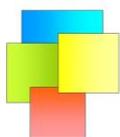


Leitfaden zum Explosionsschutzdokument Tankanlagen

Zirkular-Nr. 18'944-1



siarb gmbh
Kurt Baumann
Fabrikstrasse 17
CH-8912 Obfelden
Telefon +41 44 776 25 10
Mobil +41 76 384 50 09
E-Mail kurt.baumann@datazug.ch

Fassung: März 2011

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung und Zielsetzung des Explosionsschutzes	3
2. Rechtliche Rahmenbedingungen	3
3. Hinweise zur ATEX 95 und VGSEB	4
3.1 Gerätegruppe	5
3.2 Gerätekategorie	5
3.3 Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel	5
3.4 Zündschutzarten für nicht elektrische Betriebsmittel	6
3.5 Explosionsgruppen und Temperaturklassen	6
4. Installation elektrischer Geräte in Ex-Zonen	7
5. Elektrostatische Aufladung	7
5.1 Elektrostatische Aufladung beim Umgang mit Flüssigkeiten	8
5.2 Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit	9
5.3 Elektrostatische Aufladung von Personen	9
5.3.1 Ableitfähiges Schuhwerk	10
5.3.2 Ableitfähige Fussböden in Lagerräumen für Stoffe der Brandklassen F1 bis F3	10
5.3.3 Ableitfähige Kleidung	10
5.3.4 Handschuhe	10
5.3.5 Kopfschutz	10
6. Technische Explosionsschutzmassnahmen	10
6.1 Verhindern der Bildung gefährlicher Gasgemische	11
6.2 Massnahmen gegen die Ausbreitung von Dämpfen und Flüssigkeiten	11
6.3 Lüftung und Ventilation	11
6.4 Vermeidung von Zündquellen	11
6.5 Konstruktive Explosionsschutzmassnahmen	12
6.6 Schutz der Anlage vor thermischer Einwirkung	12
6.7 Fluchtwege	12
6.8 Schutz der Arbeitsmittel vor mechanischen Einwirkungen	13
6.9 Massnahmen für Rückstellmuster- und Gebindelager	13
7. Organisatorische Explosionsschutzmassnahmen	13
8. Erstellen des Explosionsschutzdokumentes	14
8.1 Aufbau des Explosionsschutzdokumentes	14
8.1.1 Abgrenzung eines Bereiches für die Beurteilung	15
8.1.2 Explosionsrelevante Kenngrössen der wichtigsten Mineralölprodukte	15
8.2 Checkliste Explosionsrisiken	16
9. Literaturstellen und Internetadressen	17
9.1 Eingesehene und weiterführende Literaturstellen	17
9.2 Internetadressen	18

1. Einleitung und Zielsetzung des Explosionsschutzes

Wenn brennbare Gase, Dämpfe oder Stäube gelagert, verarbeitet oder umgeschlagen werden, kann Explosionsgefahr bestehen. Bei einer Explosion sind Personen durch unkontrollierte Flammen und Druckwirkungen in Form von Hitzestrahlung, Druckwellen, schädlichen Reaktionsprodukten und umherfliegenden Trümmern gefährdet.

Der Leitfaden und das Explosionsschutzdokument (Checkliste) enthalten die wichtigsten Informationen und Verhaltensregeln rund um den Explosionsschutz in einem Tanklager mit Mineralölprodukten. Zentrales Ziel ist der Schutz von Gesundheit und Leben der Arbeitnehmer und Drittpersonen vor den Gefahren einer Explosion. Dabei sind die technischen Verfahren und Geräte so sicher zu gestalten, dass das verbleibende Explosionsrisiko vertretbar gering ist. Dazu gehören folgende Massnahmen:

- Einteilen in Ex-Zonen (Ex-Zonenplan);
- Verhindern oder Einschränken der Bildung und Ausbreitung explosionsfähiger Gemische;
- Vermeiden wirksamer Zündquellen;
- die Auswirkungen einer allfälligen Explosion technisch so begrenzen, dass weder Personenschäden noch nicht vertretbarer Sachschaden verursacht werden.

2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Vorschriften bezüglich Explosionsschutz basieren auf den europäischen Richtlinien RL 94/9/EG (ATEX 95 Produktbeschaffenheitsrichtlinie)¹ und RL 1999/92/EG (ATEX 137 Arbeitsschutz-Richtlinie)². Beide Richtlinien sind im Nationalen Recht verankert [Verordnung über Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (VGSEB), SR 734.6³ und Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (Verordnung über die Unfallverhütung, VUV), SR 832.30⁴]. Die ATEX 137 entspricht dem SUVA-Merkblatt 2153⁵.

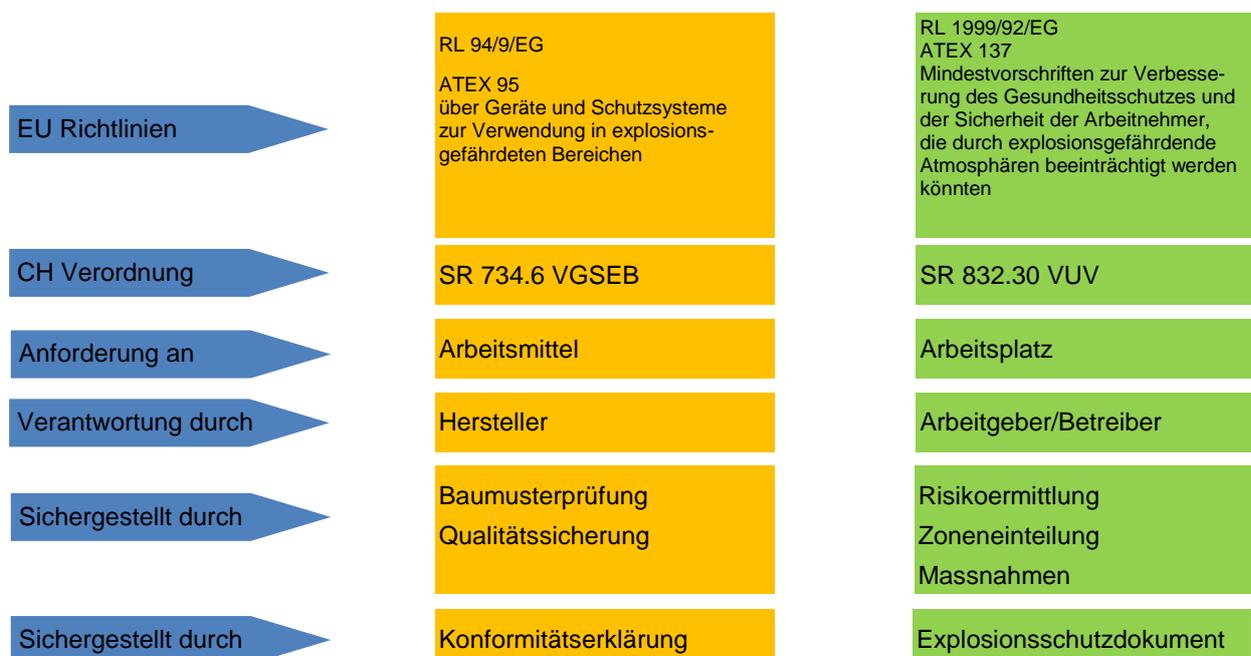


Abbildung 1

Die Kontrolle der Umsetzung der Bestimmungen aus der Verordnung über die Unfallverhütung, VUV, ist in der Schweiz durch die SUVA geregelt.

3. Hinweise zur ATEX 95¹ und VGSEB³

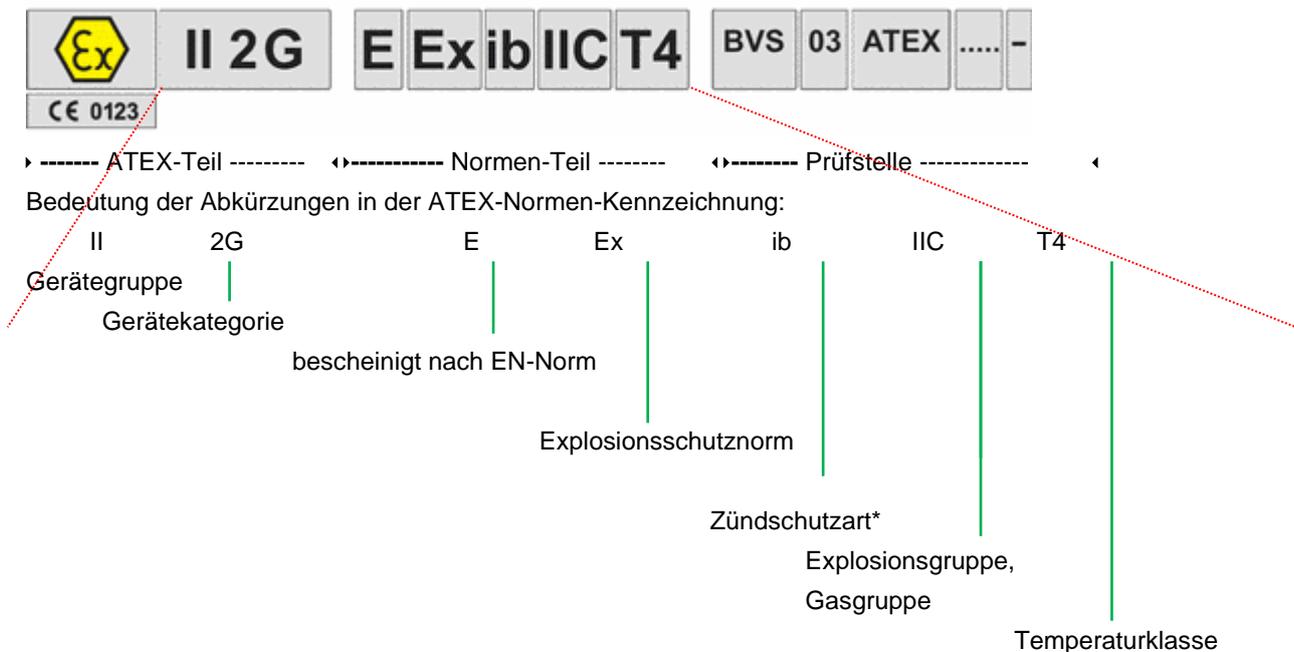
Für die Einhaltung der Anforderungen der ATEX 95 bzw. der VGSEB ist der Hersteller und Lieferant der Anlage oder Anlageteile zuständig. Für den Anwender und Käufer ist es jedoch von Vorteil, über die wichtigsten Punkte informiert zu sein. Der Käufer hat sich bereits zum Zeitpunkt des Erwerbs über den Einsatz und damit über die an das Gerät gestellten Anforderungen im Klaren zu sein.

Die ATEX 95 definiert die Sicherheitsziele. Die Umsetzung erfolgt in internationalen EN-/IEC-Normen. Neue Geräte und Anlagen wie auch Anlagen, welche umgebaut oder teilerneuert (Stichtag 30. Juni 2003) und in Ex-Zonen installiert und betrieben werden, müssen mit einem entsprechenden Typenschild versehen sein. Bestehende, vor dem 30.06.2003 in Ex-Zonen installierte Anlagen können weiter betrieben werden. Folgende Angaben sind vorgeschrieben:

- Hersteller, Herstelleradresse;
- Serien- und / oder Typenbezeichnung;
- Seriennummer, Fabrikationsnummer;
- ATEX-Normenbezeichnung;
- Baujahr;
- Leistungsaufnahme (bei elektrischen Geräten).

Die Eignung von Geräten und Anlagen für eine bestimmte Ex-Zone sowie die Anwendung lassen sich aus der ATEX-Kennzeichnung ableiten.

Beispiel einer ATEX-Normen-Kennzeichnung (hier nach ATEX 95 und CENELEC EN 50039):



*EEx ib = bescheinigt nach EN 60079-11

Abbildung 2

3.1 Gerätegruppe

Alle Geräte, die nicht für den Untertagebau vorgesehen sind, gehören der Gerätegruppe II an.

3.2 Gerätekategorie

Kategorie 1G, geeignet für Zonen 0, 1 und 2

Kategorie 2G, geeignet für Zonen 1 und 2

Kategorie 3G, geeignet für Zone 2

3.3 Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel

Für die Zone 0 ist einzig die Zündschutzart "Eigensicherheit spez. Anforderungen ia" zugelassen. Die übrigen Zündschutzarten sind in der Regel für die Zonen 1 und 2 geeignet (Ausnahmen: Zündschutzarten "n" nur für Zone 2). Zur Vermeidung von Gas-/Dampf-Explosionen sind die industriellen, elektrischen Betriebsmittel nach EN/IEC 60079-0 und folgende zu wählen.

Schutzprinzip	Geeignet für Ex-Zone	Kat.	Zündschutzart	Kennzeichnung
1. Explosionsfähige Gemische können in das Gehäuse des Betriebsmittels eindringen, dürfen aber nicht gezündet werden. Funken und zündfähige Temperaturen dürfen nur begrenzt werden.	0, 1 und 2	1G	Eigensicherheit spez. Anforderungen	ia
	1 und 2	2G	Eigensicherheit	ib
	2	3G	energiebegrenzter Stromkreis	nL
2. Explosionsfähige Gemische können in das Betriebsmittel, in dem sich die Zündquelle befinden kann, eindringen und gezündet werden. Die Übertragung der im Inneren ablaufenden Explosion auf den umgebenden Raum wird ausgeschlossen.	1 und 2	2G	druckfeste Kapselung	d
	1 und 2	2G	Sandkapselung	q
3. Das Betriebsmittel besitzt eine Kapselung, die das Eindringen des explosionsfähigen Gemisches und / oder den Kontakt mit den funktionsbedingten möglichen inneren Zündquellen verhindert.	1 und 2	2G	Überdruckkapselung	pz
	1 und 2	2G	Vergusskapselung	mb
	1 und 2	2G	Ölkapselung	o
	2	3G	schwadensicher	fr (nR)
	2	3G	funkende Apparate	nC
4. Explosionsfähige Gemische können in das Gehäuse des Betriebsmittels eindringen, dürfen aber nicht gezündet werden. Funken und zündfähige Temperaturen müssen verhindert werden.	1 und 2	2G	erhöhte Sicherheit	e
	2	3G	nicht funkende Betriebsmittel	nA

3.4 Zündschutzarten für nicht elektrische Betriebsmittel

Schwadenhemmende Kapselung	=	fr (nach älterer Norm auch "nR")
druckfeste Kapselung	=	d
Eigensicherheit	=	g
konstruktive Sicherheit	=	c
Zündquellenüberwachung	=	b
Überdruckkapselung	=	p
Flüssigkeitskapselung	=	k

3.5 Explosionsgruppen und Temperaturklassen

Die Einteilung in unterschiedliche Explosionsgruppen ermöglicht eine korrekte Wahl von Geräten und Anlagen für den jeweiligen explosionsgefährdeten Bereich. Die Explosionsgruppe II gilt für explosionsgefährdete Bereiche, die durch gasförmige oder durch flüssige Stoffe wie Benzin, Flugpetrol, Diesel- und Heizöl entstehen. Entsprechend der Zündfähigkeit und dem Zünddurchschlagvermögen (definiert über die Grenzspaltweite) werden die Gase in Explosionsgruppen eingeteilt. Die Gefährlichkeit der Gase nimmt von der Gruppe IIA nach IIC zu.

Die nachfolgende Tabelle informiert über die Temperaturklasse und die Explosionsgruppe häufig verwendeter Stoffe:

Explosionsgruppen und Temperaturklassen mit Stoffbeispielen						
Explosionsgruppe	geeignete Temperaturklassen (Zündtemperatur)					
	T1 (>450°C)	T2 (>300°C)	T3 (>200°C)	T4 (>135°C)	T5 (>100°C)	T6 (>85°C)
IIA	Benzol (rein) Methylalkohol	n-Butan Flüssiggas Propylalkohol	Benzin Flugpetrol Dieselöl Heizöl			
IIB	Erdgas	Ethanol Ethylen	Schwefel- wasserstoff			
IIC	Wasserstoff	Acetylen			Schwefel- kohlenstoff	

Tabelle 1 Explosionsgruppen und Temperaturklassen

Vorsicht: Nach einer Pumpenrevision ist gemeinsam mit der für die Revision zuständigen Firma abzuklären, ob die Pumpe einer anderen Temperaturklasse zuzuordnen ist. Eine Änderung in der Zuordnung kann insbesondere nach Neuwicklung des Elektromotors erforderlich sein.

Nicht elektrische Betriebsmittel wie Druckluftmotoren, Gleitringdichtungen usw. müssen ebenfalls in Temperaturklassen eingeteilt werden.

4. Installation elektrischer Geräte in Ex-Zonen

Die Details bezüglich korrekter Installation und Instandhaltung der elektrischen Geräte in Ex-Zonen werden im Rahmen der Instandhaltungsvorschriften der Hersteller geregelt. Weitere Angaben finden sich in der EKAS-Richtlinie Nr. 6512⁶, Kapitel 8.4. Die Verordnung über die Unfallverhütung, VUV⁴, insbesondere Artikel 32b und die Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV), SR 734.27⁷ bilden die rechtlichen Grundlagen.

Weitere Bestimmungen können dem Bundesgesetz über die Produktesicherheit (PrSG)⁸ und der dazugehörigen Verordnung über die Produktesicherheit (PrSV)⁹ entnommen werden.

5. Elektrostatische Aufladung

Flüssigkeiten, Gegenstände oder Einrichtungen dürfen sich in explosionsgefährdeten Bereichen nicht aufladen und so zu zündwirksamen Entladungen führen. Isolierende Materialien wie beispielsweise Treib- und Brennstoffe können durch Reiben oder betriebliche Prozesse aufgeladen werden. Auf Beschichtungen im Bereich von Produkten der Kat. F1 und F2 (bspw. Tankinnenbeschichtungen und Auffangwannen) muss eine leitfähige Oberfläche appliziert werden.

Sind dennoch isolierende Materialien innerhalb eines Systems vorhanden, ist deren maximale Fläche zu begrenzen. Werden die in den Tabellen 2 und 3 (vgl. TRBS 2153 "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen"¹⁰) aufgeführten Grenzwerte eines Gegenstandes eingehalten, sind keine Zündgefahren zu erwarten. Bei Gegenständen mit gekrümmten Oberflächen ist die Projektion der grössten Fläche massgebend, wobei ebenfalls die Maximalwerte gemäss Tabelle 2 gelten.

Zone	Oberfläche (cm ²) in Explosionsgruppen		
	IIA z.B. Benzin	IIB	IIC
0	50	25	4
1	100	100	20
2	Massnahmen nur erforderlich, wenn erfahrungsgemäss zündwirksame Entladungen auftreten		

Tabelle 2 Höchstzulässige Oberflächen isolierender Gegenstände

Die Werte aus der Tabelle 2 finden beispielsweise Anwendung bei Firmenlogos auf ableitenden Schutzbekleidungen.

Bei langen und dünnen Gegenständen (bspw. Kabel und Rohrleitungen) sind die Maximalwerte in Bezug auf die Breite oder den Durchmesser einzuhalten (vgl. Tabelle 3).

Zone	Breite oder Durchmesser (cm) in Explosionsgruppen		
	IIA z.B. Benzin	IIB	IIC
0	0.3	0.3	0.1
1	3.0	3.0	2.0
2	Massnahmen nur erforderlich, wenn erfahrungsgemäss zündwirksame Entladungen auftreten		

Tabelle 3 Höchstzulässige Durchmesser oder Breiten langgestreckter, isolierender Gegenstände

Da die Entwicklung unter anderem zu isolierenden Werkstoffen - die sich dennoch nicht gefährlich aufladen lassen - geführt hat, kann an die Stelle des Flächenkriteriums auch der experimentelle Nachweis, dass der Gegenstand sich nicht gefährlich auflädt, treten. Ein solcher Nachweis erfordert eine fachkundige Prüfung.

5.1 Elektrostatische Aufladung beim Umgang mit Flüssigkeiten

Durch Umfüllen und Entleeren von Behältern mit Flüssigkeiten, aber auch beim Probenehmen, Öffnen des Behälters oder Abtrennen von Schlauchleitungen können sich Flüssigkeiten oder das Innere des Behälters gefährlich aufladen. Die Ladungsmenge ist abhängig von der Stoffeigenschaft der Flüssigkeit und des Behälters, der Behältergeometrie und der Strömungsgeschwindigkeit. Die dabei entstehende Ladungsmenge einer Flüssigkeit nimmt mit der Grösse der Grenzflächen zu. So birgt das Umfüllen von einem kleinen Probegefäss in ein Versandgebinde eine weniger grosse Gefahr als das Umpumpen von einer Bahnzisterne in einen Lagertank.

Die Flüssigkeiten sind hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit in drei Gruppen einzuteilen:

niedrige Leitfähigkeit:	< 50 pS/m (pico Siemens/Meter)
mittlere Leitfähigkeit:	50 pS/m bis 1000 pS/m
hohe Leitfähigkeit:	> 1000 pS/m

Die Leitfähigkeit ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes. 1000 pS/m entsprechen $10^9 \Omega$. Die Messung an strömenden oder ruhenden Flüssigkeiten ergibt unterschiedliche Werte. Die Leitfähigkeit von Kohlenwasserstoffen ändert sich auch mit der Temperatur. Bei Flüssigkeiten mit niedriger Leitfähigkeit ist das Risiko einer gefährlichen Aufladung besonders hoch. Bei Flüssigkeiten mit mittlerer Leitfähigkeit, welche durch Pumpen oder Filter strömen, ist eine gefährliche Aufladung noch möglich. Bei Flüssigkeiten mit hoher Leitfähigkeit ist mit einer gefährlichen Aufladung beim Versprühen zu rechnen oder wenn kein Erdkontakt des Behälters besteht. Die Leitfähigkeit von Lösungsmitteln sowie von Treib- und Brennstoffen mit einer Mindestzündenergie (MZE) ≥ 0.2 mJ lässt sich mit geeigneten Additiven erhöhen.

Folgende verfahrenstechnische Massnahmen sind ausserdem möglich:

- Alle Gegenstände, Einrichtungen und leitfähigen Stoffe sind zu erden.
- Es dürfen nur leitfähige Behälter für das Umpumpen und Umfüllen benützt werden. Dabei sind kleine, nicht leitende Gebinde von max. 5 Litern zu verwenden.
- Die Strömungsgeschwindigkeit beim Umpumpen und Umfüllen in Rohrleitungen ist zu begrenzen.
- Eine ausreichende Verweilzeit ist nach dem Pumpen oder Filtrieren einzurechnen. Diese hat mindestens das Zehnfache der Relaxationszeit zu betragen.
- Das Aufwirbeln einer zweiten Phase (bspw. Wasser vom Öltankboden oder Umpumpen von zwei nicht mischbaren Phasen) ist zu vermeiden.
- Durch das Absenken der Fülleinrichtung bis auf den Behälterboden ist das Verspritzen der Flüssigkeit zu vermeiden.
- Die Bildung von Gasblasen (beispielsweise durch das Leerlaufen von Pumpen) ist zu vermeiden.
- Das Reinigen mit Dampfstrahl von Tanks, welche brennbare Flüssigkeiten enthalten haben, ist zu vermeiden.
- Durch das Unten-Befüllen oder durch das Unter-Flüssigkeitsspiegel-Einfüllen ist eine Ableitung der Entladung über das geerdete Füllrohr möglich.
- Isolierende Gegenstände in der Flüssigkeit sind zu vermeiden.
- Das Produkt ist regelmässig auf schwimmende oder dispersive Rückstände wie Schwebestoffe und Rostflitter zu kontrollieren.

Eine Flüssigkeit gilt als verunreinigt, wenn sie mehr als 0,5 Vol.-% freie, nicht mischbare Flüssigkeit (z.B. Wasser in Benzin) oder mehr als 10 mg/l suspendierte Feststoffe enthält. Diese Menge ist auf die momentane Fördermenge in einem ladungserzeugenden System wie zum Beispiel einer Pumpe oder einem Filter in Bezug zu bringen.

5.2 Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit

Um eine sichere Befüllung von Tanks und anderen Behältern zu gewährleisten, ist die Strömungsgeschwindigkeit zu beachten. So darf gemäss TRBS 2153¹⁰ die Fliessgeschwindigkeit für Benzin, Flugpetrol und Gasöle nicht über 7 m/s liegen. Dies gilt nur für reine Flüssigkeiten ohne Verunreinigung mit Wasser oder Schwebeteilchen. In der Anfangsphase der Befüllung ist die Fliessgeschwindigkeit auf 1 m/s zu reduzieren. Der Füllvorgang befindet sich so lange in der Anfangsphase bis der Auslauf des Füllrohrs und alle weiteren Teile des Tankbodens mindestens um das Zweifache des Rohrdurchmessers überdeckt sind. Weiterführende Informationen zur Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit finden sich in der Schrift „Strömungslehre, Zusammenfassung“¹¹ von J. Gilg.

Die nachfolgende Tabelle gibt Hinweise über die Durchflussleistung in Abhängigkeit der Fliessgeschwindigkeit und des Leitungsdurchmessers:

Ø-Leitung DN	Ø-Leitung D _i	Fliessgeschwindigkeit			
		1 m/s	3 m/s	5 m/s	7 m/s
1"	27.3 mm	35 l/Min	105 l/Min	175 l/Min	245 l/Min
2"	53.0 mm	130 l/Min	395 l/Min	660 l/Min	925 l/Min
3"	80.8 mm	310 l/Min	925 l/Min	1540 l/Min	2155 l/Min
4"	105.3 mm	525 l/Min	1'570 l/Min	2'615 l/Min	3'660 l/Min
100	107.1 mm	540 l/Min	1'620 l/Min	2'700 l/Min	3'780 l/Min
125	131.7 mm	815 l/Min	2'450 l/Min	4'090 l/Min	5'720 l/Min
150	159.3 mm	1'200 l/Min	3'590 l/Min	5'980 l/Min	8'370 l/Min
200	210.1 mm	2'080 l/Min	6'240 l/Min	10'400 l/Min	14'560 l/Min
250	263.0 mm	3'260 l/Min	9'780 l/Min	16'300 l/Min	22'820 l/Min
300	312.7 mm	4'610 l/Min	13'820 l/Min	23'040 l/Min	32'250 l/Min

Tabelle 4 Durchflussleistung in Abhängigkeit der Fliessgeschwindigkeit und des Leitungsdurchmessers

5.3 Elektrostatische Aufladung von Personen

Personen, welche in einer Ex-Zone arbeiten, dürfen sich nicht elektrostatisch aufladen. Der Aufenthalt von Personen in der Ex-Zone 0 ist aus gesundheitlichen Gründen zu vermeiden. Ist ein Aufenthalt unumgänglich, ist eine entsprechende Ausrüstung zwingend. Beim Gehen, Aufstehen oder Reiben der Textiloberflächen gegeneinander können sich gefährliche Ladungen aufbauen. Berührt eine aufgeladene Person einen ableitenden Gegenstand, sind Funkenentladungen möglich. Die Wahrnehmungsschwelle beträgt dabei 0.5 mJ. Diese Energie ist bereits zündwirksam. Der typische Wert einer aufgeladenen Person beträgt ca. 10 mJ; dieser Wert kann jedoch bis auf 15 mJ ansteigen. Personen, die ableitfähiges Schuhwerk tragen und auf ableitfähigem Fussboden stehen, laden sich, sofern keinem stark ladungserzeugenden Prozess ausgesetzt, nicht gefährlich auf.

5.3.1 Ableitfähiges Schuhwerk

In den explosionsgefährdeten Zonen 0 und 1 sind ableitfähige Schutzschuhe, die der Norm EN ISO 20345 S4 entsprechen, zu tragen. Der Durchgangswiderstand der Laufsohle solcher Schuhe liegt zwischen 10^5 und $10^8 \Omega$. Schuhe mit einem höheren Durchgangswiderstand sind in den Ex-Zonen 0 und 1 nicht geeignet. Strümpfe und Socken beeinträchtigen die Schutzwirkung der ableitfähigen Schuhe nicht. Dagegen ist die Leitfähigkeit von Einlegesohlen vorgängig abzuklären. Auch orthopädisch gefertigte oder abgeänderte Schuhe und Einlegesohlen müssen ableitfähig sein.

5.3.2 Ableitfähige Fussböden in Lagerräumen für Stoffe der Brandklassen F1 bis F3

Fussböden in explosionsgefährdeten Bereichen sind so auszugestalten, dass sich Personen mit Schutzschuhen mit ableitfähiger Sohle nicht aufladen. Verschmutzungen wie Öl- und Fettreste sind zu vermeiden. Durch Fussbodenpflegemittel darf der Widerstand nicht erhöht werden. Ein Fussboden ist ableitfähig, wenn sein spezifischer Widerstand $\leq 10^8 \Omega$ beträgt. Bei versiegelten Auffangwannen ist bereits bei Erstellung oder bei einer Reparatur auf diese Anforderung hinzuweisen. Bei nicht ausreichender Ableitfähigkeit ist der Boden feucht zu halten oder so zu behandeln, dass der Ableitwiderstand höchstens $10^8 \Omega$ beträgt.

5.3.3 Ableitfähige Kleidung

Handelsübliche Bekleidung sowie Schutzkleidung, welche nicht ableitfähig sind, können sich aufladen. Sofern die Person durch geeignetes Schuhwerk und einen geeigneten Fussboden geerdet ist, besteht im Allgemeinen keine Zündgefahr. Im Einzelfall kann es dennoch zu einer gefährlichen Aufladung kommen (bspw. bei PU-beschichteten Wetterschutzkleidungen). In den Bereichen der Zone 0 oder wenn Stoffe der Explosionsgruppe IIC (z.B. Wasserstoff) vorhanden sind, darf nur ableitfähige Kleidung getragen werden. Kleidungen dürfen in den Zonen 0 und 1 weder aus- noch angezogen werden. Die Ableitfähigkeit der Kleidung darf durch das Waschen nicht verloren gehen. Gegebenenfalls ist die Kleidung neu zu appetieren. Sind im Gewebe ableitfähige Fäden eingearbeitet, ist sicher zu stellen, dass diese nicht brechen.

5.3.4 Handschuhe

Handschuhe, die gemäss Betriebsvorschrift in den Bereichen der Ex-Zonen 0 und 1 zu tragen sind, dürfen sich nicht statisch aufladen.

5.3.5 Kopfschutz

Ist das Tragen eines Kopfschutzes in Zone 0 erforderlich, muss dieser aus ableitfähigem Werkstoff (z.B. Kohlenfasern) gefertigt sein.

6. Technische Explosionsschutzmassnahmen

Zur Sicherstellung des Explosionsschutzes sind nach Möglichkeit technische Massnahmen wie bspw. der Einsatz geeigneter technischer Geräte und Anlageteile zu ergreifen. Diese Massnahmen sind oft mit höheren Investitionskosten verbunden. Sind keine technischen Massnahmen möglich, sind organisatorische Schutzmassnahmen zu treffen. Diese führen in der Regel zu mehr Kontrollaufwand und haben Einfluss auf die Betriebskosten. Sind organisatorische Massnahmen nur ungenügend durchführbar, sind personelle und administrative Massnahmen zu ergreifen.

6.1 Verhindern der Bildung gefährlicher Gasgemische

Strömen brennbare Stoffe aus Öffnungen oder undichten Stellen, können sich ausserhalb der Anlage gefährliche, zündfähige Gasgemische bilden. Diese Gefährdung ist mit folgenden Massnahmen einzuschränken:

- Verfahrenstechnische Massnahmen, angepasste Bauart, räumliche Anordnung und Abstände zwischen den einzelnen Anlageteilen;
- dichte Apparaturen, Tanks, Behälter und Leitungen;
- Lüftungsmassnahmen;
- Verhindern der betriebsbedingten Austritte brennbarer Stoffe beim Umschlag, bei der Probenahme von Produkten oder bei Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten.

6.2 Massnahmen gegen die Ausbreitung von Dämpfen und Flüssigkeiten

Eine Ausbreitung von Dämpfen und Flüssigkeiten in Schächten, Kanälen, Gruben und tiefliegenden Räumen (bspw. Keller) ist durch bauliche oder lüftungstechnische Massnahmen zu verhindern. Ausserdem sind Mauerdurchbrüche von Kabeln, insbesondere in tiefer liegende Geschosse, dauerhaft abzudichten. Hierzu eignen sich spezielle Blähmörtel, welche unter thermischer Einwirkung eine höhere Dichtheit aufweisen. Sind solche Massnahmen nicht möglich, sind die gefährdeten Hohlräume als Ex-Zone 1 zu deklarieren.

Massnahmen, um auslaufende Flüssigkeiten zurückhalten zu können, sind gemäss den einschlägigen Verordnungen zu treffen. Siehe dazu die Hinweise der VKF-Brandschutzrichtlinie "Brennbare Flüssigkeiten" 28-03¹².

6.3 Lüftung und Ventilation

Lüftungen sind mechanische oder natürliche Luftumwälzungen in einem geschlossenen Raum. In Umschlags- und Lagerräumen, in denen Kleingebinde umgefüllt werden, sind Quellabsaugungen notwendig. Reine Lager Räume sind gemäss SUVA-Merkblatt 2153⁵ und VKF-Brandschutzrichtlinie "Brennbare Flüssigkeiten" 28-03¹² zu belüften. Lüftungskanäle sind im Instandhaltungsplan aufzuführen; sie sind regelmässig zu reinigen und staubfrei zu halten. Staub in Verbindung mit Gasen, Dämpfen und Nebeln von Kohlenwasserstoffen erhöht die Gefahr von elektrostatischer Ladung im Kanalsystem. Rohrbögen sind aus denselben Gründen nach Möglichkeit in einem grossen Radius zu verlegen. Bei Benzin (F1-Flüssigkeit) müssen Abluftleitungen aus leitendem Material geerdet sein. Die Leistungsdaten des Ventilators sind im Explosionsschutzdokument (Seite 3) "Nähere Beschreibung des Standortes / Angaben zur Leistung der Lüftungsanlage" gemäss Angaben des Typenschildes zu vermerken. Die Temperaturklasse des Motors ist in Abhängigkeit der gelagerten Stoffe zu wählen. Es darf weder zu mechanischen Schleifstellen von Ventilatorenblättern am Gehäuse noch zu Erhitzung durch Lagerreibung kommen. Im Umkreis von 3 m der Austrittsöffnung des Abluftkanals darf keine Zündquelle vorhanden sein. Diese Regeln sind auch bei Instandhaltungsarbeiten einzuhalten.

6.4 Vermeidung von Zündquellen

Als Zündquellen gelten beispielsweise:

- heisse Oberflächen;
- offene Flammen und heisse Gase;
- mechanisch erzeugte Funken;
- elektrische Anlagen;
- statische Elektrizität;
- Blitzschlag;

- elektromagnetische Felder im Bereich von 9 kHz bis 300 GHz;
- ionisierende Strahlung;
- Ultraschall;
- adiabatische Kompression, Stosswellen, strömende Gase;
- chemische Reaktionen.

Technische Massnahmen zur Vermeidung von Zündquellen:

- Verwendung von Erdungsklemmen;
- Einsatz von zonenkonformen Arbeitsmitteln;
- Ausführen der elektrischen Installationen nach ATEX;
- Das Trockenlaufen flüssigkeitsgeschmierter Gleitlager ist zu vermeiden;
- Vermeidung von „Heissläufern“ durch Reibung;
- Überführen der Anlage bei einer Betriebsstörung (z.B. Energieausfall) in einen sicheren Betriebszustand;
- Abschalten von Hand der automatisch anlaufenden Systeme;
- Verwendung von explosionsgeschützten Geräten.

Nicht explosionsgeschützte, mobile elektronische Geräte dürfen nur in speziell bruchgeschützter Ausführung gelegentlich und kurzzeitig in den Ex-Bereich der Zone 2 gebracht werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass nicht gleichzeitig eine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist. Flurförderfahrzeuge wie Stapler, die für die Zone 2 zugelassen sind, dürfen sich für den Umschlag von Waren nur kurzzeitig in der Zone 1 aufhalten (SUVA-Merkblatt 2153⁵, Seite 40).

6.5 Konstruktive Explosionsschutzmassnahmen

Im Innern von Anlagen sind folgende, die Auswirkungen einer Explosion einschränkende, konstruktive Massnahmen zu treffen:

- Verhindern von Explosionsübertragung durch Entkopplung z.B. durch den Einbau von Detonationssicherungen in der Gaspendelleitung bei der Füll- und Entladestelle, bei der Benzinrückgewinnungsanlage und beim Gas- bzw. Produktetank;
- Explosionsdruckentlastung wie bspw. Über- und Unterdruckarmaturen am Tank;
- Explosionsunterdrückung;
- explosionsdruckstossfeste Bauweise (nicht branchenüblich, jedoch bei Cetanimprover zu prüfen).

6.6 Schutz der Anlage vor thermischer Einwirkung

Der Schutz der Anlage vor thermischer Einwirkung ist durch entsprechende Schutzabstände und Brandabschnitte zu gewährleisten. Weitere Hinweise finden sich in den Interkantonalen Richtlinien nach VKF (<http://bsvonline.vkf.ch/web/BSVonlineStart.asp?Sprache=d>).

6.7 Fluchtwege

Bereiche, in denen Explosionsgefahr besteht, müssen jederzeit sicher und schnell verlassen werden können. Wege in Kanälen, Korridoren und unterirdischen Räumen sind mit Notbeleuchtung oder nachleuchtenden Wegmarkierungen auszurüsten und Notausgänge mit Panikschloss zu versehen. Folgende Richtlinien und Checklisten sind für die Risikobeurteilung beizuziehen: SUVA-Checkliste 67157 "Fluchtwege"¹³,

VKF-Brandschutzrichtlinie "Flucht- und Rettungswege" 16-03¹⁴ und VKF-Brandschutzrichtlinie "Kennzeichnung von Fluchtwegen - Sicherheitsbeleuchtung - Sicherheitsstromversorgung" 17-03¹⁵. Die Symbole für die Rettungszeichen können folgender SUVA-Website entnommen werden:

<http://www.suva.ch/startseite-suva/service-suva/sicherheitsprodukte-suva/sicherheitszeichen-als-clipart-suva.htm>.

6.8 Schutz der Arbeitsmittel vor mechanischen Einwirkungen

Stützkonstruktionen, Traggestelle und Arbeitsmittel im Bereich der Verkehrswege sind mittels Anfahrerschutz, Anprallleiste, Schutzsockel, Leitplanken u.Ä. vor mechanischen Einwirkungen durch Transportmittel oder Fördermittel zu schützen. Weitere Hinweise finden sich im SUVA-Merkblatt 44036 "Innerbetriebliche Verkehrswege"¹⁶ sowie in der SUVA-Checkliste 67005 "Verkehrswege für Fahrzeuge"¹⁷.

6.9 Massnahmen für Rückstellmuster- und Gebindelager

Für alle Stoffe sind Sicherheitsdatenblätter und daraus abgeleitete Betriebsanweisungen notwendig. Die Mitarbeiter müssen über den Inhalt der Datenblätter und Betriebsanweisungen instruiert sein. Ausserdem sind folgende Massnahmen zu treffen:

- Präzise Beschriftung der Gebinde.
- Die Bewegungsfläche beim Umgang mit den eingelagerten Stoffen soll eine sichere Handhabung gewährleisten (Anfahrerschutz und Rammschutz).
- Die Beleuchtung ist ausreichend unter Einhaltung der Zonenkonformität.
- Der Fussboden ist undurchlässig und aus nicht brennbarem Material (nbb).
- Einrichtungsgegenstände im Lager sind ausschliesslich aus nicht brennbaren Materialien (nbb).
- Gefährliche Stoffe sind getrennt von anderen Materialien zu lagern.
- Das Personal muss bezüglich Brandschutz, Arbeitssicherheit und Rauchverbot instruiert sein.
- Je nach gelagertem Volumen sind die Gebinde in einem nicht- oder schwerbrennbaren Schrank (bis 100 kg) oder in einem Raum mit Feuerwiderstand EI 30 nbb (bis 1000 kg) oder EI 60 nbb (> 1000 kg) aufzubewahren.
- Gebinde sind dicht verschlossen zu halten.
- Die Verantwortlichkeiten im Umgang mit Chemikalien sind geregelt.
- Die Mengenschwelle nach Störfallverordnung ist dokumentiert.

Für die Lagerung von Gebinden kann die SUVA-Checkliste 67132 "Explosionsrisiken"¹⁸ beigezogen werden.

7. Organisatorische Explosionsschutzmassnahmen

Zur Vermeidung von Zündquellen sind organisatorische Massnahmen wie Rauchverbot, Verbot von Mobiltelefonen, Pflicht für das Tragen von geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (bspw. Schuhe mit ableitfähiger Sohle) zu ergreifen und mittels einer Betriebsanweisung zu reglementieren. Mit Verbot-, Gebots- und Warnhinweisen sind die explosionsgefährdeten Bereiche zu signalisieren. Der Zutritt zu besonders sensiblen Zonen ist mittels Verbotshinweisen Drittpersonen wie Fahrern von Tankwagen oder Mitgliedern der Schiffsmannschaft zu verwehren; für Berechtigte ist der Zutritt mit Gebotshinweisen zu regeln.

Neue Mitarbeiter und Drittpersonen (Chauffeure, externe Spezialisten etc.) sind in die Betriebsanweisungen und Sicherheitsvorschriften, insbesondere in Bezug auf den Explosionsschutz, einzuweisen. Periodisch sind sämtliche Mitarbeiter im Bereich der Sicherheitsvorschriften zu schulen. Diese Schulungen sind zu dokumentieren.

Die Sicherheitsdatenblätter sowie Angaben zu Menge und Art der gelagerten Stoffe müssen für alle Mitarbeiter und Drittpersonen (soweit für ihre Tätigkeit notwendig) einsehbar sein.

Die Lösch- und Kühleinrichtungen müssen den CARBURA-Richtlinien¹⁹, Kapitel F, entsprechen. Die Standorte der Einrichtungen sind so zu signalisieren, dass sie durch die betroffenen Personen auch bei einem Ereignis rasch und problemlos geortet werden können.

Sämtliche Arbeiten mit funkenbildenden oder offenen Flammen dürfen nur mit Spezialbewilligung ausgeführt werden. Arbeits- und Schweissbewilligungen von Drittpersonen sind ausnahmslos vor Arbeitsbeginn einzuholen. Die Arbeiten dürfen erst aufgenommen werden nach Abschluss der Überprüfung der Schutzmassnahmen durch den Sicherheitsverantwortlichen des Depots.

Notfallkonzepte (vgl. SUVA-Checkliste 67062 "Notfallplanung für ortsfeste Arbeitsplätze"²⁰), wie in der Störfallverordnung gefordert, sind periodisch auf Vollständigkeit, Aktualität und Plausibilität zu überprüfen. Notfallkonzepte sind auch auf den Fall einer Betriebsstörung auszurichten.

8. Erstellen des Explosionsschutzdokumentes

Grundlage für die Erstellung eines Explosionsschutzdokumentes ist das SUVA-Merkblatt 2153⁵, der daraus resultierende Ex-Zonenplan und die CARBURA-Richtlinien¹⁹. Auf weitere hilfreiche Schriften wird jeweils im Text hingewiesen.

Das vorliegende Explosionsschutzdokument konzentriert sich auf die Bereiche im Zusammenhang mit der Lagerung und dem Umschlag von Treib- und Brennstoffen sowie in Verbindung mit den nötigen Hilfsmitteln wie Additiven, Schmier- und anderen Betriebsstoffen in einem Depotbetrieb. Auf die Stoffkategorie "Stäube" wird nicht eingegangen.

Das Explosionsschutzdokument zeigt auf, welche Explosionsschutzmassnahmen bereits erfolgreich umgesetzt worden sind bzw. wo Handlungsbedarf besteht. Der Massnahmenplan gibt Auskunft über den Stand der Umsetzung aller Positionen mit Handlungsbedarf. Es handelt sich um eine momentane Beurteilung des Tanklagers hinsichtlich Explosionsschutz. Die Explosionsschutzdokumente sollten daher regelmässig nachgeführt und aktualisiert werden. Insbesondere bei einer Änderung der Nutzung oder Anpassung an neue Umgebungseinflüsse ist die Schlussfolgerung durch die Risikobeurteilung neu zu hinterfragen. Verweise auf bestehende Unterlagen sind zulässig und vereinfachen das Nachführen der einzelnen Dokumente.

Das Explosionsschutzdokument hält ausserdem fest:

- Firma;
- die für den Explosionsschutz verantwortlichen Personen.

8.1 Aufbau des Explosionsschutzdokumentes

Das Explosionsschutzdokument zeigt auf, mit welchen Massnahmen sich das Risiko und die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses minimieren lassen und so die Auswirkungen auf Personen und Umwelt auf ein vertretbares Mass reduziert werden. Bei der Beurteilung des Tanklagers hinsichtlich Explosionsschutz sollten Betrachtungen über die Gefährdung in den verschiedenen Betriebszuständen miteinbezogen werden:

- im Normalbetrieb;
- im Sonderbetrieb (z.B. In- und Ausserbetriebnahme einer Installation);
- bei Betriebsstörungen;
- bei Reparaturarbeiten;
- beim Reinigen von Teilen der Installation;
- bei Instandhaltungsarbeiten;
- bei Energieausfall;
- durch Arbeitsmittel, die nicht in den Bereich der VGSEB³ / ATEX 95¹ fallen, jedoch ein Gefährdungspotential aufweisen.

Bei grösseren Tanklagern kann eine Unterteilung in verschiedene Bereiche von Vorteil sein. Diese kann nach folgendem Schema erfolgen (Aufstellung nicht abschliessend):

Be- und Entlad	Bahnkesselwagen Binnenschiffe Tankfahrzeuge Pipeline
Lagerung	im Stehtank (Tankbassin) im Liegetank (Tankbassin) im Container / IBC (Intermediate Bulk Container) - offen oder in Halle im Lager als Stückgut (Lagerhalle, Werkstatt usw.)
Einlagern, Auslagern	Pumpenhaus Pumpengruppen einzelne Pumpen
Verkehrswege	Evakuierung Fluchtwege Tunnels, Schächte, Kanäle und Ölabscheider Leitungen
Abfüllen in Räumen	Gebinde bis 450 Liter IBC - meist aus Kunststoff Container

etc.

8.1.1 Abgrenzung eines Bereiches für die Beurteilung

Der zu beurteilende Bereich wird durch einen Ex-Zonenplan dokumentiert. Daraus gehen die maximal gelagerten Mengen an brennbaren Flüssigkeiten, Stoffen und Gemischen hervor. Verweise auf bereits vorhandene Dokumente sind zulässig und vereinfachen den Aufbau und die Pflege des Explosionsschutzdokumentes.

8.1.2 Explosionsrelevante Kenngrössen der wichtigsten Mineralölprodukte

Die sicherheitsrelevanten Daten sind dem Anhang 1 "Richtwerte für Mineralölprodukte" zu entnehmen. Weitere Daten finden sich in der SUVA-Schrift "Sicherheitstechnische Kenngrössen von Flüssigkeiten und Gasen", SUVA-Nr. 1469²¹ oder in der Publikation "Sicherheitstechnische Kenngrössen; Bd.1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase"²² von E. Brandes und W. Möller.

Anhang 1 umfasst wichtige Richtwerte der gängigen Mineralölprodukte. Bei den Werten handelt es sich um Literaturwerte, welche je nach Quelle bzw. in der Praxis deutlich abweichen können. Für eine erste Risikoabschätzung sind die Werte anwendbar.

8.2 Checkliste Explosionsrisiken

Das Explosionsschutzdokument zeigt den momentanen Zustand auf und ist ein dynamisches Führungsinstrument für den Betriebsleiter. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich Fragen aus dem Explosionsschutz mit anderen Bereichen wie Gesundheitsschutz, Unfallverhütung und Arbeitssicherheit überschneiden. Um eine Redundanz gleicher Informationen zu verhindern, kann im Explosionsschutzdokument auf den Ort der Ablage des Urdokuments verwiesen werden. So sind die Abklärungen aus den EKAS-Richtlinien oder aus der Störfallvorsorge sinnvollerweise in den jeweiligen Dokumenten zu belassen.

Werden in der Checkliste Fragen mit „ja“ oder „nicht relevant“ beantwortet, sind keine Massnahmen notwendig. Es empfiehlt sich jedoch, die Antwort kurz zu begründen, um den Entscheid für eine aussen stehende Kontrollstelle nachvollziehbar und transparent zu gestalten. Werden Fragen mit „nein“ beantwortet, sind in der Regel Massnahmen erforderlich. Im Massnahmenplan ist festzuhalten, bis wann die Massnahme vollzogen sein muss.

Die Checkliste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

9. Literaturstellen und Internetadressen

9.1 Eingesehene und weiterführende Literaturstellen

1. [Richtlinie 94/9/EG](#) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemässen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX 95)
2. [Richtlinie 1999/92/EG](#) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.1999 "Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können" (ATEX 137)
3. [Verordnung über Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen \(VGSEB\)](#) vom 2. März 1998 (Stand am 1. Juli 2010), SR 734.6
4. [Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten](#) (Verordnung über die Unfallverhütung, VUV) vom 19. Dezember 1983 (Stand am 1. Juli 2010), SR 832.30
5. [SUVA-Merkblatt 2153 "Explosionsschutz - Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen"](#) (entspricht der ATEX 137)
6. [EKAS-Richtlinie Nr. 6512 "Arbeitsmittel"](#), Oktober 2001
7. [Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen](#) (Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV) vom 7. November 2001 (Stand am 1. Januar 2010), SR 734.27
8. [Bundesgesetz über die Produktesicherheit \(PrSG\)](#) vom 12. Juni 2009 (Stand am 1. Juli 2010), SR 930.11
9. [Verordnung über die Produktesicherheit \(PrSV\)](#) vom 19. Mai 2010 (Stand am 1. Juli 2010), SR 930.111
10. [Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2153](#) "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (BGI 5127 und T 033)
11. [Strömungslehre, Zusammenfassung](#), Jürgen Gilg, Februar 2008
12. [Brandschutzrichtlinie "Brennbare Flüssigkeiten"](#), Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), 28-03d, 26.03.2003
13. [SUVA-Checkliste 67157 "Fluchtwege"](#)
14. [Brandschutzrichtlinie "Flucht- und Rettungswege"](#), Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), 16-03d, 26.03.2003
15. [Brandschutzrichtlinie "Kennzeichnung von Fluchtwegen - Sicherheitsbeleuchtung - Sicherheitsstromversorgung"](#), Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), 17-03d, 20.10.2008
16. SUVA-Merkblatt 44036 "Innerbetriebliche Verkehrswege"
17. [SUVA-Checkliste 67005 "Verkehrswege für Fahrzeuge"](#)
18. [SUVA-Checkliste 67132 "Explosionsrisiken \(Explosionsschutzdokument für KMU\)"](#)
19. [Richtlinien für Tankanlagen der Schweizerischen Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe, CARBURA](#) (CARBURA-Richtlinien)
20. [SUVA-Checkliste 67062 "Notfallplanung für ortsfeste Arbeitsplätze"](#)
21. [Sicherheitstechnische Kenngrössen von Flüssigkeiten und Gasen, SUVA-Nr.1469](#)
22. Sicherheitstechnische Kenngrössen; Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase, E. Brandes und W. Möller, ISBN 3-89701-745-8
23. [Brandschutznorm](#), Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), 1-03d, 20.10.2008
24. [Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz](#) (Gesundheitsvorsorge, ArGV 3) vom 18. August 1993 (Stand am 1. Mai 2010), SR 822.113
25. [Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 4](#) "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Massnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Mass beschränken"

26. [Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 2](#) sowie [Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 722](#) "Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre"
27. [Leitfaden für die Praxis "Lagerung von gefährlichen Stoffen"](#), Sicherheitsinstitut Zürich, 2008
28. [ATEX-Leitlinien \(zweite Ausgabe\) - Leitlinien zur Anwendung der Richtlinie 94/9/EG](#) des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemässen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, Juli 2005, aktuelle Fassung August 2008
29. Sicherheit beim Umgang mit Lösemitteln; SUVA-Nr. SBA 155
30. [EKAS-Richtlinie Nr. 1825 "Brennbare Flüssigkeiten. Lagern und Umgang"](#), August 2005
31. [SUVA-Checkliste 67013 "Umgang mit Lösemitteln"](#)
32. [EKAS-Richtlinie Nr. 1941 "Flüssiggas, Teil I: Behälter, Lagern, Umschlagen und Abfüllen"](#), Juli 2005
33. [Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit \(BGR\), BGR 104 "Explosionsschutz-Regeln"](#), Januar 2007
34. [Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152](#) sowie [Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 720](#) "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines"
35. [Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 1](#) sowie [Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 721](#) "Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung"
36. [SUVA-Checkliste 67061 "Notfallplanung für nicht ortsfeste Arbeitsplätze"](#)
37. [SUVA-Checkliste 67081 "Elektrizität auf Baustellen"](#)
38. [SUVA-Merkblatt 66047 "Betriebsanleitungen - Sicherheitsinformationen für Anwender"](#)
39. [Explosionsschutz - Richtlinien, Zonen und Normen - Anforderungen an die Geräte](#), thuba, März 2010

9.2 Internetadressen

40. <http://bsvonline.vkf.ch/web/BSVonlineStart.asp?Sprache=d>
41. <http://www.suva.ch/startseite-suva/service-suva/sicherheitsprodukte-suva/sicherheitszeichen-als-clipart-suva.htm>
42. <http://www.suva.ch/startseite-suva/service-suva/informationsmittel-suva/informationsmittel-arbeit-suva.htm>
43. <http://www.ptb.de/cms/fachabteilungen/abt3/exschutz.html>
44. <http://www.drucklufttechnik.de/www/temp/drucklft.nsf/70479b556c5dc3b4c125662900334cdf/b74dd2c65a47342ec125662500802d15?OpenDocument>

Richtwerte für Mineralölprodukte

Anhang 1

Produkt	Benzin additiviert	Diesel additiviert	Heizöl leicht	Avgas 100 LL	Jet A1	n-Heptan	Toluol	Benzinad- ditiv (typi- scher Wert)	Cetanimpro- ver (typi- scher Wert)	Stadis 450	Ethanol	Pflanzen- ester
Aussehen	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar		klar		klar	klar
Farbe	farblos	hellgelb	gelb	hellblau	hellgelb	farblos	farblos	hellgelb	farblos hellgelb	hellgelb	farblos	hellgelb
Dichte (kg/m ³) bei 15°C	690 – 760	820 - 845	820 - 860	725 - 780	790 -820	684	866	910	967	920	789	860 -900
Viskosität bei 40°C [mm ² /s]	~0.5	~3.2	~3.5	~0.5	~4.0	~0.5	~0.7	3 – 7	1.3	7	~0.3	3.5 – 5.0
Siedebeginn [°C]	25	170	185	130	150	98	110.6	n.g.	zersetzt 115	90	78.4	n.g.
Siedende [°C]	210	360	360	170	300	98	110.6	195	n.g.	90	78.4	n.g.
Flammpunkt [°C]	-40	~ 58	~ 58	-18	38 -60	-5	6	64	70	6	12	>120
Zündtemperatur [°C]	~220	~220	~220	~280	~220	215	535	425	~100	399	425	n.g.
Dampfdruck [kPa] bei 0°C	11.3			9.7	n.g	15.26	8.80	n.g.	n.g.	n.g	16.26	n.g.
Dampfdruck [kPa] bei 20°C	28.6	~0,53	0.53	24.0	< 0.1	47.45	29.59	0.1	0.03	6.2	58.52	n.g.
Dampfdruck [kPa] bei 40°C	45 -90	2.00	2.00	52.0	~8.33	122.64	78.91	n.g.	n.g.	n.g	180.35	n.g.
Untere Explosionsgrenze [Vol.-% (g/m ³)]	0.7 (32)	0.9 (100)	0.72 (95)	1.2 (54)	0.8 (64)	1.1 (46)	1.2 (46)	0.6	n.g.	2.3	3.5 (67)	n.g.
Obere Explosionsgrenze [Vol.-% (g/m ³)]	8.7 (348)	2.2 (246)	7.8 (261)	6.0 (269)	2.5 (200)	6.7 (280)	7.8 (300)	7 -12		12.7	15 (290)	n.g.
Brandfördernde Eigenschaft	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	n.g.
Dampfkonzentration bei Sättigung bei 20°C [vol%/g/m ³ (g/m ³)]	29.9 (1180)	0.06 (5.9)	0.06 (6.3)	25.0 (986)	0.26 (18.45)	4.95 (195)	3.08 (112)	n.g.	n.g.	n.g.	6.1 (110.8)	n.g.
Mindestzündenergie [mJ]	0.25	n.g.	n.g.	0.22	n.g.	0.24	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
Leitfähigkeit pS/m (gemessen bei 20°C)	50 – 1000	50 – 1000	50 – 1000	50 – 1000	50 – 600	0.5 – 50	0.5 - 50	Ca. 1000	< 50	ca. 1000	10 ⁸	ca. 10 ⁶
Relaxationszeit (s)	0.02-0.04	0.02 – 0.04	0.02 – 0.04	0.02 – 0.04	0.02 – 0.04	2 - 200	2 - 200	ca. 0.2	2 - 200	ca. 0.2	ca. 0.2	ca. 0,2
Rel. Dichte zu Luft (Luft =1)	1.9	1.1	1.1	1.6	1.01	1.1	1.1	> 1.0	>1.0	4 - 5	1.04	n.g
Temperaturklasse	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T1	T3	T6!	T1	T2	n.g.
Explosionsgruppe	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIB	n.g.
Verdunstungsrate (Butylacetat =1)	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0.05	0.83	1.37	n.g.	n.g.

Bei obigen Werten handelt es sich um Literaturwerte, welche je nach Quelle bzw. in der Praxis deutlich abweichen können.