert vorgetäuscht. Eine langsame Regelung reagiert wiederum nicht auf die Messimpulse, und der mittelfristige Kurzschlussstrom wäre größer als gemessen.

Die Messung erfolgt zwischen L-N mit maximal erlaubter Leitungslänge von 100m bei 2,5mm<sup>2</sup> Querschnitt bzw. nach Herstellerangabe und nicht direkt am Generator. Der PE-Widerstand sollte separat gemessen werden. Dieser sollte plausibel zu Länge und Querschnitt sein. Eine Alternative ist die Simulation eines Erstfehlers am Generator. In diesem Fall darf der Schleifenwiderstand am Verbraucher nur die Hälfte des zulässigen Werts erreichen.

### Restspannungsmessung

Die EN 60204 fordert, dass an jedem berührbaren aktiven Teil einer Maschine, an welchem während des Betriebs eine Spannung von mehr als 60V anliegt, nach dem Abschalten der Versorgungsspannung die Restspannung zwischen L und PE innerhalb von 5s auf einen Wert von 60V oder weniger abgesunken sein muss.

### Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM)

RCM überwachen den Differenzstrom in elektrischen Anlagen und zeigen diesen kontinuierlich an. Wie bei Fehlerstromschutzlein-

richtungen können externe Schalteinrichtungen angesteuert werden, um die Spannungsversorgung bei Überschreiten eines bestimmten Differenzstroms abzuschalten.

Der Vorteil eines RCM liegt jedoch darin, dass der Anwender rechtzeitig über Fehlerströme in der Anlage informiert wird, bevor es zur Abschaltung kommt. Gegenüber den Einzelmessungen von  $I_{\Delta N}$  und  $t_A$  wird hier das Messergebnis manuell beurteilt, d. h., ob eine Signalisierung rechtzeitig vor einer Auslösung erfolgt ist.

### Isolationsüberwachungsgeräte (IMD)

Isolationsüberwachungsgeräte oder Erdschlussanzeigeeinrichtungen (Earthfault Detection System) kommen in IT-Netzen zum Einsatz, um die Einhaltung eines minimalen Isolationswiderstandes zu überwachen, wie es die DIN VDE 0100-410 fordert. Sie werden in Stromversorgungen eingesetzt, bei denen ein einpoliger Erdschluss nicht zum Ausfall der Stromversorgung führen darf. Hierzu wird ein einstellbarer Isolationswiderstand zwischen eine der zwei Phasen des zu überwachenden IT-Netzes und Erde geschaltet.



Quelle: Gossen-Metrawatt

**Bild 1:** Das Prüfgerät »Profitest MXTRA« eignet sich für Messungen an Stromerzeugungsaggregaten

## RELEVANTE NORMEN / VDE-BESTIMMUNGEN / BERUFGENOSSENSCHAFTLICHE REGELN

- DGUV Vorschrift 1 – Grundsätze der Prävention
- DGUV Vorschrift 3 – Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- BGI 594 BG-Information / DGUV Information 203-004 – Einsatz elektrischer Betriebsmittel bei erhöhter elektrischer Gefährdung
- BGI 600 BG-Information / DGUV Information 203-005 – Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbereichen
- BGI 608 BG-Information / DGUV Information 203-006 – Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Bau- und Montagestellen
- DIN VDE 0100-410 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag, 2007-06
- DIN VDE 0100-551 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 5-55: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Andere Betriebsmittel – Abschnitt 551: Niederspannungsstromerzeugungseinrichtungen, 2011-06
- DIN VDE 0100-560 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 5-56: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Einrichtungen für Sicherheitszwecke, 2013-10
- DIN VDE 0100-704 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-704: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Baustellen, 2007-10
- DIN VDE 0100-706 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-706: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit, 2007-10
- DIN VDE 0100-710 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Medizinisch genutzte Bereiche, 2012
- DIN VDE 0100-717 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-717: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Ortsveränderliche oder transportable Baueinheiten, 2010-10
- DIN VDE 0100-740 – Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-740: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Vorübergehend errichtete elektrische Anlagen für Aufbauten, Vergnügungseinrichtungen und Buden auf Kirmesplätzen, Vergnügungsparks und für Zirkusse, 2007-10
- DIN 14685-1 – Tragbarer Stromerzeuger (Generatorsatz) >5 kVA, 2011-10
- DIN 14686 – Feuerwehrwesen, Schaltschränke für fest eingebaute Stromerzeuger (Generatorsätze) >12 kVA für den Einsatz in Feuerwehrfahrzeugen, 2010-05
- DIN 14687 – Feuerwehrwesen, Fest eingebaute Stromerzeuger (Generatorsätze) kleiner 12 kVA für den Einsatz in Feuerwehrfahrzeugen, 2007-02

## Funktionsprüfung

Nach Inbetriebnahme des Stromerzeugers ist die einwandfreie Funktion zu prüfen.

Die Ausgangsspannung und Frequenz sind zu messen. Die Spannungsmessung sollte sowohl im Leerlauf als auch unter Belastung (mindestens 50 % der Nennleistung) erfolgen, und zwar jeweils zwischen Außen- und Mittelpunktstecker.

Die Frequenz sollte auch unter Belastung (minimal 50 Hz – 2,5 Hz = 47,5 Hz) sowie im Leerlauf (maximal 50 Hz + 2,5 Hz = 52,5 Hz) gemessen werden. Im Rahmen dieser Prüfung ist gleichzeitig festzustellen, ob der Drehzahlregler des Motors korrekt arbeitet. Bei Lastabwurf (mindestens 50 % der Nennleistung) darf die Frequenz nicht über 60 Hz ansteigen.

Des Weiteren prüft man (soweit vorhanden) das Drehfeld der Drehstromsteckdose (Drehfeld rechts), die Funktion des Spannungsmessers, die Funktion der Leistungsanzeige, die Funktion der Schutzleiterprüfeinrichtung sowie die Funktion der Isolationsüberwachungseinrichtung.

Die Prüfung sollte vorzugsweise mit einem Prüf Widerstand von 20 kΩ (mindestens 5 W) erfolgen. Ersatzweise kann die Prüfung auch mit einem zweipoligen Spannungsprüfer mit zuschaltbarer Last erfolgen.

## Prüfung der Abschaltbedingungen bei zwei Fehlern

Der Kurzschlussstrom der tragbaren Stromerzeuger ist begrenzt. Hinsichtlich der Abschaltbedingungen beim Auftreten von zwei Fehlern in unterschiedlichen Leitern wird ein Absinken der Ausgangsspannung/Klemmenspannung auf unter 50 V oder eine Abschaltung gemäß der in DIN VDE 0100-410 beschriebenen Bedingungen in 0,4 s gefordert.

Der Nachweis der Forderung der Abschaltung durch die Überstromschutzorgane ist durch eine Messung (z. B. Netzinnenwiderstand/Netzimpedanz) nicht immer möglich.

Dieser Nachweis kann durch einen praktischen Kurzschlussversuch erfolgen. Hierzu ist jede Steckdose – nacheinander – mit einem Prüf Widerstand von 1,5 Ω zu verbinden. Der Prüf Widerstand ist zwischen L und N (M) anzulegen. Die Leitungsschutzschalter müssen »unverzögert« abschalten.

Der für die Prüfung notwendige Prüf Widerstand von 1,5 Ω lässt sich selbst erstellen – durch Zusammenstecken von zwei Leitungs-

rollern mit je 50m Länge mit einem Leiterquerschnitt von 2,5mm<sup>2</sup>.

Die Leitungsroller muss man für die Prüfung abrollen. Durch Messung (Niederohmmessung) ist vor der Prüfung zu kontrollieren, ob der Widerstand ca. 1,5Ω beträgt. Vorausgesetzt, dass die Spannung bei dem Kurzschlussversuch nicht einbricht, müsste ein Widerstand von 1,5Ω bei einer Spannung von 230V eine Leistung von ca. 35kW aufweisen. Wird ein Widerstand zu kleiner Leistung verwandt, besteht die Gefahr, dass der Widerstand bei der Prüfung überlastet wird und zerplatzt (Verletzungsgefahr).

### **Bewertung der Prüfergebnisse**

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die folgenden Prüfpunkte in dieser festgelegten Reihenfolge nacheinander bestanden wurden.

- Die Sichtprüfung ergab keine die Sicherheit beeinträchtigenden Mängel.
- Die Messung der Durchgängigkeit des Schutzpotenzialausgleichsleiters wurde bestanden.
- Die Prüfung des Isolationswiderstands des Stators wurde bestanden.
- Die Prüfung des Isolationswiderstands des Rotors wurde bestanden.
- Alle Funktionsprüfungen wurden bestanden.
- Die Abschaltung im Fall von zwei Fehlern wurde nachgewiesen.
- Die eigendefinierten Prüfungen wurden bestanden.

Die durchgeführte Prüfung ist zu dokumentieren. Hat das Gerät die Prüfung bestanden, erhält das Gerät eine Prüfplakette, die den nächsten Prüftermin dokumentiert. Auf der Prüfplakette sollte man den

nächsten Prüftermin vorzugsweise mechanisch kennzeichnen.

Hat das Gerät die Prüfung nicht bestanden, ist das Gerät als »defekt« zu kennzeichnen und der weiteren Verwendung zu entziehen. Der Vorgesetzte ist zu informieren.

Die Dokumentation sollte mindestens folgende Informationen wie die Identifikation des Arbeitsmittels (Typ, Hersteller), den Standort, das Datum und den Umfang der Prüfung (Normengrundlage), das Prüfergebnis, die Prüffrist sowie die Prüfperson beinhalten.

---

### **AUTOR**

**Michael Roick**  
Gossen-Metrawatt, Nürnberg

---