

Neue Norm: Elektrische Ausrüstung von Maschinen

Sicherheit von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

W. Baade, Oldenburg

Zur Sicherheit von Maschinen wurde die DIN EN 60204-1 2007-06 (VDE 0113 Teil 1) als Ersatz für die DIN EN 60204-1 (VDE 0113 Teil 1):1998-11 neu herausgegeben. Sie gilt für die Anwendung von elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Ausrüstung und Systemen für Maschinen, die während des Arbeitens nicht von Hand getragen werden, einschließlich einer Gruppe von Maschinen, die abgestimmt miteinander zusammenarbeiten.

1 Inhalt der Norm

Die Norm enthält Anforderungen und Empfehlungen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen, um die Sicherheit von Personen und Sachen, die Einhaltung der Funktionsfähigkeit und die Erleichterung der Instandhaltung zu fördern.

Sie legt jedoch **keine zusätzlichen oder besonderen Anforderungen** fest, die für die elektrische Ausrüstung von Maschinen zutreffen können, die:

- für die Benutzung im Freien bestimmt sind
- explosionsfähige Stoffe verwenden, herstellen oder be- oder verarbeiten
- für die Benutzung in explosionsfähigen und/oder feuergefährdeten Atmosphären bestimmt sind
- besondere Risiken haben, wenn bestimmte Stoffe hergestellt oder verwendet werden
- für die Benutzung im Bergbau bestimmt sind
- Nähmaschinen, Nähmaschinen oder Nähmaschinen sind
- Hebezeuge sind.

1.1 Schutz von Personen

Die Norm berücksichtigt nicht alle Anforderungen zum Schutz von Personen. Dieses gilt insbesondere für Schutzmaßnahmen vor nicht-elektrischen Gefährdungen, die in anderen Normen und Vorschriften festgelegt sind, und in denen spezielle Anforderungen, z. B. an die Ausführung von Verriegelungen und/oder an Steuerungen, gestellt werden. In vielen Fällen ist ein umfangreiches Fachwissen notwendig, um unter anderem

- eine notwendige Risikobeurteilung durchzuführen
- falls in den Normen Alternativen genannt sind, die zutreffenden Bedingungen auszuwählen und

- Alternativen und Anforderungen festzulegen, die in dieser Norm nicht berücksichtigt sind, die aber für die Maschine und bei ihrer Anwendung zum Erreichen der Schutzziele erforderlich sind.

In der Risikobeurteilung, z. B. nach DIN EN 1050, sind das vertretbare Risiko und die notwendigen Schutzmaßnahmen für Personen festzulegen.

Dabei muss der Risikominderung bei der Konstruktion und Entwicklung der Maschine Vorrang vor den technischen Schutzmaßnahmen und angewendeten Arbeitsverfahren beim Betrieb der Maschine eingeräumt werden.

1.2 Lieferant und Betreiber

Zur Festlegung der Details zwischen dem Lieferanten und Betreiber einer Maschine kann der im Anhang B der Norm abgedruckte Fragebogen zur elektrischen Ausrüstung von Maschinen genutzt werden. Zusätzliche Hilfestellung kann das im Bild 1 der Norm dargestellte Blockdiagramm einer typischen Maschine bieten. Damit wird dem Anwender durch Nennen der Abschnittsnummern die Auswahl der relevanten und zutreffenden Normenabschnitte erleichtert.

2 Planung, Auswahl und Montage der Ausrüstung

In der Norm werden insbesondere Kriterien aufgeführt, die bei der Planung, Auswahl und Montage der elektrischen Ausrüstung Berücksichtigung finden müssen:

- Elektrische Versorgung, Betriebsspannung
- Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen
- Netzanschlüsse und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten
- Schutz gegen elektrischen Schlag
- Schutz der Ausrüstung, Überstrom- und Überlastschutz
- Potentialausgleich, Schutzleitersystem
- Steuerstromkreise und Steuerfunktion, Handlungen im Notfall (Not-Aus, Not-Halt)

- Bedienerchnittstellen, Steuergeräte, Farbkodierungen und Kennzeichnungen
- Schaltgeräte: Anordnung, Aufbau und Gehäuse
- Leiter, Kabel und Leitungen, Strombelastbarkeit, Spannungsfall
- Verdrahtungstechnik, Identifizierung von Leitern
- Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung
- Zubehör und Beleuchtung
- Kennzeichnung, Warschilder und Referenzkennzeichen
- Technische Dokumentation, Stromlaufpläne, Bedienungsanleitung
- Prüfung und Funktionsprüfung.

Um dem Anwender Hinweise zu geben, welche Maschinen in den Anwendungsbereich der Norm fallen, ist im Anhang C der Norm eine entsprechende Liste mit Beispielen enthalten.

3 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die Ausrüstung der Maschine muss so ausgelegt sein, dass keine elektromagnetischen Störungen oberhalb des zulässigen Niveaus erzeugt werden und zugleich eine ausreichende Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen vorhanden ist. Ein einwandfreier und sicherer Betrieb in der vorgesehenen Umgebung muss dadurch möglich sein.

Gegenmaßnahmen zum Begrenzen von elektromagnetisch bedingten Störungen können Filter in der Energiezuleitung, geschirmte Kabel und Leitungen, entsprechend konzipierte Gehäuse und/oder Funkentstörtechniken sein. Zur Erhöhung der Störfestigkeit der Ausrüstung ist ein Funktions-Potentialausgleich von großer Bedeutung. Hier wird zusätzlich zum Schutzpotentialausgleich die Masse empfindlicher Stromkreise einbezogen und die Verbindung zur Erde mit Leitern mit niedriger Hochfrequenzimpedanz (Flachleiter) hergestellt.

Weitere Maßnahmen sind die:

- Anwendung von verdrehten Leitern
- ausreichende Abstände zwischen Leitern, die Störungen aussenden und Leitern empfindlicher Stromkreise
- Ausrichtung der Kabel und Leitungen bei nicht vermeidbaren Kreuzungen auf 90°
- Leiterführung so dicht wie möglich an der Masseebene
- Benutzung von elektrostatischen und/oder elektromagnetischen Abschirmungen sowie
- Vermeiden von unnötigen Leiterschleifen, z. B. durch Reserveschleifen an Klemmen.

4 Netzanschlüsse und Netz-Trenneinrichtungen

Wenn möglich, sollte die Einspeisung der elektrischen Ausrüstung einer Maschine über eine einzige Energieversorgung erfolgen. Teile der

Autor

Elektroinstallationsmeister *Werner Baade* ist Dozent beim bfe Oldenburg.



❶ Kompakt-Leistungsschalter – möglicher Einsatz als Hauptschalter (Netztrennschalter) und Not-Aus-Einrichtung
Foto: Moeller

Ausrüstung, die andere Spannungen benötigen, sollten über interne Transformatoren oder Umrichter versorgt werden. An jedem Netzanschluss zu einer oder mehreren Maschinen sowie für jede Bordstromversorgung sind Netz-Trenneinrichtungen vorzusehen. Hierfür können Lasttrennschalter, Leistungsschalter (Bild ❶) oder unter bestimmten Bedingungen Trennschalter verwendet werden. Die Netz-Trenneinrichtung muss:

- eine Schaltstellungsanzeige
- eine äußere Bedieneinrichtung (Ausnahme kraftbetriebene Schaltgeräte)
- eine Vorrichtung zum Abschießen in der AUS-Stellung
- eine allpolige Trennung und
- ein ausreichendes Schaltvermögen aufweisen. Die Bedieneinrichtung muss leicht zugänglich in einer Höhe von 0,6 m bis 1,9 m montiert sein.

Wenn bestimmte Stromkreise, z. B. für die Beleuchtung oder für Steckdosen zur Instandhaltung, nicht durch die Netz-Trenneinrichtung abgeschaltet werden, ist ein entsprechendes Warnschild in deren Nähe anzubringen. Ersatzweise müssen die Leiter solcher Stromkreise räumlich getrennt verlegt und farblich besonders gekennzeichnet sein.

Stecker/Steckdosen-Kombinationen können bei flexiblen Leitungen ebenfalls als Netz-Trenneinrichtung genutzt werden. Wenn diese so angebracht sind, dass sie in unmittelbarer Aufsicht der arbeitenden Person liegen, darf eine Einrichtung zum Abschießen entfallen.

5 Schutz von Motoren gegen Überhitzung

Motoren mit einer Bemessungsleistung über 0,5 kW sind gegen unzulässige Erwärmung zu schützen. Dieses kann durch einen Überlastschutz, Übertemperaturschutz oder den Schutz durch Strombegrenzung erreicht werden. Beim Überlastungsschutz wird der Betriebsstrom in den Leitern erfasst. Kommt es zu einer unzulässigen Stromerhöhung, z. B. durch Überlastung oder Blockierung des Mo-

tors, schaltet das Überlastschutzgerät alle aktiven Leiter ab. Ein Bimetallrelais mit einstellbarem Betriebsstrom kann diese Anforderungen in Verbindung mit einem zusätzlichen Schaltgerät erfüllen. Ein Motorschutzschalter hingegen kann gleichzeitig den Kurzschlusschutz für die Kabel- und Leitungen sicherstellen, sodass hier keine weiteren Schutzeinrichtungen (z. B. Sicherungen) erforderlich sind. Voraussetzung ist die Anordnung eines geeigneten Motorschutzschalters am Anfang der Leitungen und Kabel.

Bei Motoren, bei denen die Kühlung durch die Umgebungsbedingungen, z. B. Staubablagerungen, beeinträchtigt werden kann, wird ein Übertemperaturschutz empfohlen. Bei dieser Schutzmaßnahme wird die Motortemperatur in den Wicklungen mit darin eingebetteten Kaltleitern (PTC-Fühler) oder Thermokontakten ständig überwacht. Bei Übertemperatur werden über ein Auslösegerät alle aktiven Leiter abgeschaltet. Darüber hinaus können ein Unterspannungsauslöser und/oder ein Phasenausfallschutz sinnvoll sein.

5.1 Steuerstromkreise

Wo Steuerstromkreise von einer Wechselspannungsquelle gespeist werden, müssen Steuertransformatoren mit getrennten Wicklungen für die Versorgung der Steuerstromkreise verwendet werden. Eine Ausnahme bilden Steuerungen mit nur einem einzigen Motorstarter und/oder maximal zwei Steuergeräten (z. B. Start/Stop-Bedienstation). Die Steuerspannung darf maximal 277 V betragen, und der Transformator ist gegen Überlast zu schützen.

5.2 Handlungen im Notfall

Stopp-Funktionen. Diese werden in drei Kategorien unterteilt.

- **Stopp-Kategorie 0:** Stillsetzen durch sofortiges Unterbrechen der Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebsselementen.
- **Stopp-Kategorie 1:** Gesteuertes Stillsetzen, wobei die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebsselementen beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen. Die Energiezufuhr wird erst dann unterbrochen, wenn der Stillstand erreicht ist.
- **Stopp-Kategorie 2:** Gesteuertes Stillsetzen – die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebsselementen wird beibehalten.

Die Wahl der Stopp-Kategorie, ist abhängig von dem Ergebnis der für eine Maschine durchgeführten Risikobeurteilung.

Not-Halt-Funktion. Sie ist dazu bestimmt, einen gefahrbringenden Prozess oder eine gefahrbringende Bewegung anzuhalten. Gegenüber der Stopp-Funktion gelten diese zusätzlichen Anforderungen:

- Die Not-Halt-Funktion muss gegenüber allen anderen Funktionen Vorrang haben.
- Die Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben, die eine gefahrbringende Situation verursachen können, muss ohne Erzeugen anderer Gefährdungen, unverzüglich (Stopp-

- Kategorie 0) unterbrochen oder gesteuert (Stopp-Kategorie 1) unterbrochen werden.
- Das Rücksetzen darf keinen selbsttätigen Wiederanlauf verursachen.

Die Not-Aus-Funktion bewirkt ein Abschalten der Energieeinspeisung mit elektromechanischen Schaltgeräten und sollte immer dort vorgesehen werden wo:

- ein Schutz gegen direktes Berühren nur durch Abstand oder Hindernisse erreicht wird oder
- es die Möglichkeit anderer Gefährdungen oder Beschädigungen durch elektrische Energie gibt.

Wenn für eine Maschine die Stopp-Kategorie 0 nicht zulässig ist, sind andere geeignete Maßnahmen zu wählen.

Zur Betätigung der Not-Halt- oder Not-Aus-Funktion sind Geräte einzusetzen, die bis zur manuellen Rücksetzung den Befehl aufrecht erhalten. Das können z. B. mit pilzförmigen Bedieneinrichtungen betätigte Schalter oder Reißleinschalter sein. Die Bedienteile sind rot zu kennzeichnen und vorzugsweise auf einem gelben Hintergrund anzuordnen.

6 Schutzleitersystem

Das Schutzleitersystem wird realisiert durch das Verbinden:

- der vorhandenen Schutzleiter der Maschine
- der Körpern und leitfähigen Teilen der Maschine und
- der fremden leitfähigen Teile, die Bestandteil der Maschine sind.

Alle Teile und Leiter sind so auszulegen, dass sie den mechanischen und thermischen Beanspruchungen durch die an den jeweiligen Anlagenteilen zu erwartenden Erdschlussströmen standhalten. Wo die Leitfähigkeit der Konstruktionsteile nicht ausreicht, ist ein zusätzlicher Anschluss an einen Ausgleichsleiter erforderlich. Dieser muss mindestens den halben Querschnitt des zugehörigen Schutzleiters aufweisen – siehe Tabelle 1 der Norm.

6.1 Identifizierung von Leitern

Alle Leiter der elektrischen Ausrüstung müssen in Übereinstimmung mit der Dokumentation leicht identifizierbar sein.

Grün-gelbe Kennzeichnung. Schutzleiter sind in ihrem ganzen Verlauf durch die Zweifarbenkombination „Grün-Gelb“ zu kennzeichnen. Ausnahmen bestehen nur für leicht identifizierbare Leiter, bei denen ist es ausreichend, nur die Leiterenden mit einem grafischen Symbol oder der Zweifarbenkombination „Grün-Gelb“ zu versehen.

Die Farbkombination „Grün-Gelb“ darf für keinen anderen Zweck als für Schutz- und Schutzpotentialausgleichsleiter verwendet werden.

Farbe Blau. In Stromkreisen, die einen Neutralleiter enthalten, ist dafür die Farbe „Blau“ anzuwenden.

Zuordnung von Leiterfarben laut Norm:

- **„Schwarz“** – Hauptstromkreise für Gleich- und Wechselstrom
- **„Rot“** – Steuerstromkreise für Wechselstrom
- **„Blau“** – Steuerstromkreise für Gleichstrom
- **„Orange“** – Steuerkreise, die nach Betätigung der Netztrenneinrichtung noch Spannung führen.

6.2 Technische Dokumentation

Mit der elektrischen Ausrüstung von Maschinen ist eine Dokumentation zu liefern, aus der alle notwendigen Informationen für das Errichten, den Betrieb und die Instandhaltung hervorgehen. Die Dokumentation hat so unter anderem zum Inhalt:

- eine Beschreibung der Ausrüstung
- die Anforderungen an die elektrische Versorgung und zu den Umgebungsbedingungen
- Übersichts- und Stromlaufpläne sowie Pläne zur Programmierung
- Hinweise zur Prüfung, Wartung und Instandsetzung
- eine Beschreibung der Schutzeinrichtungen und technischen Schutzmaßnahmen
- Arbeitsanleitungen und Informationen über mögliche Restrisiken bei bestimmungsgemäßem Gebrauch usw.

Die Unterlagen müssen den Anforderungen der DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1) entsprechen.

7 Prüfungen

Wie alle elektrischen Anlagen und Betriebsmittel sind neu erstellte oder geänderte elektrische Ausrüstungen von Maschinen vor der Übergabe, nach der Montage am Einsatzort, vor der ersten Inbetriebnahme und durch wiederkehrende Prüfungen in regelmäßigen Abständen auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen.

Der notwendige Umfang der Prüfungen ist der Produktnorm oder wenn es eine solche für die betreffende Maschine nicht gibt, der vorliegenden Norm zu entnehmen. Danach sind im Allgemeinen mindestens diese Prüfungen vorzunehmen:

- Übereinstimmung mit der Dokumentation
- Sicherstellen des Schutzes durch automatisches Abschalten (Durchgängigkeit des Schutzleitersystems und Eignung der zugeordneten Schutzeinrichtungen)
- Isolationswiderstände (mind. 1 MΩ bei 500 V Gleichspannung)
- Spannungsprüfung – mit dem zweifachen Wert der Bemessungsspannung, mind. jedoch mit 1000 V für 1 s
- Schutz gegen Restspannungen und
- Funktionsprüfungen.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.