

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	2
2.	Nationales und internationales Recht; ATEX-Richtlinie; Betriebssicherheitsverordnung; Gefahrstoffverordnung; TRBS; TRGS; EN- VDE-Normen	3
3.	Begriffsbestimmungen; Was ist eine Explosion?	5
4.	Grundlagen des Explosionsschutzes	7
5.	Primärer Explosionsschutz	14
6.	Sekundärer Explosionsschutz	16
7.	Tertiärer Explosionsschutz	24
8.	Prüfung und Instandhaltung	26
9.	Persönliche Schutzausrüstung	27
10.	Weiterführende Informationen	28

1. Einleitung

Wozu befähigt dieser Lehrgang?

Dieser Lehrgang vermittelt das fachtheoretische Wissen, welches eine befähigte Person für elektrische Anlagen in EX-Bereichen haben muss, um diese Anlagen fachgerecht und sicher zu warten, instand zu setzen und in bestimmten Grenzen auch prüfen darf.

Um eine befähigte Person in diesem Bereich zu sein, bedarf es laut der TRBS eine fachspezifische Ausbildung, ein aktuelles theoretisches Fachwissen und berufsnahe fachpraktische Erfahrung.

Dieser Lehrgang ist also nur eine von drei Voraussetzungen, um zur Befähigten Person für EX-Anlagen berufen zu werden.

Dieser Lehrgang dient nicht dazu, komplette Ex-Anlagen zu planen. Dazu fehlen einem Elektrotechniker wichtige Themen, wie zum Beispiel Stoffeigenschaften, Bautechnische Inhalte und vieles mehr.

Beispiele verheerender Explosionen

Eine verheerende Explosion war zum Beispiel eine Mehlstaubexplosion in der Rolandmühle in Bremen. Hier wurde 1979, wahrscheinlich durch einen kleinen defekten Radiator, die schwerste Nachkriegsexplosion in Bremen herbeigeführt. Es gab 14 Tote, 17 Verletzte. Der Sachschaden lag bei 100 Millionen D-Mark.

2014 explodierte ein Entsorgungsunternehmen in Ritterhude bei Bremen. Wahrscheinlich gab es irgendwo im Gebäude ein Leck. Ein Techniker wurde alarmiert. Beim Öffnen der Hallentür hat sich die Luft in der Halle mit dem von außen einfließendem Sauerstoff zu einer explosionsfähigen Atmosphäre verbunden. 1 Toter, 40 umliegende Häuser eines angrenzenden Wohngebietes wurde teilweise so stark beschädigt, dass einige abgerissen werden mussten.

2 Nationales und internationales Recht; Betriebssicherheitsverordnung; Gefahrstoffverordnung; TRBS; TRGS; EN- VDE-Normen; ATEX-Richtlinie

Gesetze, technische Richtlinien und Normen werden heute zum größten Teil weltweit oder europaweit entwickelt. Das EU-Parlament beschließt dann die sich daraus ergebenden Gesetze und die einzelnen Staaten setzen dann diese Gesetze in nationales Recht um. Da alle Einzelstaaten in der EU andere Gesetze haben und diese ja erst zusammenwachsen sollen, ist dieser Weg der einzig mögliche.

Bei den technischen Richtlinien ist es ähnlich. Es gibt Kommissionen, die neue oder geänderte Leit- oder Richtlinien entwerfen, die sich aus geänderten technischen Begebenheiten oder aus neu entwickelten Techniken ergeben.

Die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) ist ein Geschäftsbereich des VDE e.V. Sie ist in Deutschland für den Entwurf von technischen Vorschriften zuständig.

Die DKE ist unter anderem Mitglied in den Verbänden IEC (Internationale Elektrotechnische Kommission) in Genf und der CENELEC (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung).

Die DKE trägt alle Probleme, Neuentwicklungen und Vorgaben der internationalen, europäischen und nationalen Verbände zusammen und entwickelt hieraus neue oder geänderte Vorschriften. Sie setzt internationale Vorgaben in nationale Vorgaben um. Sie arbeitet aber auch mit an der Entwicklung dieser Vorgaben.

Die Ergebnisse finden wir dann wieder in unseren VDE- oder EN-Normen.

Bei der Gefahrstoffverordnung, der TRBS und der TRGS ist die Arbeitsweise analog hierzu.

TRBS (Technische Regeln zur Betriebssicherheit)

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für

- die Bereitstellung der Arbeitsmittel,
- die Benutzung von Arbeitsmitteln und
- den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen

wieder.

In den TRBS werden Inhalte der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) konkretisiert und verfeinert.

Alle Unternehmer sollten diese Richtlinien anwenden. Sie gelten als anerkannte Regeln. Kann man die gleiche Sicherheit auch anders erreichen, sind andere Ausführungen denkbar, aber die gleiche Sicherheit ist schwer nachzuweisen.

BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung)

Die BetrSichV ist genau so wie die TRBS eine Verordnung, um mit den Arbeitsmitteln in der Berufswelt vernünftig umzugehen, damit dem Betreiber und dem Anwender keine gesundheitlichen Nachteile entstehen.

GefStoffV (Gefahrstoffverordnung)

Zweck der GefStoffV ist der Schutz von Personen und der Umweltschutz. Bei den Personen unterscheiden wir die Personen, die mit den Arbeitsmitteln arbeiten und die, die Arbeitsmittel anwenden.

2015 gab es eine größere Änderung in diesen Verordnungen, die auch Ex-Anlagen betreffen.

Bis 2015 waren alle Regelungen, die überwachungsbedürftige Anlagen betreffen, in die TRBS integriert. Seit 2015 findet man diese Vorgaben alle in der GefStoffV.

Weitere Änderungen im Jahre 2015 betrafen hauptsächlich die Prüffristen von überwachungsbedürftigen Anlagen.

Wofür die EN- und VDE Normen sind, muss man mit einem Elektrotechniker, glaube ich, nicht sprechen!!!

ATEX

ATEX ist ein Synonym für alles, was in Europa mit Explosionsschutz zu tun hat.

ATEX steht für ATmospheres EXplosibles und ist eine EU-Richtlinie, die in nationales Recht umgesetzt wurde. Wir finden diese Vorgaben hauptsächlich in den nationalen Vorgaben, die in diesem Kapitel genannt werden.

Wir unterscheiden zwei ATEX-Richtlinien:

1. ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und
2. ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG.

Häufig wird für die ATEX 2014 noch der Begriff ATEX 114 verwendet, weil dieses die alte Bezeichnung ist. Analog hierzu wird häufig für die ATEX 1999 noch der Begriff ATEX 95 verwendet.

Häufig gibt es unterschiedliche Angaben zur Einführung dieser, eigentlich aller, Vorschriften. Dieses hängt damit zusammen, dass die europäischen Vorgaben mit einer Zeitvorgabe in nationales Recht umgesetzt werden. Diese nationalen Umsetzungen haben häufig auch noch Übergangsregelungen, in denen noch alte Vorschriften verwendet werden dürfen. Hier ist aber darauf zu achten, dass Gerichte häufig davon ausgehen, dass durchaus auch in Zeiträumen der Übergangsregelung auch schuldig ist, wer nach alter Vorschrift handelt!

Dieses Problem besteht bei der Bundeswehr ja nicht in dem Maße, weil die ganzen Vorgaben ja noch einmal in Bundeswehr-Anweisungen überführt werden, die für sie maßgeblich sind.

3 Begriffsbestimmungen; Was ist eine Explosion?

Eine Oxidation ist eine chemische Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff, zum Beispiel das Rosten eines Metalls oder aber eine Verbrennung. Unterschiedlich bei diesen Vorgängen ist hauptsächlich der Zeitraum der Oxidation. Findet sie sehr schnell statt, kann es zu einer Flammenbildung oder einer Explosion kommen.

Bei den Oxidationen mit Flammenbildung unterscheidet man die Begriffe Verbrennung, Verpuffung, Explosion und Detonation. Diese Vorgänge unterscheiden sich hauptsächlich durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit. Eine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit hat einen hohen Druck zur Folge, der sehr große Schäden verursachen kann.

Um Schäden von Personen und Arbeitsmitteln fernzuhalten, gibt es den Explosionsschutz.

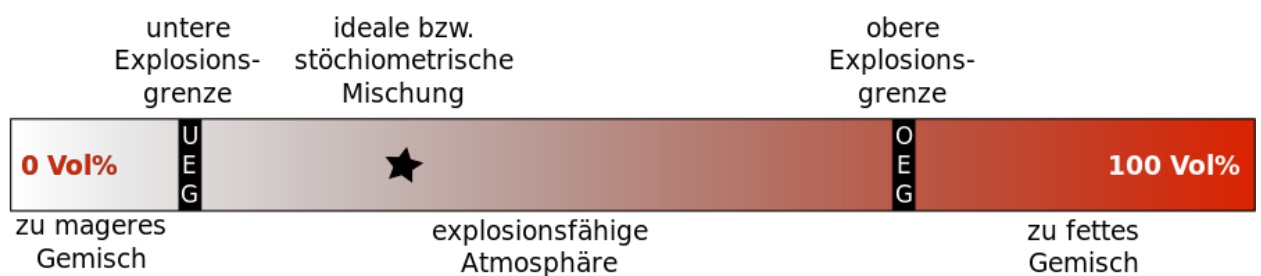
Wir sprechen von einer Explosion bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von circa 100m/s und einem sich ergebenden Druck von circa 10bar.

Eine Detonation ist eine Explosion mit hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten bis zu 3000m/s und durch auftretenden Drücken bis zu 20 bar.

Jedes Stoffgemenge hat eine untere Explosionsgrenze (UEG) und eine obere Explosionsgrenze (OEG). Nur in diesem Fenster ist ein Stoffgemenge explosiv. Liegen wir unterhalb der UEG, ist das Stoffgemisch zu mager. Liegen wir oberhalb der OEG, dann ist das Gemisch zu fett.

In einigen Publikationen wird auch vom Unteren Explosionspunkt (UEP) und vom oberen Explosionspunkt (OEP) gesprochen.

Man kann durch Luftzufuhr eine explosionsfähige Atmosphäre erhalten, in dem man ein eigentlich zu fettes Gemisch in ein explosionsfähiges Mischverhältnis bringt. Zum Beispiel hat die Feuerwehr das Problem, dass sie beim Betreten eines Raumes durch Öffnen der Zugänge dem Feuer soviel neuen Sauerstoff von außen zuführen, dass es zu einer Explosion, also einer schlagartigen Ausbreitung des Feuers kommen kann. Deswegen schließen in Gebäuden bei Bränden die Fenster und automatischen Feuerschutztüren, um dem Feuer keinen neuen Sauerstoff zu liefern.



Damit eine Atmosphäre explodiert, sind also folgende Voraussetzungen notwendig:

- brennbarer Stoff (fest, gasförmig oder flüssig)
- bestimmte Menge dieses Stoffes
- Luft (Sauerstoff, Atmosphäre)
- bestimmtes Mischungsverhältnis des brennbaren Stoffes mit der Luft
- Zündquelle.

Beim Explosionsschutz unterscheiden wir Gase und Stäube, da sie sich unterschiedlich verhalten. Bei einem Gas ist das Mischungsverhältnis mit der Luft, beziehungsweise dem Sauerstoff, wichtig und verändert die Explosionsfähigkeit. Bei Stäuben ist die gesamte Oberfläche des Staubes wichtig für die Explosionsfähigkeit. Zum Beispiel: Durch Aufwirbeln eines Staubes vergrößere ich die Oberfläche des Stoffes. Das kann dazu führen, dass ich zum Beispiel durch das einfache Fegen mit einem Besen, eine explosionsfähige Atmosphäre erhalte.

Beim Explosionsschutz wird versucht, dass mindestens eine Voraussetzung für eine Explosion nicht erfüllt ist, damit keine Explosion entstehen kann.

4. Grundlagen des Explosionsschutzes

Gefährdungsbeurteilung

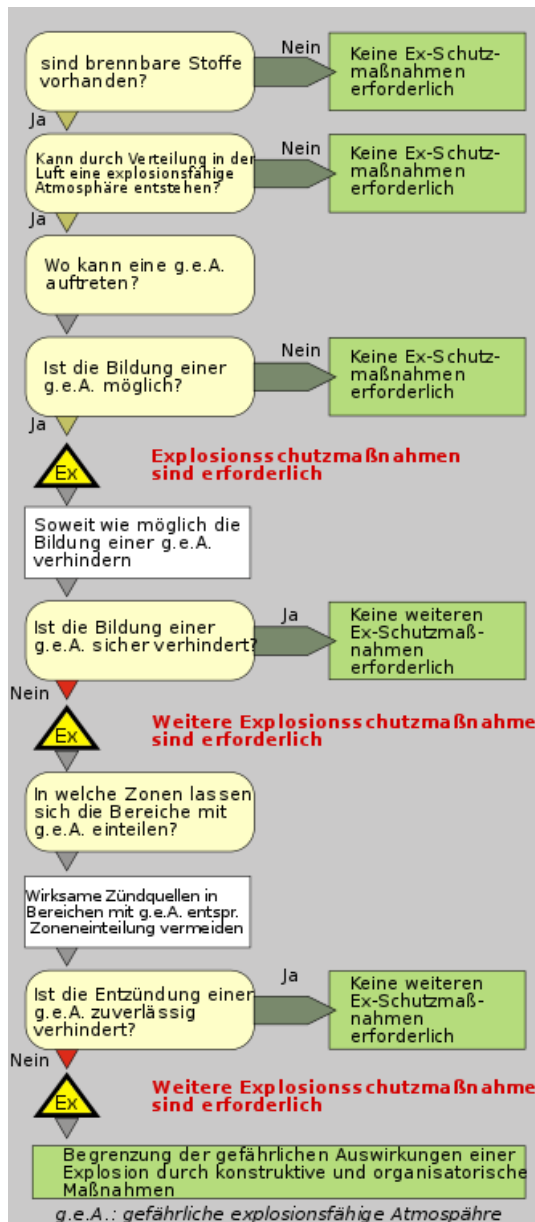
Bei vielen Dingen machen wir eine Gefährdungsbeurteilung. Sie ist eine Notwendigkeit eines unfall- und schadenfreien Lebens.

Möchten wir eine Straße überqueren, schauen wir, ob kein Fahrzeug kommt. Kommt eins, überlegen wir, ob es weit genug weg ist, um schadenfrei über die Straße zu gelangen. Wir machen also eine Gefährdungsbeurteilung. Ist die Tankleuchte im Auto schon gelb, überlegen wir, ob wir heute noch tanken oder erst morgen. Wir machen also eine Gefährdungsbeurteilung, ob wir ohne Treibstoff liegen bleiben können.

Nichts anderes machen wir im Berufsleben. Bevor ein Projekt begonnen wird, müssen die Planer eine Gefährdungsbeurteilung durchführen. Mit welchen Gefahren müssen wir rechnen, wenn wir unser Projekt realisieren. Bauen wir einen Tunnel, überlegen wir die Tiefe des Grundwassers, damit unsere Baugrube nicht voll Wasser läuft. Errichten wir irgendwo ein Neubaugebiet, prüfen wir zum Beispiel, ob dort früher nicht zum Beispiel eine Deponie war, die eventuell unser Trinkwasser oder unseren Boden verunreinigt hat. Hierzu könnte man zigfach Beispiele nennen.

Und wenn, wir Gebäude errichten, um Stoffe zu lagern, Stoffe zu verarbeiten oder Stoffe zu transportieren, dann müssen die Planer bei der Gefährdungsbeurteilung auch berücksichtigen, ob durch dieses Projekt explosionsfähige Atmosphären entstehen können.

Ablaufschema einer Gefährdungsbeurteilung für explosionsfähige Atmosphären




Stellt man fest, dass mit einer Explosionsgefahr gerechnet werden muss, so ist ein Explosionsschutzdokument zu erstellen, in dem alle notwendigen Angaben enthalten sein müssen, um die Gefahr darzustellen und welche Vorkehrungen getroffen werden, um eine Explosion zu verhindern, beziehungsweise die Folgen zu minimieren.

Dieses Dokument muss gegebenenfalls bei einer Nutzungsänderung auch entsprechend geändert werden.

Ist kein Explosionsschutzdokument vorhanden, ist eigentlich ein Betrieb der Anlage nicht ohne Gefährdung möglich, da entweder keine Gefährdungsbeurteilung gemacht wurde, oder einzuhaltende Schutzmaßnahmen nicht beurteilt werden können.

Beispiel für ein Explosionsschutzdokument

Explosionsschutzdokument nach § 6 Abs. 9 GefStoffV			Datum:
Anlage: Lösemittelager im Raum mit Umfüllen		Notfall-Telefon: 112	
Gebäude/Raum: Lösemittelager			
(z. B. Verweis auf Lageplan, Gebäudeplan, Aufstellungsplan, Flucht- und Rettungsplan)			
Arbeitsschritte bzw. Tätigkeiten			
Kurze Verfahrensbeschreibung: Ein- und Auslagern von Fässern, Hobbocks, Kannen und Kanistern mittels Gabelstapler, Abfüllen von größeren in kleinere Behälter, Raumlüftung vorhanden			
(Parameter wie Druck, Temperatur, Durchsatz sollten enthalten sein, ggf. Verweis auf Verfahrensfließbild, R/I-Schema)			
Besondere Betriebszustände: Da im Lager immer Personal anwesend ist, werden eventuell auftretende Leckagen sofort bemerkt und umgehend beseitigt.			
(z. B. An- und Abfahrprozesse, Reinigungsarbeiten, Störungsbeseitigung)			
Stoffe, durch die explosionsfähige Atmosphäre⁽¹⁾ entstehen kann, deren sicherheitstechnische Kenndaten⁽²⁾			
Flüssigkeit: extrem und leicht entzündbare Flüssigkeiten	Flammpunkt: untere/obere Ex-Grenze: Dampfdruck (bei 20 °C): Zündtemperatur:	< 23 °C 1–15 Vol% 250–560 °C	Explosionsgruppe: IIA/ IIB
Beurteilung der Explosionsgefahr⁽³⁾			
Nr.	Anlagenbereich/Anlagenteil	Ex-Zonen (Ausdehnung / Höhe)	
1	Inneres der Fässer und Behälter	Zone 0	<input checked="" type="checkbox"/>
		Zone 1	<input type="checkbox"/>
		Zone 2	<input type="checkbox"/>
2	Bereich, in dem abgefüllt wird	Zone 0	<input type="checkbox"/>
		Zone 1	<input checked="" type="checkbox"/>
		Zone 2	<input type="checkbox"/>
		1 m um Abfüllstelle	
3	Bereich, in dem abgefüllt wird	Zone 0	<input type="checkbox"/>
		Zone 1	<input type="checkbox"/>
		Zone 2	<input checked="" type="checkbox"/>
		übriger Bereich	
Ex-Zonenplan⁽⁴⁾:			
(als Anlage zum Explosionsschutzdokument oder Verweis auf den Ex-Zonenplan)			

Explosionsschutz-Maßnahmen ⁽⁵⁾			
Nr.	Anlagenbereich / Anlagenteil	gewähltes Schutzprinzip ⁽⁶⁾	
1	Fassinneres	<input type="checkbox"/> Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre (keine Zone) <input checked="" type="checkbox"/> Vermeiden wirksamer Zündquellen <input type="checkbox"/> Konstruktiver Explosionsschutz	
	Zone Maßnahmen		
0	Verwendung von ex-geschützten Fasspumpen der Kategorie 2 nach RL 94/9/EG (ATEX)		
2	Bereich, in dem abgefüllt wird	<input type="checkbox"/> Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre (keine Zone) <input checked="" type="checkbox"/> Vermeiden wirksamer Zündquellen <input type="checkbox"/> Konstruktiver Explosionsschutz	
	Zone Maßnahmen		
	1	> Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten > Einsatz eines ex-geschützten Gabelstaplers, dessen Kategorie nach RL 94/9/EG (ATEX) der festgelegten Zone entspricht > Erdung der Anlage über Erdungskabel (Verbindung mittels Erdungsklemme) > technische Lüftung (nach Anlage 5 TRGS 510) wird automatisch beim Betreten des Lagers aktiviert > temporäres Nachlaufen der Lüftung nach Beendigung der Arbeiten ist gegeben > Tragen elektrostatisch ableitfähiger Schutzschuhe > leitfähiger Fußboden nach TRBS 2153/T 033 (DGUV Information 213-060)	
2	> Betrieb von elektrischen und nichtelektrischen Betriebsmitteln nach Kategorie 3G (11. Verordnung zum ProdSG)		
Organisatorische Maßnahmen		Erläuterung/Dokument	zuständig
Kennzeichnung Ex-Bereiche:		Kennzeichnung des Lagers	Meister: Ludwig
Betriebsanweisung:		Betriebsanleitung für das Ein- und Auslagern sowie Abfüllen	Meister: Ludwig
Unterweisung:		Mindestens jährlich nach Betriebsanweisung	Meister: Ludwig
Kontrollgänge:		Täglich zum Schichtbeginn	Vorarbeiter/ Schicht
Festlegung/Überwachung von Prüfungen:		Beauftragung von Fachbetrieben	Meister: Ludwig
Freigaben für gefährliche Tätigkeiten:		Freigabebeschein für Feuerarbeiten im Lager, nur wenn die erforderlichen Maßnahmen getroffen sind	Meister: Ludwig
Aktuell halten des Explosionsschutz-dokuments ⁽⁷⁾ :		z. B. bei Veränderung der eingesetzten Lösemittel oder bei Änderungen an der Anlage (Überprüfung nach 3 Jahren)	Meister: Ludwig
Anlagen zum Explosionsschutzdokument			
<input type="checkbox"/> Pläne (z. B. Lageplan, Aufstellungsplan): <input type="checkbox"/> Verfahrensfließbild, R/I-Schema: <input checked="" type="checkbox"/> Sicherheitsdatenblätter/Gefahrstoff-Verzeichnis: vom 12.02.2015/ Stand 27.03.2015 Meisterbüro <input type="checkbox"/> Ex-Zonen-Plan: siehe Zeichnung oben <input type="checkbox"/> EG-Baumusterprüfbescheinigungen (Geräte, Arbeitsmittel): siehe Geräteunterlagen/Meisterbüro <input type="checkbox"/> Sonstiges:			
Betriebsverantwortlicher: Meister Ludwig		Unterschrift:	

Erläuterungen zum Explosionsschutzdokument

- 1 Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus Luft mit brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.
- 2 Je nach Fall sind nicht alle der aufgeführten Kenndaten zur Beurteilung erforderlich.
Die sicherheitstechnischen Kenndaten können entnommen werden aus:
 - Sicherheitsdatenblättern/Angaben des Herstellers
 - Datenbanken (z. B. GESTIS, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung)
 - Tabellenwerken (z. B. „Sicherheitstechnische Kenngrößen. Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase“, Wirtschaftsverlag NW-Verlag für neue Wissenschaft)
- 3 Als Grundlage für die Zoneneinteilung können die „Explosionsschutz-Regeln“ (EX-RL, DGUV Regel 113-001, bisher BGR 104) mit deren Beispielsammlung herangezogen werden. Es sind der Normalbetrieb, aber auch An- und Abfahrprozesse, Reinigungsarbeiten, Betriebsstörungen usw. zu betrachten. Im Explosionsschutzdokument sollte die Grundlage für die gewählte Zoneneinteilung erwähnt werden (z. B. Beispielsammlung EX-RL Nr. ...).
- 4 Aus dem Ex-Zonenplan sollen die für die einzelnen Bereiche (z. B. Inneres von Behältern, Umgebung) festgelegten Zonen hervorgehen. Eine grafische Darstellung, z. B. in einem Gebäude- oder Apparateplan, ist sinnvoll.
- 5 Die Explosionsschutz-Maßnahmen sind in der TRBS 2152 Teil 2 bis Teil 5 der EX-RL beschrieben.
- 6 Beispiele für Maßnahmen zum gewählten Schutzprinzip:
 - a) Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre, z. B.
 - Menge so begrenzen, dass untere Ex-Grenze stets sicher unterschritten ist
 - Brennbare Flüssigkeiten/Gemische dauerhaft sicher 15 Grad unter deren Flammpunkt
 - ausreichende Lüftung, ggf. mit Konzentrationsüberwachung (z. B. Gaswarngerät)
 - technisch überwachte Inertisierung
 - b) Vermeiden aller denkbaren wirksamen Zündquellen entsprechend der Zone, z. B.
 - Auswahl geeigneter elektrischer Geräte mit einer für die Zone geeigneten Kategorie
 - Vermeidung heißer Oberflächen, offener Flammen und mechanischer Funken
 - Erdung
 - c) Konstruktiver Explosionsschutz, z. B.
 - Explosionsfeste Bauweise
 - Druckentlastung
 - Explosionsunterdrückung(jeweils kombiniert mit explosionstechnischer Entkoppelung)
- 7 Um das Explosionsschutzdokument aktuell zu halten, sollten sinnvoller Weise die Anlässe zur Bearbeitung festgeschrieben werden. Wichtig ist die Beurteilung, welche Veränderungen eine Neubewertung des dokumentierten Schutzkonzepts erforderlich machen.

Im Explosionsschutzdokument müssen alle relevanten Daten der Explosionsgefahr enthalten sein.

Da es viele verschiedene Gefahren gibt, gibt es auch keine einheitliche Form des Dokumentes, ähnlich wie beim Prüfprotokoll für elektrische Anlagen oder für Geräte.

Sind explosionsgefährdete Bereiche vorhanden, so sind diese zu kennzeichnen! Sind alle Maßnahmen korrekt durchgeführt, erkennt man vor dem Betreten einen explosionsgefährdeten Bereich!



Achtung! Ex-Bereich!

Primärer, Sekundärer und Tertiärer Explosionsschutz

Die Gefährdungsbeurteilung beinhaltet beim Explosionsschutz drei Stufen, die nicht gleichwertig sind. Diese drei Stufen müssen auch in einer bestimmten Reihenfolge bearbeitet werden.

In allererster Linie geht es darum, keine explosionsfähigen Stoffe zu verwenden. Ist dieses nicht möglich, so darf man diese Stoffe nur so verwenden, dass keine Explosionen herbeigeführt werden dürfen. Zuallerletzt müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass wenn es trotzdem zu einer Explosion kommt, die Folgen so klein wie möglich gehalten werden.

Man spricht vom Primären, vom Sekundären und vom Tertiären Explosionsschutz.

Zusammengefasst:

Primärer Explosionsschutz: Maßnahmen, welche eine explosionsfähige Atmosphäre vermeiden sollen.

Sekundärer Explosionsschutz: Maßnahmen, welche eine Entzündung explosionsfähiger Atmosphären vermeiden sollen.

Tertiärer Explosionsschutz: Maßnahmen, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein möglichst kleines, also unbedenkliches Maß beschränken sollen.

Man kann alle Explosionsschutzmaßnahmen einen dieser drei Bereiche zuordnen.

Beispiele: Lagert man Farbe und Lacke in unterschiedlichen Räumen mit jeweils so kleinen Mengen, dass keine Entzündung entstehen kann, ist dieses ein Primärer Explosionsschutz, weil wir eine explosionsfähige Atmosphäre verhindern.

Lagern wir einen Stoff, der sich bei 400°C entzündet, und wir benutzen nur elektrische Betriebsmittel, die diese Temperatur im normalen Betrieb und im Fehlerfall nicht erreichen können, so ist dieses ein Sekundärer Explosionsschutz, weil wir die Entzündung einer vorhandenen explosionsfähigen Atmosphäre verhindern.

Errichtet man hinter einem Munitionsverarbeitungsraum einen Schutzwall, so ist dieses ein Tertiärer Explosionsschutz, weil der Wall die Ausbreitung einer Explosion verringern oder verhindern soll, also die Schäden so klein wie möglich halten soll.

5. Primärer Explosionsschutz

Beim Primären Explosionsschutz wird verhindert, dass eine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden sein kann. Dieses kann man durch verschiedene Maßnahmen erreichen.

Substitution

Im Ablaufschema bei der Gefährdungsbeurteilung ist eine der ersten Punkte die Verhinderung der Lagerung bestimmter Stoffe. Das heißt, dass man bei der Substitution versucht, explosionsgefährdete Stoffe durch ungefährliche Stoffe zu ersetzen. Dieses passiert zum Beispiel, wenn ich Lösungsmittelhaltige Lacke durch wasserlösliche ersetze. Ein weiteres Beispiel, welches in der Industrie Anwendung findet, ist die Lagerung von Aluminium in Öl. Das Aluminium wird in Öl suspendiert. Es kommt nicht mehr mit dem Sauerstoff in kontakt. Und somit fehlt eine Voraussetzung für eine Explosion.

In letzter Zeit finden immer mehr hochsiedende Reinigungsmittel Anwendung, die einen Flammpunkt, also eine Entzündbarkeit, von über 100°C haben. Während hochentzündliche Benzine bei einer Zündtemperatur zwischen ca. 20 und 100°C liegen, sind bei Reinigungsmitteln mit einer Entflammbarkeit bei über 100°C keine Explosionsschutzmaßnahmen einzuhalten. Dieses sind Pflanzenölester. Ein Ester ist in diesem Fall eine Verbindung zwischen einem Öl und eines Alkohols, die beide verestert werden. Es findet eine chemische Reaktion beider Stoffe zudem Ester und eines freiwerdenden Stoffes statt. Häufig werden hierzu Palm- und Kokosöl benutzt, die günstig zu beschaffen sind.

Entfernen von explosionsfähigen Stoffen

Explosionsfähige Stoffe werden gesammelt und abtransportiert.

Zum Beispiel: In einer Schießanlage sammeln sich kleine Mengen nicht gezündetes Schießpulver. Dieses würde irgendwann in einer explosionsfähigen Menge vorliegen und zum Beispiel könnte es sich durch eine elektrostatische Aufladung entzünden. Damit dieses nicht passiert, wird die Schießbahn so oft gereinigt dass man beim Schießpulver immer unterhalb der Explosionsgrenze liegt. Wichtig ist, dass man Ex-geschützte Staubsauger benutzt, damit sich das Pulver nicht im Sauger ansammeln kann. Eine weitere Methode, um eine explosionsfähige Atmosphäre zu verhindern ist das Reinigen mit Wasser, da hierbei die empfindlichen Stoffe nicht aufgewirbelt werden.

Passivierung explosionsfähiger Stoffe

Explosionsfähige Stäube können mit hygroskopischen Stoffen belegt werden. Somit ist eine Explosion nicht möglich, da der behandelte Stoff zu feucht ist.

Salz ist hygroskopisch. Es zieht die Feuchtigkeit, also das Wasser an, und verklumpt. Und somit hat es andere Eigenschaften als trockenes Salz.

Marzipan bleibt feucht, weil es Sorbit enthält. Sorbit zieht Feuchtigkeit an, wirkt also hygroskopisch.

Im Explosionsschutz wird eine Passivierung im Kohlebergbau durchgeführt. Durch Bestäuben des entstehenden Kohlestaubes mit Wasser, verklumpt der Staub und kann somit nicht mehr explodieren und kann gefahrlos abtransportiert werden.

Inertisierung

Haben wir in einem Tank eine Flüssigkeit, so können oberhalb der Flüssigkeit explosionsfähige Atmosphären entstehen. Es wird ein Inertgas, häufig Stickstoff, hinzugeführt, der die Entstehung einer Atmosphäre verhindert, weil für das Gas kein Platz ist, und somit in flüssiger Form bleibt.

Isolation

Die explosionsfähigen Stoffe werden einfach technisch von der Luft isoliert gelagert oder verarbeitet, zum Beispiel ein Gas in einem Tankbehälter.

6 Sekundärer Explosionsschutz

Beim Sekundären Explosionsschutz wird verhindert, dass eine explosionsfähige Atmosphäre gezündet wird.

Alle elektrotechnischen Schutzeinrichtungen kann man in diesen Bereich einordnen.

Zündquellen

Es gibt verschiedene Zündquellen, die in verschiedenen Situationen auftreten können:

- Blitzschlag
- Lichtbögen und Funken in elektrischen Betriebsmitteln
Durch Schaltvorgänge oder Fehler in Geräten entstehen Funken, die Explosionen herbeiführen können.
- Flammen
- heiße Oberflächen
- mechanische Schlag- oder Reibungsfunken
- elektrostatische Aufladung nicht geerdeter Bauteile beziehungsweise Personen
- Gleitbüschelentladung an nicht leitfähigen Bauteilen
Wenn Bauteile stark aufgeladen sind, entsteht ein elektromagnetisches Feld, das in Gasen auf der Oberfläche eines nicht leitenden Bauteils zu einer Entladung, eines Stromflusses, kommt.
- Adiabatische Kompression
Sie ist eine Druckerhöhung in einem System, ohne dass Wärme das System verlässt (Fahrradpumpe). Der erhöhte Druck und die erhöhte Temperatur können zu einer Explosion führen.
- kurzwellige Strahlung
Zum Beispiel: Metall in der Mikrowelle führt im Betrieb zur Funkenbildung.

Zoneneinteilungen

Explosionsgefährdete Bereiche werden in Zonen eingeteilt. In den verschiedenen Zonen ist es unterschiedlich gefährlich. Man verfährt hier ähnlich wie bei der Zoneneinteilung in Räumen mit Badewanne oder Dusche.

Beim Explosionsschutz unterscheidet man Zonen für Gase und für Stäube. Je niedriger die Zahl für die Zonen, je höher ist die Gefahr einer Explosion. Elektrische Betriebsmittel, die in diesen Zonen installiert werden, haben also einen niedrigeren Schutz, je höher die Ziffer für die Zone ist.

Wenn eine gefährliche Atmosphäre ständig, langfristig oder häufig vorkommt, dann ist dieser Bereich als Zone 0 bei Gasen, beziehungsweise als Zone 20 bei Stäuben, festzulegen.

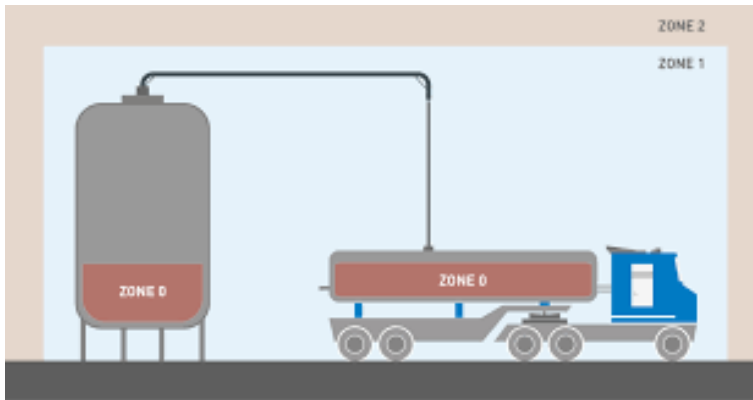
Wenn eine gefährliche Atmosphäre gelegentlich im Normalbetrieb auftritt, dann ist dieser Bereich als Zone 1 bei Gasen, beziehungsweise als Zone 21 bei Stäuben, festzulegen.

Tritt im Normalbetrieb keine oder nur kurzfristig eine gefährliche Atmosphäre auf, so ist dieser Bereich als Zone 2 bei Gasen beziehungsweise Zone 22 bei Stäuben, festzulegen.

Wir haben also folgende Zonen:

bei Gasen: 0, 1 und 2
bei Stäuben: 20, 21, 22.

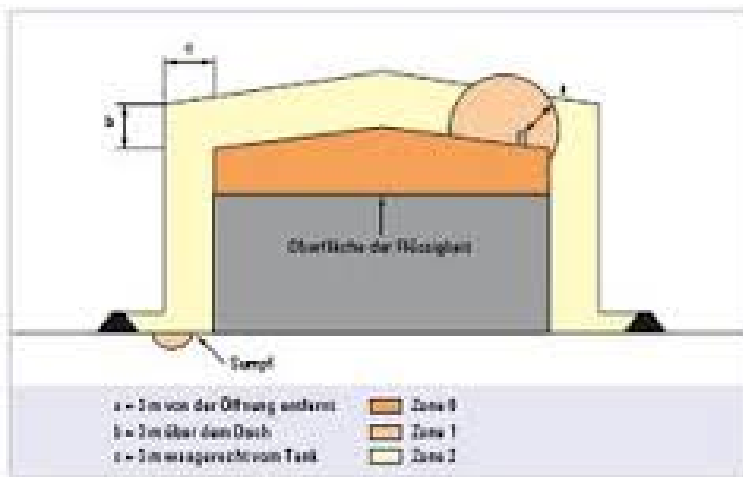
Hier einige Beispiele für Zoneneinteilungen:



Befüllung eines Tanks



Befüllung eines Silos



Tanklager

Die festgelegten Zonen müssen im Explosionsschutzdokument eingetragen sein! Für die Ermittlung der Zoneneinteilung gibt es Befähigte Personen, die aufgrund ihrer Ausbildung und Berufserfahrung dazu geeignet sind. Hierzu rechnet man nicht die Elektrofachkraft mit einer üblichen Ausbildung und Fortbildung. Dieser Lehrgang dient nicht dazu!

Elektrische Betriebsmittel

In den einzelnen Zonen dürfen nur elektrische Betriebsmittel verwendet werden, die speziell hierfür zugelassen sind. Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche haben eine bestimmte Kennzeichnung. Ist diese nicht mehr zu erkennen, ist dieses Betriebsmittel zu ersetzen, da nicht mehr zweifelsfrei festgestellt werden kann, ob es fachgerecht eingebaut wurde. Bei kostenintensiven Betriebsmitteln ist natürlich auch die Beschaffung eines Ersatz-Typenschildes möglich.

In Ex-Bereichen dürfen nur Installationen vorhanden sein, die dort notwendig sind. Zum Beispiel Beleuchtung für die Räume, Sensoren der Ex-Technik.

Durch Ex-Bereiche dürfen keine Zuleitungen für andere Bereiche durchgezogen werden.

Installationen in Ex-Bereichen sind genau so zu prüfen wie alle anderen Anlagen und Geräte auch. Zusatzanforderungen sind vorhanden und werden im Abschnitt 8 erläutert.

Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel

Jedes elektrische Betriebsmittel muss nach dem folgendem Schema gekennzeichnet sein:



Kennzeichnung elektrischer Ex-Betriebsmittel



Konformitätskennzeichen

Hier wird angegeben, nach welchen Vorgaben dieses Betriebsmittel konstruiert und produziert wurde.

Nummer der benannten Stelle

Es gibt staatlich zugelassene Stellen, die Betriebsmittel auf die Einhaltung der Vorgaben prüfen und entscheiden dürfen, dass es in den Handel kommen darf.

Gerätegruppe

In Ex-Bereichen eingesetzte Geräte werden in drei Gruppen eingeteilt:

Geräte der Gruppe I sind für den Bergbau zugelassen. Sie bieten einen Schlagwetterschutz.

Geräte der Gruppe II sind für Ex-Bereiche zugelassen, in denen Gase die gefährlichen Atmosphären verursachen.

Geräte der Gruppe III sind für Ex-Bereiche zugelassen, in denen Stäube die gefährlichen Atmosphären verursachen.

Geräteklassen

In der unteren Tabelle sehen wir die Geräteklassen mit den entsprechenden Zonen, in denen sie installiert werden dürfen.

G steht für Gas und D steht für Dust (Staub).

Stoffbeispiele	Einteilung	Auftreten der Gefahr	Betriebsmittel								
			Gerätegruppe	Gerätekatgorie			Schutzniveau EPL				
Gase, Dämpfe, Nebel	Zone 0	Gefährliche explosionsgefährdete Atmosphäre ist ständig, langfristig oder häufig vorhanden.	II	1G			Ga				
	Zone 1	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre tritt bei Normalbetrieb gelegentlich auf.	II								
	Zone 2	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre tritt bei Normalbetrieb nur selten und dann auch nur kurzzeitig auf.	II							2G	3G
Staub, Fasern, Flusen	Zone 20	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen ist ständig oder langfristig oder häufig vorhanden.	II (III)	1D			Da				
	Zone 21	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen tritt gelegentlich auf.	II (III)							2D	Db
	Zone 22	Gefährliche Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen tritt nur kurzzeitig auf.	II (III)							3D	Dc
Methan, Kohlenstaub	Schlagwetter gefährdete Grubenbauen	ständig	I	M1			Ma				
		häufig	I	M2			Mb				

Gerätegruppen, Gerätekatgorien

Zündschutzart

Die Zündschutzart gibt an, wie ein elektrisches Betriebsmittel eine Explosion verhindert. Es gibt verschiedene Zündschutzarten weil man einen Ex-Motor zum Beispiel nicht so kapseln kann wie einen Temperatursensor.

Eigensicherheit Ex i (intrinsic safety)

In diesen Betriebsmitteln fließt nur so wenig Energie, dass eine Explosion nicht möglich ist.
Beispiel: Sensoren (Druck, Temperatur)

Druckfeste Kapselung Ex d

Diese Betriebsmittel sind so stark gekapselt (z. B. festes Gehäuse aus Metall), dass im Normalbetrieb und im Fehlerfall keine Explosion hervorgerufen werden kann. Es ist so gekapselt, dass weder gefährliche Atmosphäre in das Betriebsmittel noch ein Funke in die Atmosphäre gelangen kann.

Erhöhte Sicherheit Ex e

Hier werden durch zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen zum Beispiel Erwärmungen verhindert, Zum Beispiel ein Motor wird nur mit 50% der Nenndrehzahl oder Nennlast gefahren.

Überdruckkapselung Ex p

Sie macht es möglich, dass nicht explosionsgeschützte Betriebsmittel in Ex-Bereichen benutzt werden können. Zum Beispiel eine Verteilung, die überdruckgekapselt ist, in der nicht explosionsgeschützte Betriebsmittel eingebaut sind. Der Überdruck kann zum Beispiel durch ein Inertgas erfolgen, welches für einen ständigen Überdruck sorgt.

Ölkapselung Ex o

Die elektrischen Betriebsmittel werden in einem Öl gelagert, welches nicht elektrisch leitend ist.
Beispiel: Trafo.

Vergusskapselung Ex m

Kleine elektronische Bauteile mit geringer Leistung werden so gekapselt, eingeschweißt,, dass keine Explosion entstehen kann.

Sandkapselung Ex q

Elektrisch leitende Teile werden in Sand eingebettet. Dazu gehört natürlich ein Gehäuse, in dem der Sand sich befindet, so dass keine Explosion entstehen kann. Beispiel: Schmelzsicherung

Zündschutzart Ex n

Diese Zündschutzart ist eine Kombination aus mehreren Zündschutzarten. Sie darf nur in Zone 2 eingesetzt werden.

Explosionsgruppe

Die Explosionsgruppe ist eine weitere Angabe über die Festigkeit eines elektrischen Betriebsmittels bei einer Explosion. Der Schutz steigt von a nach c.

Temperaturklasse

Bei der Planung wird festgelegt, welche Stoffe in den Ex-Bereichen gelagert, transportiert oder verarbeitet werden. Diese stehen im Explosionsschutzdokument. Jeder Stoff hat eine bestimmte Zündtemperatur. Ein elektrisches Betriebsmittel darf weder im Normalbetrieb noch im Fehlerfall diese Temperatur erreichen. Es wird also verhindert, dass die Oberflächentemperatur des Betriebsmittels eine Explosion verursacht. Hierfür gibt es bestimmte Temperaturklassen.

Temperaturklasse	Zündtemperatur	Beispiele
T1	ab 450°C	Propan, Stadtgas, Wasserstoff
T2	ab 300°C	Ethylalkohol, Ethylen, Acetylen
T3	ab 200°C	Benzin, Diesel
T4	ab 135°C	Acetaldehyd, Ethylether
T5	ab 100°C	
T6	ab 85°C	Schwefelkohlenstoff

Temperaturklassen

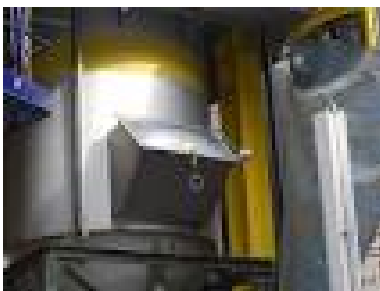
7. Tertiärer Explosionsschutz

Es ist nicht möglich, jede Explosion zu verhindern. Wenn die Schutzvorrichtungen des Primären und Sekundären Explosionsschutzes nicht schützen durch Ausfall oder weil unvorhergesehene Dinge eingetreten sind, dann sorgt der Tertiäre Explosionsschutz dafür, dass die Auswirkungen der Explosion minimiert werden.

Es gibt hierzu verschiedene Möglichkeiten:

Konstruktiver Explosionsschutz

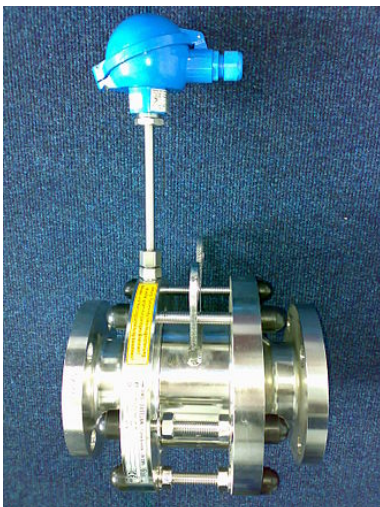
Bauwerke, Maschinen und Apparate werden so stabil gebaut, dass sie der Explosion standhalten. Ist dieses nicht möglich, wird der Explosionsdruck gezielt abgeleitet, zum Beispiel durch Berstscheiben oder Druckentlastungsklappen. Der Druck wird gezielt in eine Richtung geleitet, um Schäden für die Umgebung zu verhindern.



Berstscheibe

Flammendurchschlagsicherungen

Sie sollen die Flammen eines Brandes nach einer Explosion so weit abkühlen, dass diese Flammen nicht in andere Bereiche eindringen können. Dazu werden die Flammen innerhalb der Sicherung so umgeleitet und über kühlende Stoffe geleitet, dass die Flamme abkühlt. Ein aufgewickeltetes Siebblech zum Beispiel leitet zwar die Atmosphäre durch ein Rohr weiter. Sie wird aber durch die Bleche so weit abgekühlt, dass die Flamme erlischt. Prinzipiell kühlen wir elektronische Bauteile nicht anders, nur in anderen Dimensionen. Es gibt auch Bauformen, die ab einer bestimmten Temperatur ein Signal weiterleiten, um den Stoffdurchfluss zu stoppen.



Flammendurchschlagsicherung

Wassertauchungen (Flammensperre)

Rohrleitungen werden voll im Explosionsfall mit Wasser gefüllt, um die Wirkung einer Explosion zu minimieren.

Verschlussventile

Ventile schließen im Explosionsfall und schotten bestimmte Bereiche ab. Diese Ventile werden über Drucksensoren angesteuert. Die Reaktionszeit dieser Systeme muss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit angepasst werden.

Schaumlöscheinrichtungen

Sie löschen mit einem Schaum eine Explosion, ähnlich wie die Feuerwehr bei einem Brand. Über Sensoren werden diese Systeme aber automatisch aktiviert.

8. Prüfung und Instandhaltung

Elektrische Anlagen in Ex-Bereichen gehören zu den überwachungsbedürftigen Anlagen. Somit ist eine alleinige Prüfung durch eine Elektrofachkraft nicht zulässig. Es gelten ebenfalls andere Prüffristen als für nicht überwachungsbedürftige Anlagen.

Welche Zentralen Überwachungsstellen dürfen Komplettprüfungen für Ex-Bereiche durchführen?

Sie unter 9. Liste mit zugelassenen Prüfstellen.

Wer darf Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchführen?

Sie unter 9. TRBS 1203.

Wie sind Wartungs-, Instandhaltungsarbeiten und Prüfungen durchzuführen?

Siehe unter 9. TRBS 1112; TRBS 1112 Teil 1; TRGS 725 und TRGS 727

Anmerkungen

Es müssen grundsätzlich bei Inbetriebnahme, nach Reparaturen und bei Wiederholungsprüfungen alle Prüfungen und Messungen durchgeführt werden, die auch in nicht überwachungsbedürftigen Anlagen durchgeführt werden.

Zusätzliche Anforderungen oder andere Prüffristen befinden sich in den oben genannten Vorschriften.

Es müssen Reparaturen umgehend durchgeführt werden, um den Explosionsschutz dauernd zu gewährleisten.

Seit 1. Juni 2015:

am 01. Juni 2015 hat die letzte große Änderung bezüglich der Prüffristen und Zuständigkeiten stattgefunden.

Alle Vorgaben zum Explosionsschutz befinden seitdem nicht mehr in der BetrSichV, sondern in der Gefahrstoffverordnung.

Prüffristen

Durch ZÜS: - alle 6 Jahre die komplette Anlage inklusive Schutzkonzept

- alle 3 Jahre Geräte und Schutzmaßnahmen

- jedes Jahr bei Lüftungsanlagen und Gaswarnmelder

- bei Änderungen, die das Schutzkonzept betreffen.

Durch BP: - bei Wartungen, Reparaturen, Erweiterungen, die das Schutzkonzept nicht ändern.

9. Persönliche Schutzausrüstung PSA

Bei der Persönlichen Schutzausrüstung PSA für Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen muss sowohl bei der Kleidung als auch bei den Schuhen auf die elektrostatische Eignung geachtet werden. Zugelassene PSA ist entsprechend gekennzeichnet.

Eine Übersicht über die geltenden Normen für die PSA finden sie als PDF-Datei auf der Lehrgangs-CD.

10. Weiterführende Informationen

Literatur für Elektrofachkräfte

- Europa Fachbuchverlag: - Fachkunde Elektrotechnik ISBN 978-3-8085-3190-7
 - Tabellenbuch Elektrotechnik XXL ISBN 978-3-8085-3433-5 XXL

TRBS, TRGS, Gefahrstoffverordnung, BetrSichV

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: www.baua.de
- Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse: www.bgetem.de