Potenzialausgleich in explosionsgefährdeten Bereichen

08.03.2024, 09:30 Uhr
Kommentare: 3
Sicher arbeiten



Explosionsgefährdete Bereiche erfordern besondere Schutzmaßnahmen: Potenzialausgleich und Schutz gegen Selbstlockern. (Bildquelle: industryview/iStock/Getty Images)

Beim Einsatz von elektrischen Schutzmaßnahmen gibt es viele grundlegende Dinge zu beachten. Eine der wichtigsten Anforderungen, wenn es um Schutz geht, ist der Potenzialausgleich bei explosionsgefährdeten Bereichen und das Sichern von selbstlockernden Schrauben.

Potenzialausgleich

Der Potenzialausgleich nach DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) ist eine der grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen.

Die Wichtigkeit dieser Anforderung zeigt sich darin, dass in VDE 0165:1983-09 eine Nachrüstpflicht für alle Anlagen in Zone 0 und 1 bis zum 31.05.1985 gefordert wurde.

Diese Forderung wurde mit Einführung der dreiteiligen Zoneneinteilung in der Ausgabe VDE 0165:1991 auch auf alle Zonen ausgedehnt. In der TRGS 723 wurde im Abschnitt 5.6.2.2 eine Einschränkung aufgenommen und präzisiert, dass ein zusätzlicher Potenzialausgleich (gemeint ist der Potenzialausgleich nach DIN EN 60079-14 VDE 0165-1) in den Zonen 2 und 22 nur dann notwendig ist, wenn mit gefährlichen Ausgleichströmen auch im Normalbetrieb zu rechnen ist.

Potenzialausgleich bei Installationen in explosionsgefährdeten

Bereichen

Für Bereiche der Zonen 0, 20, 1 und 21 ist in der Regel auch ein Blitzschutz nach DIN EN 62305-3 erforderlich, der ebenfalls einen Potenzialausgleich erfordert. Es ist deshalb ein gemeinsamer Blitzschutz- und Potenzialausgleich nach DIN EN 60079-14 für die Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen notwendig.

Auch in allgemeinen elektrischen Anlagen wird zum Schutz gegen elektrischen Schlag ein Potenzialausgleich gefordert. Die Anforderungen an den Potenzialausgleich in explosionsgeschützten elektrischen Anlagen nach DIN VDE 0165, DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) Abschnitt 6.3 gehen jedoch über das in der Norm DIN VDE 0100 in den Teilen 410, 540 und 600 geforderte Schutzziel „Schutz vor elektrischen Schlag“ weit hinaus. Der in DIN VDE 0100-410 für den Fehlerschutz in TN-, TT- und IT-Systemen mit Schutz durch Abschaltung geforderte Schutzpotenzialausgleich (früher Hauptpotenzialausgleich) hat als Schutzziel sicherzustellen, dass im Fehlerfall die Potenzialdifferenzen zwischen Körpern von Betriebsmittel und fremden leitfähigen Teilen und damit die durch Überbrückung z.B. einer Person wirksame Berührungsspannung so gering wie möglich ausfällt.

Die auftretende Fehlerspannung muss entweder unterhalb der dauernd zulässigen Berührungsspannung von 50 V AC bleiben oder der Fehler muss für den Berührungsschutz ausreichend schnell abgeschaltet werden. Dazu dient die Schutzerdung (Erdung über den Schutzleiter) aller Geräte der Schutzklasse I in Verbindung mit dem Schutzpotenzialausgleich.

Für den Explosionsschutz ist eine Begrenzung der Fehler- und Berührungsspannung oder der Abschaltzeiten nicht zielführend, da

- einerseits Spannungen bis 50 V AC nicht eigensicher sind, und damit Zündungen verursachen können,
- und andererseits auch im Fehlerfall während der Zeitdauer bis zum Abschalten des Fehlers keine gefährlichen Potenzialunterschiede vorhanden sein dürfen, die zu einem zündfähigen Funken führen könnten.

Aus diesem Grund wird für den Explosionsschutz ein zum Hauptpotenzialausgleich zusätzlicher Potenzialausgleich nach DIN VDE 60079-14 (VDE 0165-1).

Tipp der Redaktion



Elektrowissen zum Mitnehmen

- Lesen Sie spannende Expertenbeiträge.
- Stellen Sie unseren Fachexperten Ihre Fragen.
- Nutzen Sie die Download-Flat mit einer Vielzahl an Checklisten, Prüflisten, Arbeits- und Betriebsanweisungen.

Erste Ausgabe gratis!

Auch als Onlineversion erhältlich. Machen Sie mit beim Papiersparen.

Erdschluss in elektrischer Anlage

Der Erdschluss in einer elektrischen Anlage ist als ein vorhersehbarer Fehler zu betrachten, der z.B. in der Zone 1 bzw. Zone 21 zu beherrschen ist. Bis zum Abschalten der fehlerhaften Anlage durch die Abschaltmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410 können z.B. im TN-S-System bis zu 5 Sek. vergehen. In dieser Zeit können bis zu 115 V (im 230-V-Netz) an dem fehlerhaften Körper anliegen, wenn an diesem lediglich die Schutzerdung vorgenommen wird. Ursache für diese Spannung ist der Spannungsfall am Schutzleiter in der Fehlerschleife.

Auch im Fehlerfall keine gefährlichen Potenzialdifferenzen entstehen lassen!

Auch wenn es im Abschnitt 6.4 „Potenzialausgleich“ nicht explizit aufgeführt ist: Ziel im Explosionsschutz ist, auch im Fehlerfall keine für das Auftreten zündfähiger Funken gefährliche Potenzialdifferenzen entstehen zu lassen. Dies ist durch den Hauptabschnitt 6 der Norm belegt, dessen Überschrift „Schutz gegen gefährliche (zündfähige) Funken“ lautet. Diesem Gedanken kommt der zusätzliche (örtliche) Potenzialausgleich nach DIN VDE 0100-410 recht nahe. Dieser kann bzw. muss immer durchgeführt werden, wenn für den Schutz gegen elektrischen Schlag ein Schutz durch Abschaltung nicht erreicht werden kann. Er muss dann sicherstellen, dass die maximale Potenzialdifferenz 50 V AC (oder 120 V DC) zwischen gleichzeitig berührbaren Körpern untereinander und zu fremden leitfähigen Teilen bei Abschaltung durch den Abschaltstrom nicht überschritten wird.

Der nach DIN EN 60079-14 in allen explosionsgefährdeten Bereichen geforderte Potenzialausgleich gleicht damit in den Grundzügen dem nach DIN VDE 0100-410 zu erstellenden zusätzlichen Potenzialausgleich, er ist im Explosionsschutz jedoch nur eine

Basismaßnahme, die immer anzuwenden ist. Zusätzlich muss für den Explosionsschutz gewährleistet werden, dass beim Stromübergang über die Potenzialausgleichsverbindung kein Funken oder eine unzulässige Erwärmung entstehen können. Funken und unzulässige Erwärmung beim Stromübergang sind dann verhindert, wenn die Verbindung stromtragfähig für den zu erwartenden Strom und ein zuverlässiger metallischer Kontakt gegeben ist. Letzteres ist gegeben, wenn die Verbindungen von Potenzialausgleichsleitern gegen Selbstlockern gesichert sind und sichergestellt wird, dass Korrosionen die Wirksamkeit der Verbindung nicht verringern.

Auf Schutz gegen Selbstlockern achten

Im Grundsatz sollte der Anwender nur Verbindungen einsetzen, für die der Hersteller schon bescheinigt, dass ein Schutz gegen Selbstlockern gegeben ist. Dies ist bei bestimmten Potenzialausgleichsschienen und den Anschlussstellen für den Potenzialausgleich an elektrischen explosionsgeschützten Geräten nach der Richtlinie 2014/34/EU (ATEX) gegeben. Lediglich bei Rohrleitungen und sonstigen Anschlüssen an fremde leitfähige Teile muss der Anwender sich auf seine eigene Beurteilung stützen. Er benötigt dabei fundierte Kenntnisse in den Ursachen des Selbstlockerns und die infrage kommenden Verbindungsmethoden. Die Fragestellung benötigt deshalb einen tieferen Einstieg in die Problematik der Befestigungstechnik. So ist insbesondere auch zu berücksichtigen, dass es genormte und nicht genormte Sicherungselemente gibt und nicht alle in der Mechanik geeigneten Sicherungsmethoden auch für Anwendungen in der Elektrotechnik geeignet sind.

Wichtig ist dabei zu verstehen, welche Wirkprinzipien beim Lockern der Schraube wirksam sind. Man muss unterscheiden zwischen dem Verlust der Vorspannung und selbstständigem Losdrehen. Der Verlust der Vorspannung lässt sich nur durch konstruktive Maßnahmen beherrschen, z.B. durch Veränderung des Klemmlängenverhältnisses oder durch die Verwendung elastischer Elemente. Wenn keine hohen Vibrationskräfte auftreten und auch keine hohen Festigkeitsklassen gefordert sind, was bei Potenzialausgleichsverbindungen in der Regel gegeben ist, sind sicher die mitverspannenden federnden Elemente mit Ausnahme von Zahn- und Fächerscheiben einsetzbar. Bei Letzteren wurde festgestellt, dass ein ausreichender elektrischer Kontakt nicht sichergestellt werden kann. Bei den meisten mitverspannenden federnden Elementen sind die Normen wegen Nichtwirksamkeit gegen Losbrechen zurückgezogen worden. Für höhere Anforderungen können als Losbrechsicherungen sperrende Elemente eingesetzt werden.

Einsatz von Schrauben mit Sägezahnflansch, Rippzahnschrauben, Keilsicherungsscheiben oder Schorrscheiben

Wie bei allen nicht genormten Sicherungselementen liegt es in der Verantwortung des Anwenders die Verwendbarkeit im Einzelfall nachzuweisen. Wer sicher gehen will, insbesondere wenn Vibrationen zu erwarten sind, sollte Schrauben mit Sägezahnflansch, Rippzahnschrauben, Keilsicherungsscheiben nach DIN 25201 oder Schorrscheiben einsetzen. Dies schließt nicht aus, dass für die Verbindungen von Schutz- und Potenzialausgleichsleitern weiterhin die nicht mehr genormten Sicherungselemente Federringe, Sprengringe und Federscheiben bei lediglich geringen mechanischen

Anforderungen hinsichtlich notwendiger Vorspannung, Vibrationen und Erwärmung einsetzbar sind. Entscheidend hierfür ist dann die Erfahrung der Hersteller und Anwender für ihre Anwendungen. Wer tiefer in die Problematik der Sicherung gegen Selbstlockern eindringen will, sollte den Absatz „Sicherung gegen Selbstlockern“ im Anschluss lesen.

Downloadtipps der Redaktion

Unterweisung: VDE 0100-410 Schutz gegen elektrischen Schlag

Hier gelangen Sie zum Download.

E-Book: DIN VDE 0100-410

Hier gelangen Sie zum Download.

E-Book: Prüfprotokolle für die Elektrofachkraft

Hier gelangen Sie zum Download.

Geringe Spannungsdifferenzen

Es müssen alle Körper elektrischer Betriebsmittel, auch solche mit Schutzleiter, und fremde leitfähige Teile, wie Gebäudestützen und Konstruktionsteile von Gebäuden, Rohrleitungen, Kabelschirme und Kabelbewehrungen sowie Behälter usw., in den Potenzialausgleich so einbezogen werden, dass nur mit geringen Spannungsdifferenzen zu rechnen ist. Dies ist immer dann der Fall, wenn die Verbindungen ausreichend querschnittsstark sind. Bei der Auslegung des Querschnitts ist DIN VDE 0100 Teil 540 zu beachten. Sie fordert für die Potenzialausgleichverbindung zwischen Körpern einen Querschnitt, der mindestens dem Querschnitt des kleineren Schutzleiters entspricht, und für die Verbindung zwischen Körper und leitfähigen fremden Teilen einen Querschnitt, der mindestens halb so groß ist wie der Querschnitt des entsprechenden Schutzleiters.

Für die Verbindung zwischen fremden leitfähigen Teilen muss der Schutzpotenzialausgleichsleiter den Anforderungen von Abschnitt 544.1 der DIN VDE 0100 für die Verbindung zur Haupterdungsschiene genügen. Damit darf er für diese Verbindungen

- 6 mm^2 bei Kupfer,
- 16 mm^2 bei Aluminium bzw.
- 50 mm^2 bei Stahl

nicht unterschreiten.

Als weitere einschränkende Bedingung gilt für explosionsgefährdete Bereiche, dass der Querschnitt des Potenzialausgleichsleiters nicht kleiner als 2,5 mm^2 sein darf, wenn mechanischer Schutz vorgesehen ist, und nicht kleiner als 4 mm^2, wenn kein mechanischer Schutz vorgesehen ist.

Die Bauvorschrift DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) legt für Erdungs- oder Potenzialausgleich-Anschlussteile an der Außenseite der elektrischen Betriebsmittel für den Anschluss eines Leiters eine Mindestquerschnittfläche von 4 mm^2 fest.

Im Übrigen versteht es sich von selbst, dass auch in explosionsgefährdeten elektrischen Anlagen ein Hauptpotenzialausgleich nach DIN VDE 0100-410 vorzusehen ist und für

dessen Dimensionierung DIN VDE 0100-540 einzuhalten ist.

Spannungsdifferenzen einhalten

Um die Anforderung nach nur geringen Spannungsdifferenzen zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen einzuhalten, muss der Erdungspunkt von Kabelschirmen und Kabelbewehrungen, wenn diese nur außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs, z.B. in der Warte, geerdet werden, mit dem Schutzpotenzialausgleichssystem des explosionsgefährdeten Bereichs verbunden werden. Die freien Enden von Bewehrungen und Schirme von Kabeln und Leitungen, die nur außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs und damit nur einseitig geerdet werden, müssen im explosionsgefährdeten Bereich so behandelt werden wie freie nicht benutzte Kabel- und Leitungsenden, siehe auch Abschnitt 9.6.3 der DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1). Sie müssen entweder sicher auf für die Zündschutzart geeignete Klemmen gelegt oder isoliert werden. Der Grund liegt darin, dass sie aufgrund von Induktion und kapazitiver Beeinflussung am freien Ende eine Spannung führen können, die zu gefährlichen Funken führen kann.

Systemerdung

Für die Systemerdung gilt im TN-System nach DIN EN 60079-14, dass der Schutzleiter an der Übergangsstelle der Aufteilung vom TN-C-System auf das TN-S-System nicht explosionsgefährdeten Bereich an das Schutzpotenzialausgleichssystem des explosionsgefährdeten Bereichs angeschlossen werden muss.

Auf einen zusätzlichen PA-Anschluss kann bei elektrischen Betriebsmitteln verzichtet werden, wenn sie festen und gesicherten metallischen Kontakt mit Konstruktionsteilen oder Rohrleitungen haben, die ihrerseits mit dem Schutzpotenzialausgleichssystem verbunden sind. Dagegen kann es bei Leitungen notwendig sein, metallische Kabelschirme oder -bewehrungen anzuschließen. Die Norm lässt hier einen Anschluss an eine innere Erdungsplatte zu, um einzelne separate äußere Anschlüsse der KLE an den Schutzpotenzialausgleich zu vermeiden.

Metallene Fenster- oder Türrahmen

Metallene Fenster- oder Türrahmen erfordern in der Regel keinen Anschluss als fremde leitfähige Teile, weil sie aufgrund der Definition keine fremden leitfähigen Teile sind. Sie können in der Regel kein fremdes Potenzial, das auch das Erdpotenzial sein kann, in einen Raum einführen. Insofern ist die Norm hier nicht präzise, indem sie erläutert, dass fremde leitfähige Teile keinen Anschluss an den Schutzpotenzialausgleich erfordern, wenn keine Gefahr der Spannungsverschleppung besteht. Wenn diese nicht besteht, sind diese Teile schon definitionsgemäß keine fremden leitfähigen Teile. Leitfähige Teile, die ein fremdes Potenzial in den Raum einführen können, sind z.B. Rohrleitungen, die ein Gebäude durchqueren, aber keine metallischen Türen oder Türzargen oder Türgriffe, metallische Fensterrahmen oder Kabelpritschen, die am Wanddurchtritt nicht metallisch durchverbunden sind.

Lüftungsleitungen

Auch Lüftungsleitungen, die am Wanddurchtritt mit sogenannten Segeltuchstutzen versehen sind und damit nicht raumübergreifend leitfähig sind, gehören nicht zu den

fremden leitfähigen Teilen. Alle solche Leitungen (Kabelpritschen, Rohrleitungen, Lüftungsleitungen) sind lediglich in den Hauptpotenzialausgleich einzubeziehen, aber nicht nochmals im explosionsgefährdeten Raum an den Schutzpotenzialausgleich anzuschließen, es sei denn, es besteht die Vermutung, dass eine Spannungsverschleppung möglich ist, oder aus anderen Gründen, z.B. aus Überspannungsschutzgründen nach dem Blitz-Schutzzonenkonzept. Eine Spannungsverschleppung ist unter Umständen, z.B. bei Ständerwänden mit metallischer Stützkonstruktion, zu unterstellen.

Kabelpritschen

Es sei darauf hingewiesen, dass bei Kabelpritschen immer darauf zu achten ist, welche Art von Kabeln und Leitungen auf ihnen geführt wird. Nur wenn diese die Eigenschaft „Schutzisolierung“ aufweisen, reicht der Anschluss an den Hauptpotenzialausgleich aus. Liegen dort aber auch Kabel oder Leitungen ohne diese Eigenschaft, so ist die Pritsche Körper eines Betriebsmittels und muss an den Schutzleiter angeschlossen werden. In diesem Fall sind alle Teile der Pritsche an den Unterbrechungsstellen mit Leitern und Anschlüssen zu verbinden, die Schutzleiterqualität haben.

Gehäuse eigensicherer Betriebsmittel

Abweichend von der Grundanforderung an Potenzialausgleich brauchen Gehäuse eigensicherer Betriebsmittel keine Potenzialausgleichsverbindung, wenn es nicht in der Dokumentation gefordert wird oder zu fordern ist. Der Grund ist einsichtig: Selbst ein Fehler mit Kontakt zum Körper des eigensicheren Betriebsmittels lässt keine zündfähigen Funken entstehen.

Eine Potenzialausgleichsschiene ist erforderlich, wenn mehr als zwei Schutzleiter zusammengeschlossen werden sollen. Der Querschnitt eines einzelnen Ausgleichsleiters an diese Potenzialausgleichsschiene darf einen minimalen Querschnitt von 4 mm^2 und einen minimalen Querschnitt von 6 mm^2 für den Hauptanschluss an die Potenzialausgleichsschiene nicht unterschreiten.

Vielfach gibt es Zweifel, ob Schutzpotenzialausgleichsschienen und Schellen für den Schutzpotenzialausgleich an Rohrleitungen in explosionsgefährdeten Bereichen zulässig sind, da die Norm DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) dazu keine explizite Aussagen liefert.

Für den explosionsgefährdeten Bereiche sind nach Auffassung des Autors alle Potenzialausgleichsschienen geeignet, die DIN VDE 0618-1 entsprechen. DIN VDE 0618-1 fordert für Potenzialausgleichsschienen, dass die Kontakte widerstandsfähig gegen Korrosion sind und die für eine sichere Klemmung erforderliche Kontaktkraft dauerhaft aufrechterhalten wird; ab einem Querschnitt von 10 mm^2 müssen die Kontakte auch blitzstromfest sein und Blitzströme bis 20 kA führen können.

Tipp der Redaktion



Elektrowissen zum Mitnehmen

- Lesen Sie spannende Expertenbeiträge.
- Stellen Sie unseren Fachexperten Ihre Fragen.
- Nutzen Sie die Download-Flat mit einer Vielzahl an Checklisten, Prüflisten, Arbeits- und Betriebsanweisungen.

Erste Ausgabe gratis!

Auch als Onlineversion erhältlich. Machen Sie mit beim Papiersparen.

Schutzleiterklemmen

Die in DIN VDE 0618 in Bezug genommene DIN VDE 0609-1 fordert für Schutzleiterklemmen zusätzlich, dass ein zufälliges Lösen der Leiter wirksam verhindert sein muss. Im Zweifelsfall sollte man sich die Eigenschaft „Verhinderung des Selbstlockerns“ vom Hersteller bestätigen lassen. Potenzialausgleichsschienen, die der Gerätenorm entsprechen, haben im Gegensatz zu spannungsführenden Klemmen bei bestimmungsgemäßer Verwendung keine eigene potenzielle Zündquelle. Sie sind damit keine Geräte im Sinne der RL 2014/34/ EU (ATEX). Dies schließt nicht aus, dass es Hersteller gibt, die eine Konformität nach der Richtlinie 2014/34/EU bescheinigen, weil sie sich davon einen besseren Marktzugang erhoffen.

Rohrschellen

Etwas differenzierter ist die Verwendung von Rohrschellen zu sehen, für die es derzeit keine gültige Herstellungsnorm hinsichtlich Explosionsschutzanforderungen gibt. Hier kann man sich auf den Standpunkt stellen, dass diese Betriebsmittel u.U. der ATEX unterliegen, weil erst aufgrund von speziellen Maßnahmen für den Explosionsschutz, die nicht schon in allgemeinen Normen festgelegt sind, potenzielle Zündquellen vermieden werden, z.B. Selbstlockern, Verdrehschutz des Leiteranschlusses, Korrosion.

Nach Auffassung des Autors sollte auch für Schellen mindestens die Anforderung nach DIN EN 60079-0 für Geräte eingehalten werden. Diese legt im Abschnitt 15 „Anschlussteil für Erdungs- und Potenzialausgleichsleiter“ fest, dass Anschlussteile ausreichend gegen Korrosion geschützt sein und dass die Anschlüsse in solcher Weise ausgeführt sein müssen, dass die Leiter gegen Lockern und Verdrehen gesichert sind und dass der Kontaktdruck dauernd aufrechterhalten bleibt. Bei Leichtmetall als Kontaktpartner sind

besondere Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Die Norm nennt als Beispiel in solchen Fällen die Verwendung eines Zwischenstücks aus Stahl.

Für den Blitzschutz-Potenzialausgleich nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) in Ex-Bereichen werden Anschlüsse an Rohrleitungen häufig geschweißt, mit Bolzen oder mit Gewindebuchsen ausgeführt, da für Schellen der Nachweis der Zündsicherheit bei Blitzströmen zu führen wäre. Nach Wissen des Autors gibt es derzeit bisher nur wenige Hersteller, die diesen Nachweis geführt haben.

Letztendlich bleibt der Betreiber in der Verantwortung, der insbesondere bei der Verwendung von Rohrschellen den Nachweis der Eignung der Verbindung im speziellen Anwendungsfall führen muss. Die rechtliche Grundlage dafür eröffnet ihm der Anhang I Nr. 1.8(2) Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), der ausführt, dass Betriebsmittel den entsprechenden Kategorien nach der ATEX für die Zonen entsprechen müssen, es sei denn im Explosionsschutzdokument ist etwas anderes festgelegt. Dieser Nachweis erstreckt sich nach Auffassung des Autors auf die Stromtragfähigkeit, auf den Korrosionsschutz und die gegen Selbstlockern gesicherte Verbindung – dies insbesondere bei Verbindungen, die regelmäßig Vibrationen oder wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind. Der Korrosionsschutz kann durch leichtes Einfetten oder – je nach Einflussgrößen – durch eine Korrosionsschutzbinde erfolgen (Nachteil: Prüffähigkeit durch Sichtprüfung eingeschränkt). Isolierbänder werden für diese Zwecke nicht bestimmungsgemäß verwendet. Auf ihren Einsatz sollte verzichtet werden.

Sicherung gegen Selbstlockern

Das Lockern von Schrauben entsteht, wenn entweder die Vorspannung verloren geht oder wenn äußere Kräfte ein selbstständiges Losdrehen bewirken. Der Verlust der Vorspannung lässt sich nur durch konstruktive Maßnahmen beherrschen, z.B. durch Veränderung des Klemmlängenverhältnisses oder durch die Verwendung elastischer Elemente. Gegen selbstständiges Losdrehen wirken besondere Sicherungselemente, die Vibrationen auffangen, indem die Gewinde verklebt werden, oder der Drehbewegung eine Sperre entgegensetzen (Losdrehsicherungen).

Grundsätzlich gibt es verschiedene Sicherungsmethoden, die entsprechend den auftretenden Belastungen und der benötigten Festigkeitsklasse unterschiedlich geeignet sind; dazu gehören prinzipiell die folgenden Elemente:

- formschlüssige Elemente
- mitverspannende federnde Elemente
- kraftschlüssige Elemente
- sperrende Elemente
- chemische Elemente

Unter bestimmten Bedingungen sind viele dieser Elemente nur als Verliersicherungen, und nicht als Losbrechsicherungen oder als Schutz gegen Selbstlockern einsetzbar oder sogar vollständig unwirksam.

Formschlüssige Elemente

Mechanische formschlüssige Sicherungselemente, wie Splinte bei Kronenmuttern oder Sicherungsbleche, wirken mehr als Verlierschutz als ein Schutz gegen Selbstlockern. Nur geeignet für niedrige Festigkeitsklassen (< 5,6) sind selbstsichernde Schraubverbindungen

durch mitverspannende federnde Elemente, wie

- Sprengringe,
- Federringe nach DIN EN 127, DIN EN 128,
- Federscheiben nach DIN EN 137,
- Belleville-Tellerfedern,
- Fächerscheiben,
- Zahnscheiben (Normen zurückgezogen),

wenn nur geringe Lastwechsel durch Vibrationen und Axialkräfte zu erwarten sind.

Eine fachgerecht ausgeführte Schraubverbindung hat z.B. bei der Festigkeitsklasse 8,8 zur Folge, dass schon bei lediglich 5 % der Nennvorspannkraft ein Federring nach DIN EN 127 so platt gedrückt ist, dass er nur noch wie eine Unterlegscheibe wirkt.

Federringe geben der Verbindung nur dann Elastizität, wenn noch ein Federweg in der Verbindung verbleibt, sie verhindern jedoch nicht zuverlässig ein Losdrehen unter starken dynamischen Belastungen senkrecht zur Schraubenachse und sind nicht wiederverwertbar. Sie können nur einen geringen Vorspannverlust durch Setzung ausgleichen, weshalb die oben genannten Normen zurückgezogen wurden und diese Verbindungen nach dem Stand der Technik als unwirksam zu betrachten sind. Bei den Fächerscheiben kann außerdem ein ausreichender elektrischer Kontakt nicht sichergestellt werden. Die wird auch im Beiblatt 2 zur DIN 62305-3 ausdrücklich erwähnt, allerdings dort nur für Zahnscheiben.

Spezielle Losdrehsicherungen

Bei hohen dynamischen Belastungen quer zur axialen Schraubverbindung sind spezielle Losdrehsicherungen, wie Schrauben mit Sägezahnflansch oder Rippzahnschrauben (z.B. Ripp-Lock-Schraubensicherung) gut geeignet. Sie sind als sperrende Elemente einzuordnen, beschädigen aber die Oberfläche und sind teuer. Zu diesen Elementen können auch die Keilsicherungsscheiben nach DIN 25201 gezählt werden. Gut geeignet sind auch Schorrscheiben, die eine federnde und formschlüssige Verbindung durch Zahnrippen herstellen.

Verkleben mit Flüssigklebstoff

Gut geeignet für den Maschinenbau ist auch das Verkleben mit Flüssigklebstoff, z.B. mit Loctide, oder mikroverkapseltem Klebstoff. Bei den Flüssigklebstoffverbindungen ist die erforderliche Festigkeit der Verbindung abzuwägen gegen die Erfordernis, die Verbindung auch wieder öffnen zu müssen. Dazu geben die Hersteller verschiedene Festigkeitsklassen an. Für die Elektrotechnik ist Verkleben zur Sicherung gegen Selbstlösen wenig empfehlenswert, weil sich der Kleber in die Trennfugen ziehen und dort isolierend wirken kann.

Schraubensicherungslack

Im Gegensatz zu Klebstoffen zur Schraubensicherung wird ein Schraubensicherungslack nicht auf das Gewinde aufgebracht, sondern an der fest angezogenen Schraube außen am Schraubenkopf. Er setzt am Schraubenkopf eine Markierung, mit der sich bei einer Sichtprüfung feststellen lässt, ob der Lack gerissen ist; er dient im Wesentlichen zum Signieren, Plombieren, Versiegeln von Schraubverbindungen sowie zum

Manipulationsnachweis.

Es gibt ihn als aushärtenden Lack, der nach Aushärtung eine hohe Festigkeit erreicht, oder als nicht aushärtenden Lack, der in einem zähflüssig-klebrigen Zustand verbleibt. Ferner gibt es Lacke, die nach ihrer Aushärtung gummiartig flexibel verbleiben. Wie es um ihre Eignung als Sicherungsmittel bestellt ist, kann nach Auffassung des Autors nur vom Hersteller eines Geräts beurteilt werden.

Integrierte Schraubensicherungen

Es sind aber für die Selbstsicherung auch andere Möglichkeiten denkbar, wie z.B. die nicht auf den ersten Blick erkennbaren integrierten Schraubensicherungen. Bei diesen entsteht mit steigendem Anzugsmoment zwischen Klemmhülse und Schraube eine wachsende Gewindereibung, die das Selbstlockern der Klemmschraube verhindert (Progressiv-Sicherung). Sie gehören zu den kraftschlüssigen Elementen. Zu dieser Klasse gehören auch die Muttern mit Polyamidstopfen, deren Wirksamkeit gegen Selbstlösen jedoch von Fachleuten als gering angesehen wird. Sie dienen eher dem Verlierschutz. Nicht geeignet für höhere Anforderungen sind auch Kontermuttern als weitere kraftschlüssige Verbindung.

Wie bei allen nicht genormten Sicherungselementen liegt es in der Verantwortung des Anwenders, die Verwendbarkeit im Einzelfall nachzuweisen.

Es ist in jedem Einsatzfall zu prüfen, welche Beanspruchungswerte auftreten (Vibrationen, Rütteln, Wärmeausdehnung), um entscheiden zu können, welche Maßnahme am besten geeignet ist, um den Zweck zu erfüllen, da dies in den Normen nicht abschließend festgelegt ist. Entscheidend ist immer auch, dass das richtige Drehmoment unter Berücksichtigung der Anschlussdrehmomente, die entweder empfohlen (z.B. nach DIN 43673-1) oder vom Hersteller vorgegeben sind, eingehalten werden.

Elektrische Verbindungen

Bei elektrischen Verbindungen ist zu prüfen, dass die primäre Aufgabe der Verbindung, eine elektrisch sichere Kontaktstelle zu schaffen, erfüllt werden kann. Erst danach ist die Eigenschaft „Schutz gegen Selbstlockern“ zu bewerten. Dazu sind insbesondere die Kontaktstellen zu betrachten. Es stehen damit primär die Fragen des Kontaktwiderstands und seiner Langzeitstabilität im Vordergrund:

- Sind die Kontaktstellen lackiert?
- Können sich elektrisch nicht leitende Oxidschichten bilden (z.B. bei Aluminium)?
- Wie ist es mit der Korrosion (Kontaktkorrosion) bestellt, die eine Stabilität des Kontakts über längere Zeit beeinträchtigen könnte?

Damit entfallen alle Sicherungsmethoden, die den elektrischen Kontakt negativ beeinflussen können, wie z.B. Klebeverfahren. Wenn keine hohen Vibrationskräfte auftreten und auch keine hohen Festigkeitsklassen gefordert sind, wie es bei Potenzialausgleichsverbindungen in der Regel gegeben ist, sind sicher die mitverspannenden federnden Elemente mit Ausnahme von Zahn- und Fächerscheiben einsetzbar (Anschlussdrehmoment und Federweg beachten). Für höhere Anforderungen können als Losbrechsicherungen sperrende Elemente eingesetzt werden.

Autoren: Dr.-Ing. Michael Dzieia; Dipl.-Ing. Klaus Wettingfeld (Leiter der Zertifizierungsstelle für ATEX-Produkte)

Beitrag aus dem Jahr 2014, aktualisiert im März 2024

Weitere Beiträge zum Thema

Explosionsschutz: Kennzeichnung für Elektrofachkräfte

Explosionsschutzdokument

Zündquellen in explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden

Damit‘s nicht knallt: TRGS 723

Elektrische Anlagen in Ex-Bereichen