

17. Münchner Feuerwehrsposium am 15. November 2014

Brandbekämpfung in explosionsgefährdeten Bereichen

Beispiel der Inertisierung eines Silobrandes

Vortragender: Ulrich Hoischen

DMT GmbH & Co. KG, Tremoniastraße 13, 44137 Dortmund

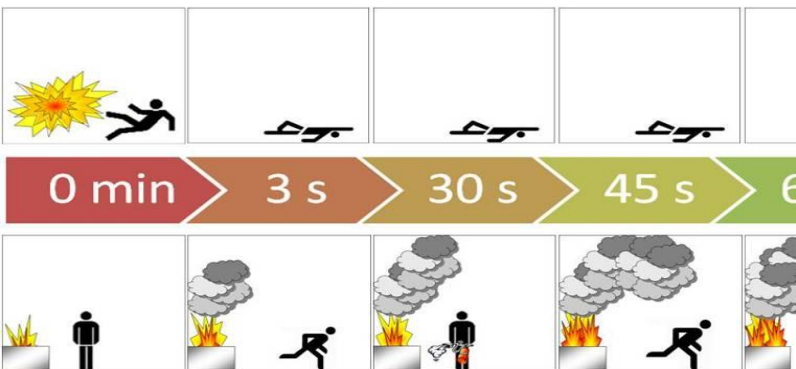
Geschäftsfeld Gebäude Sicherheit

Zentrum für Brand- und Explosionsschutz

www.dmt.de und www.Feuerwehrtraining.net

DMT-Zentrum für Brand- und Explosionsschutz

- Erstellung von Brand- und Explosionsschutzkonzepten und –gutachten
- Ursachenermittlung nach Brand- und Explosionsereignissen
- Sonderbrandbekämpfung für Bunker und Silos sowie Deponien und Kohlenläger
- Prüfung von Brandschutzeinrichtungen gem. PrüfVO
- Prüfung und Zertifizierung von Brandschutzprodukten
- Feuerwehrtrainings und Seminare zum Brand- und Explosionsschutz
- Tunnelsicherheit
-



Gliederung des Vortrages

- **Einleitung**
- **Problematik brennbarer Stäube**
- **Betreiberverantwortung - Verantwortung der Feuerwehr**
- **Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos**
- **Maßnahmen im Brandfall**

Gefahren an der Einsatzstelle

für	Gefahr	durch								
		Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung / Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?										
Menschen										
Tiere										
Umwelt										
Sachwerte										
Vor welchen Gefahren müssen sich die Einsatzkräfte schützen?										
Mannschaft										
Gerät										

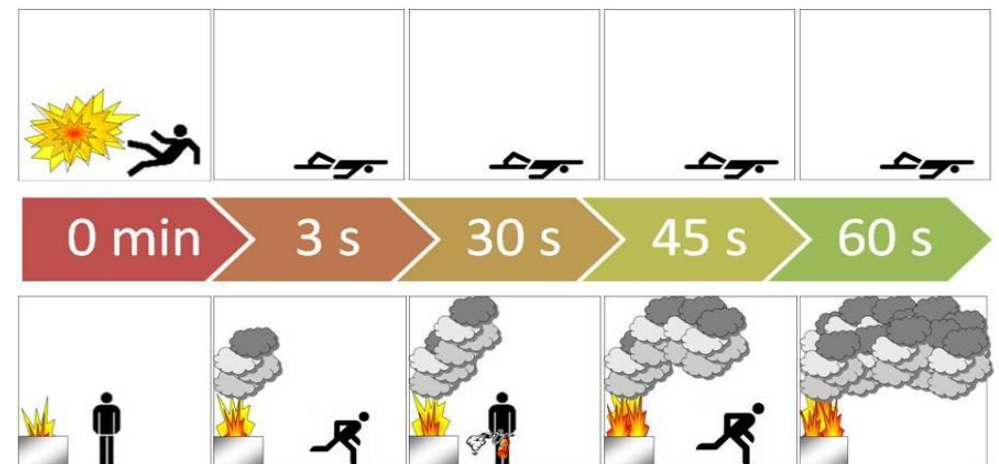
Quelle: Dipl.-Ing. Johannes Lottermann

Explosionsgefahren an der Einsatzstelle

oder

AAAACEEEE – das (un)bekannte „E“ ?!

Gefahr für	durch										
	Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung / Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz		
Welche Gefahren müssen bekämpft werden?											
Menschen											
Tiere											
Umwelt											
Sachwerte											
Vor welchen Gefahren müssen sich die Einsatzkräfte schützen?											
Mannschaft											
Gerät											



Quelle: Dipl.-Ing. Johannes Lottermann

Behauptung

Ausbildungsstand im Bereich des abwehrenden Brandschutzes

- **Die Feuerwehren sind im Hinblick auf die Besonderheiten der Brandbekämpfung in explosionsgefährdeten Bereichen teilweise nicht optimal geschult.**
- **Die Ausbildungsinhalte zu Explosionsgefahren stützen sich in weiten Teilen auf brennbare Gase.
Daraus folgt, dass die Explosionsgefahren durch brennbare Stäube in der Ausbildung fast keine Beachtung finden.**

Ereignisse



„Staubexplosion verletzt Feuerwehrmitglieder“

Sachstand:

- **Brand während Reinigungsarbeiten im Fußbereich eines Kohlestaubsilos**
- **Brandursache unbekannt**
- **Brandbekämpfung durch ortsansässige öffentliche FW**

www.feuerwehrobjectiv.at

02/2011

FF Hallein

„Staubexplosion verletzt Feuerwehrmitglieder“

Mögliche Problematiken:

- **Wie ist der Reinigungszustand im Bereich des Kohlestausilos?**
- **Wie ist die Einschätzung der Gefahrenlage von Seiten der Feuerwehr und des Betreibers?**
- **Wie ist die Kenntnis über eine mögliche Gefährdung der Trupps untereinander beim Löschangriff?**

„Staubexplosion verletzt Feuerwehrmitglieder“

Ergebnis:

- **Durchzündung von Kohlenstaub während der Löscharbeiten**
- **Mehrere verletzte FM und ein verletzter Betriebsangehöriger (Verbrennungen)**
- **109 eingesetzte Kräfte**

Gasexplosion (BLEVE*)



<https://www.youtube.com/watch?v=aKN-C9HTPgY>

BLEVE

* Wikipedia: Die BLEVE (Abkürzung für englisch *boiling liquid expanding vapor explosion*) ist eine Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit

- Einleitung
- **Problematik brennbarer Stäube**
- Betreiberverantwortung, Verantwortung der Feuerwehr
- Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos
- Maßnahmen im Brandfall

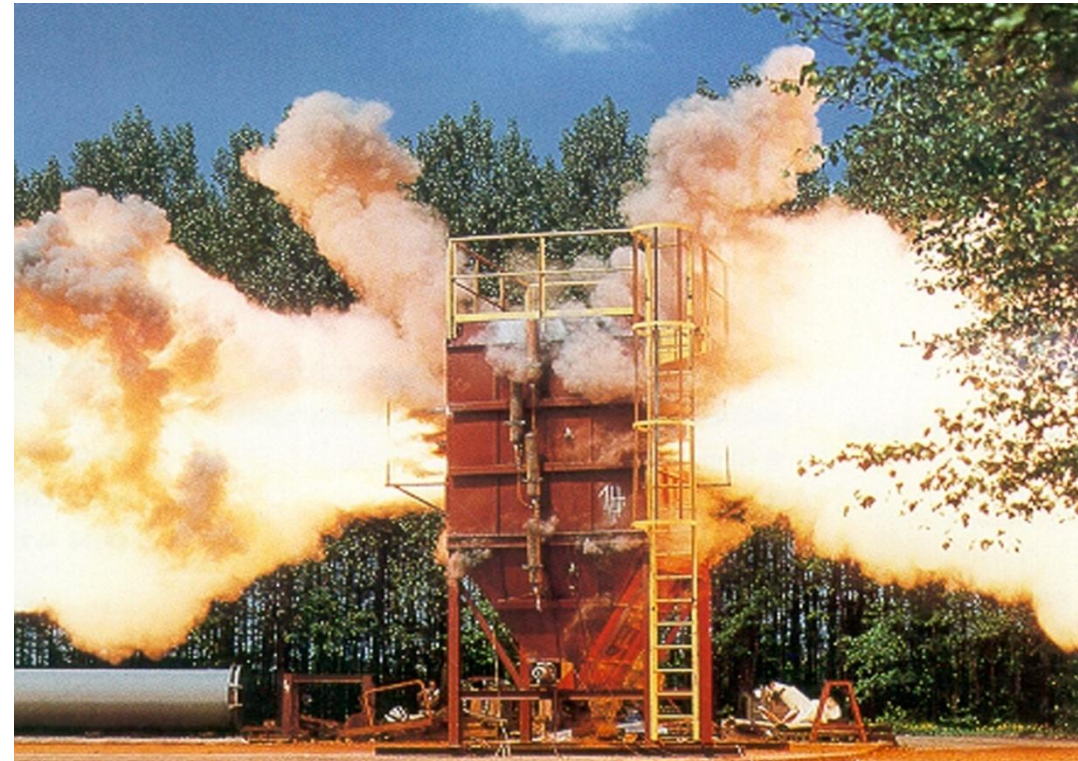
Problematik brennbarer Stäube (1)

- **Abgelagerte, brennbare Stäube können durch den Löschangriff aufgewirbelt werden (z.B. Vollstrahl, Überdruckbelüftung)**
- **Durch den zu bekämpfenden Brand ist immer eine Zündquelle vorhanden**
- **Eine Durchzündung der erzeugten Staubwolke kann die Folge sein**



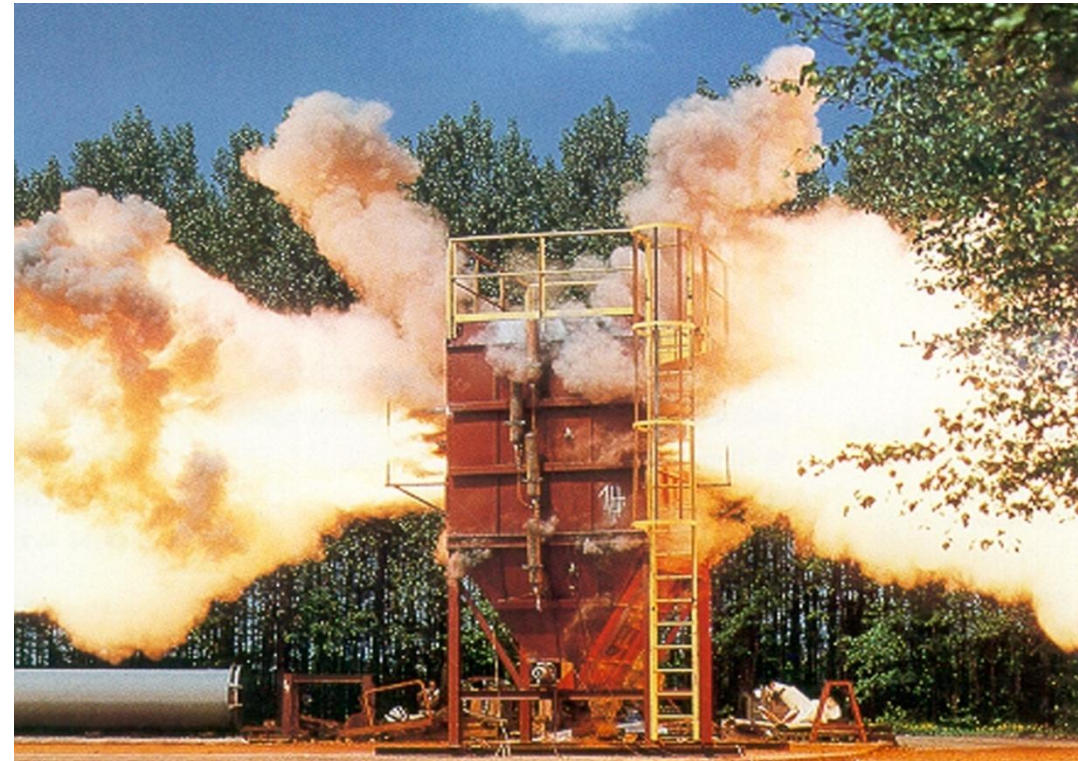
Problematik brennbarer Stäube (2)

- **Bildung von Schwel- und Pyrolysegasen innerhalb des Silos oder Filters, dadurch ist die Entstehung einer explosionsfähige Atmosphäre durch Staub- oder Staub-Brandgasgemische möglich**
- **Stichflammen aus Öffnungen z.B. Druckentlastungssystemen**



Problematik brennbarer Stäube (3)

- **Gefahr der Durchzündung/Explosion beim Öffnen eines Silos oder Filters und beim Ausräumen des Schüttgutes**
- **Gefahr der Staubexplosion ist auch außerhalb des Silos oder Filters durch Zündung von Staubablagerungen möglich**



Problematik brennbarer Stäube (4)

Fazit:

- **„Brände kann man nur bekämpfen, wenn man Flammen sieht!“**
- **Falsches einsatztaktisches Vorgehen z.B. Aufwirbelung durch Vollstrahl**
- **Fehlendes Bewusstsein der Gefahren bei Bränden in Siloanlagen?**

http://members.aon.at/fftragwein/ff_homepage/silobrand_saegewerk_ortner2.htm

- Einleitung
- Problematik brennbarer Stäube
- **Betreiberverantwortung - Verantwortung der Feuerwehr**
- Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos
- Maßnahmen im Brandfall

Silobrand mit Explosion

Tote bei Silobrand (Bericht Internet)

Freitag der 15.08.2003

Bei einem Schwelbrand in einem mehrstöckigen Getreidesilo sind zwei Feuerwehrleute ums Leben gekommen. Während der Löscharbeiten kam es zu einer Staubexplosion, die Decke des Silos stürzte ein. Fünf Feuerwehrleute wurden darunter begraben. Den Rettungskräften gelang es, drei der Verschütteten zu befreien. Die Bergungsarbeiten dauern an.

Silobrand mit Explosion (1)



Brandentstehung

**In einer Silozelle mit 465 m³
Inhalt kam es zu einer
Selbstentzündung**

Gerichtsurteil

>>Der Geschäftsführer eines Kraftfutterwerkes wurde wegen fahrlässiger Tötung in zwei und wegen fahrlässiger Körperverletzung in sechs Fällen zu einer Freiheitsstrafe von 1 Jahr und 6 Monaten verurteilt, deren Vollstreckung zur Bewährung ausgesetzt wurde. Der Produktionsleiter wurde freigesprochen.<<

§

**Landgericht Gera
700 JS 28685/03-9 KLS**

Die Klage gegen die Feuerwehr wurde fallengelassen.

Gerichtsurteil

Großschadensereignis „Silo“

Begründung:

Die die Verurteilung des Angeklagten tragenden Gesichtspunkte wurden in der im Vorfeld des Explosionsgeschehens versäumten Brandschutzmaßnahmen gesehen.

Zusätzlich wird ihm Untätigbleiben in Kenntnis dieser Versäumnisse trotz sich aktualisierendem Handlungsbedarfs in sich abzeichnender Havarie vorgeworfen.



**Landgericht Gera
700 JS 28685/03-9 KLS**

Silobrand mit Explosion (1)

12.08.2003 bis 14.08.2003

- **Erste Anzeichen einer Erwärmung**
- **Material wurde abgezogen werden**
- **Große Teile des Silos waren mit Glutnestern durchsetzt**

14.08.2003

- **.....**
- **Die Feuerwehr wurde am 14.08.2003 gegen 23:25 Uhr gerufen**

Silobrand mit Explosion (1)

15.08.2003

- **Explosion bei der Aufgabe von Löschschaum**

Silobrand mit Explosion (1)

Was hätte erfolgen müssen?

- **Der Stand der Technik hätte den existierenden Merkblättern der BGN von 1993 (ASI 8.41/93) bzw. dem VDS von 1998 (VDS 2154) und ... entnommen werden können.**
- **Umsetzung des Sicherheitskonzeptes**
- **Treffen von Vorkehrungen zur Brandbekämpfung/Inertisierung.**
- **.....**

Silobrand mit Explosion (1)

Merkblätter

Silos für Holzstaub
und -späne

Bauliche Einrichtungen,
Brand- und Explosionsschutz



Inertisierung von Silos im Brandfall

Merkblatt zur Schadenverhütung

1 Allgemeines

In diesem Merkblatt werden Maßnahmen erläutert, die beim Inertisieren und Ausräumen von Silos mit glimmendem oder in Brand geratenem Schüttgut zu treffen sind.

Das Merkblatt gilt für Anlagen, bei denen das Inertgas nur im Brandfall zugeführt wird. Es gilt nicht für Anlagen, die dauerinertisiert werden, um z.B. eine längere Haltbarkeit des Schüttgutes zu erreichen.

Das Merkblatt wurde in Anlehnung an die Allgemeine Sicherheitsinformation (ASI) 8.41/83 (SIL) der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten erstellt.

Die genannten Maßnahmen sind bei neu zu erstellenden Silos zu berücksichtigen und bei bestehenden Silos im Rahmen der Inertisierung zu berücksichtigen.



Silobrand mit Explosion (2)

30. November 2008 - Explosion bei Silobrand - ein getöteter und 7 zum Teil schwer verletzte Feuerwehrleute

(Bericht Internet)

Bei einer Explosion in einer Mälzerei in Worms-Rheindürkheim sind ein Feuerwehrmann getötet und 7 teils schwer verletzt worden.

RECHT

Siloexplosion: fehlerhafte Entscheidung des Einsatzleiters durchbricht Kausalkette

Mit Urteil vom 17. Dezember 2013 (Az.: 2 O 154/12) wies das Landgericht Mainz die Schadensersatzklage der Un-

se Menge breiigen Materials aus dem Silo. Im Anschluss daran wurde wiederum mit einem Vollstrahl von oben erneut in das

hier: die Explosion – und als ursächlich im rechtlichen Sinne (so genannte »condicio sine qua non«, d. h., der betreffende Sach-

Internet: <http://www.rnf.de/mediathek/video/zivil-prozess-um-....>



Silobrand mit Explosion (2)

17. Dezember 2013

Zivilprozess Mainzer Landgericht

In dem Zivilprozess ging es vor dem darum, ob die 250.000 Euro, die die Unfallkasse an die Feuerwehrleute und Hinterbliebenen zahlte, von dem Malz-Unternehmen zu übernehmen sind.

Dabei ging es auch darum, ob die Feuerwehr den Schwelbrand mit der richtigen Methode zu löschen versuchte oder ob sie nicht sogar selbst die Explosion auslöste.

Gerichtsurteil

Nach der Überzeugung des Gerichtes stand fest, dass es gerade die Art und Weise war, wie der Brand nach den Anweisungen des Einsatzleiters der Feuerwehr gelöscht werden sollte, die zu der Explosion des Silos führte.

Eine Verantwortlichkeit des Betreibers bzw. des Betriebsleiters sah das Gericht hingegen nicht.

§

Mainzer Landgericht

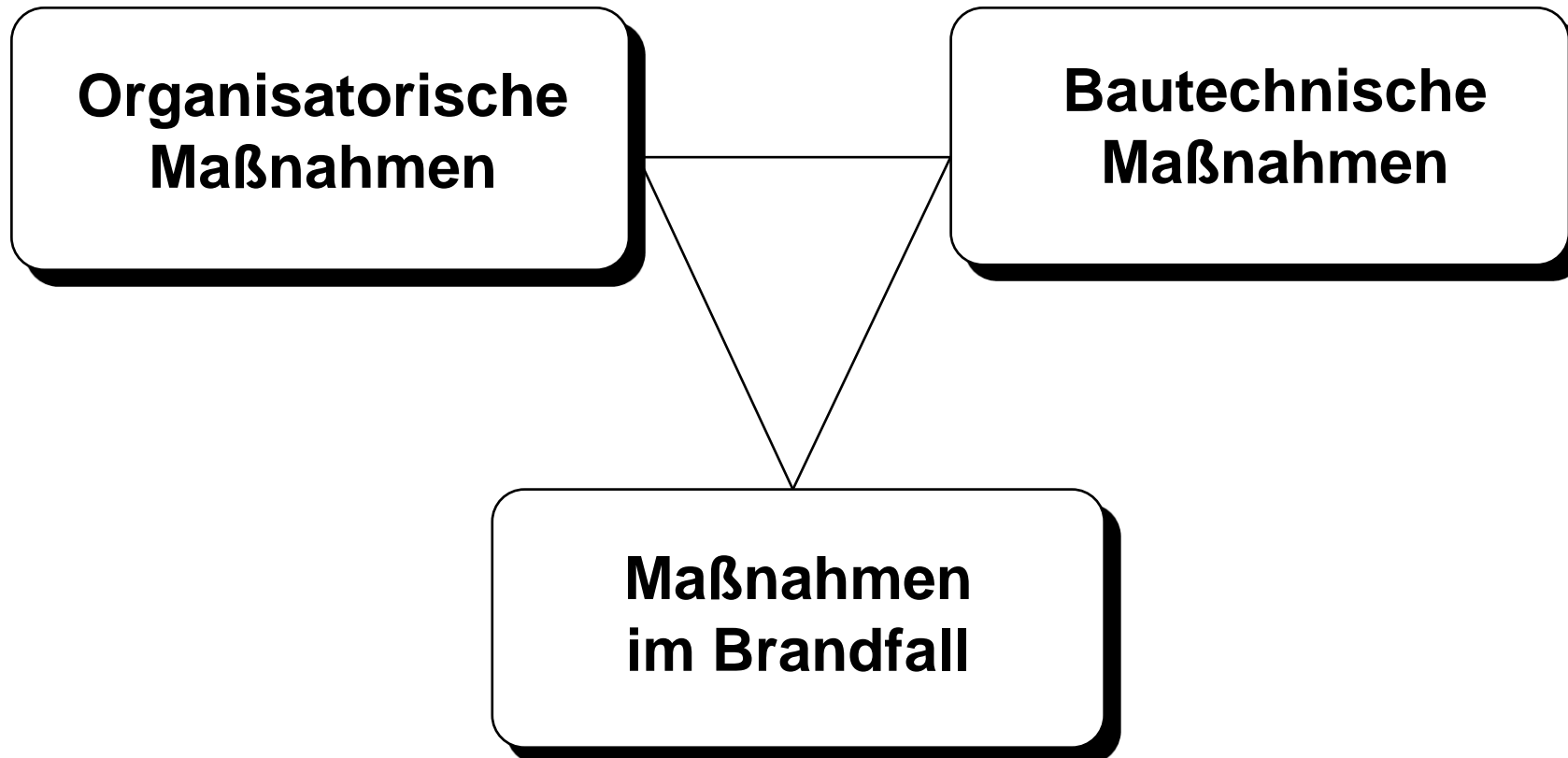
Silobrand mit Explosion (2)

Fazit:

Da dem Einsatzleiter der Feuerwehr ein derart gravierendes Fehlverhalten vorzuwerfen ist, treten eventuell von dem Betreiber zu verantwortende Ursachen für die Entstehung des Schwelbrandes völlig zurück.

- Einleitung
- Problematik brennbarer Stäube
- Betreiberverantwortung - Verantwortung der Feuerwehr
- **Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos**
- Maßnahmen im Brandfall

Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos



Organisatorische Maßnahmen

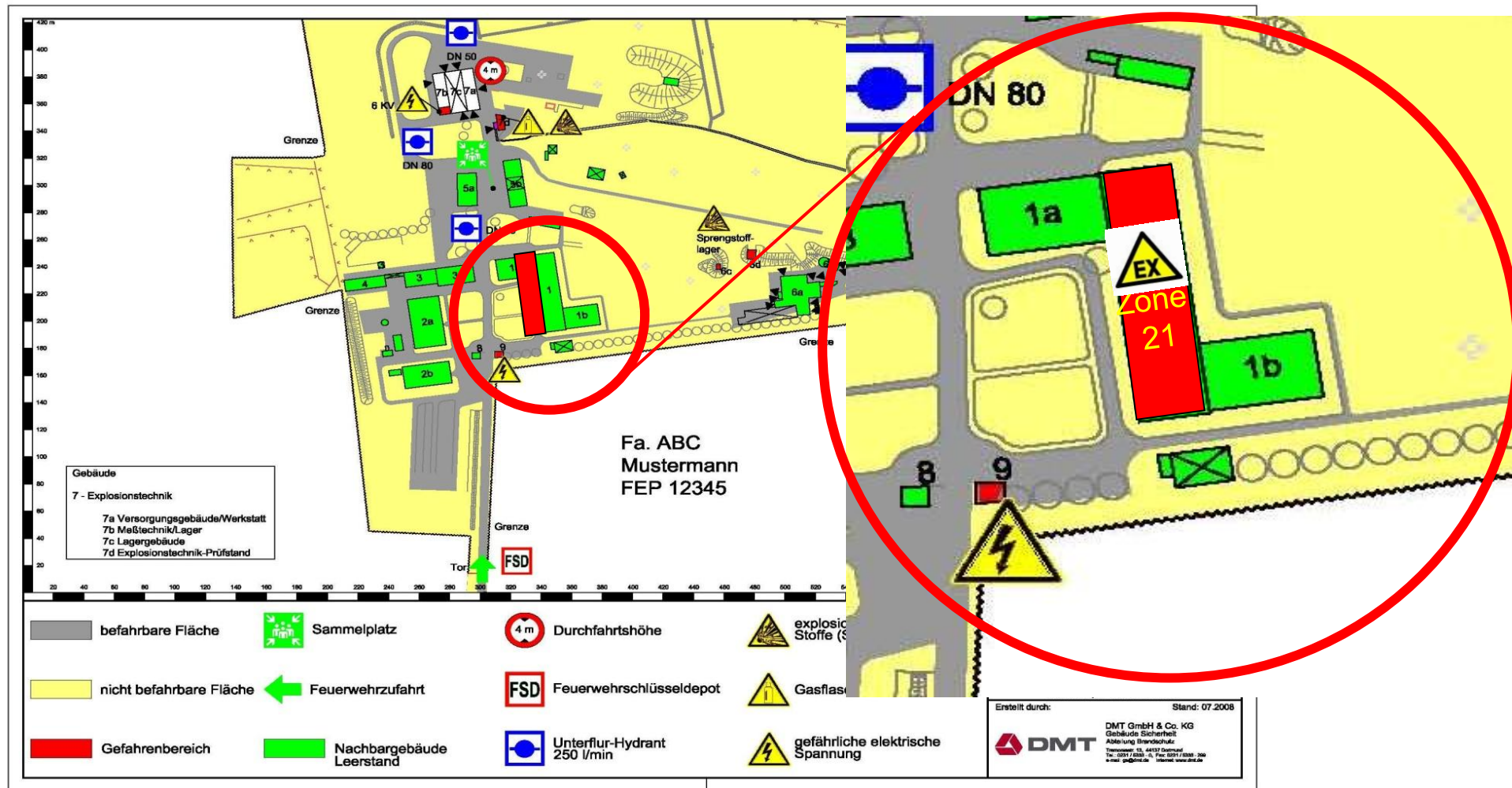
Der „Betriebliche Alarmplan“ sollte folgende Angaben und Informationen enthalten:

- **Firmenleitung**
- **Feuerwehr**
- **Berufsgenossenschaft**
- **Gewerbeaufsicht**
- **Feuerversicherer**

- **Fachstellen und Firmen für die Silo-Inertisierung**
- **Plan für die Silo-Inertisierung**

Organisatorische Maßnahmen

Der „Feuerwehrplan“ sollte folgende Angaben und Informationen zu Explosionszonen beinhalten:



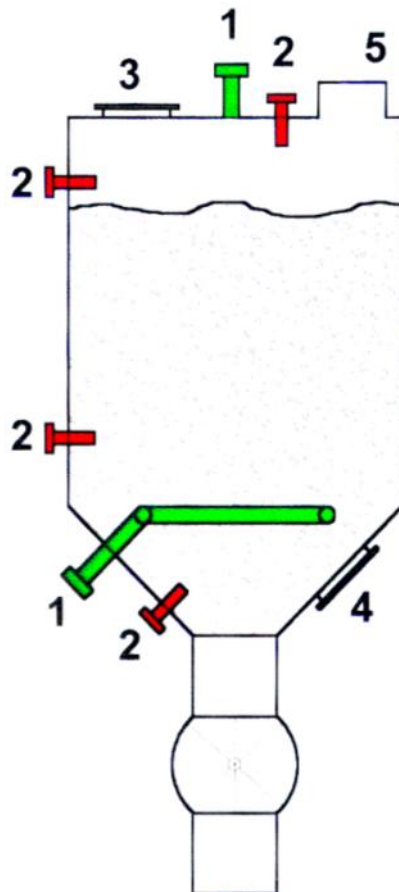
Organisatorische Maßnahmen

Der „Plan für die Silo-Inertisierung“ sollte folgende Angaben und Informationen enthalten:

- **Verfügbare Inertisierungsanlagen**
- **Inertgaslieferanten**
- **Verfügbare Messeinrichtungen für**
 - **Inertgasdruck und -menge**
 - **Sauerstoff und Kohlenmonoxid, ggf. CO₂**
 - **Temperatur**
- **Aufstellungsort der Inertisierungsanlage**
- **Hinweise zur Durchführung der Inertisierung**

Bautechnische Maßnahmen

Zur Vorbereitung einer Inertisierung sollten mindestens folgende bautechnische Maßnahmen vorbereitet werden:



- 1. Inertgasanschluss**
- 2. Öffnung für Messsonden**
- 3. Revisionsklappe**
- 4. Notaustragsöffnung**
- 5. Siloeinlauf**

- Einleitung
- Problematik brennbarer Stäube
- Betreiberverantwortung - Verantwortung der Feuerwehr
- Vorbereitete Maßnahmen zur Inertisierung von Silos
- **Maßnahmen im Brandfall**

Maßnahmen im Brandfall

Folgende Maßnahmen müssen im Brandfall getroffen werden:

- **Frühzeitige Alarmierung nach Alarmplan**
- **Feststellen, ob Gefahren durch Brandrauch vorliegen können**
- **Feststellen, ob Explosionsgefahren durch Stäube oder Gase vorliegen können**
- **Feststellen, wo Austrittsbereiche von Explosionsdruckentlastungsvorrichtungen vorhanden sind**
- **Lokalisierung des Brandes**

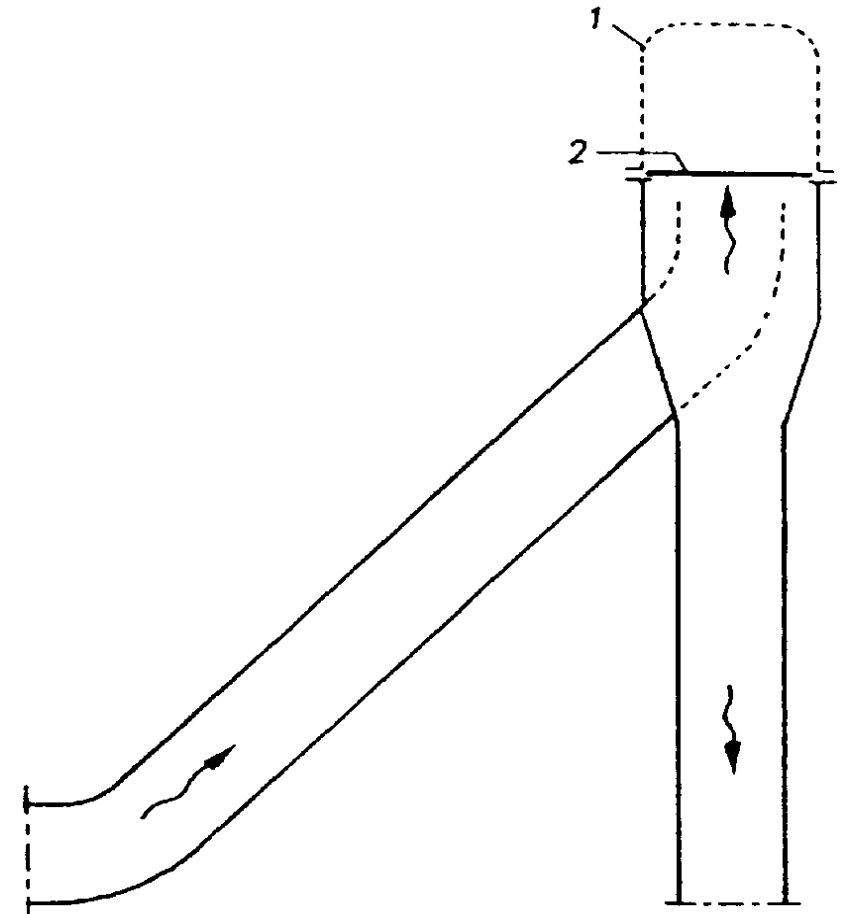
Maßnahmen im Brandfall

- **Feststellen, wo Austrittsbereiche von Explosionsdruckentlastungsvorrichtungen vorhanden sind.**



Maßnahmen im Brandfall

- **Feststellen, wo Austrittsbereiche von einem Entlastungsschlot vorhanden sind.**



1 Schutzkorb

2 Berstscheibe / Abdeckplatte

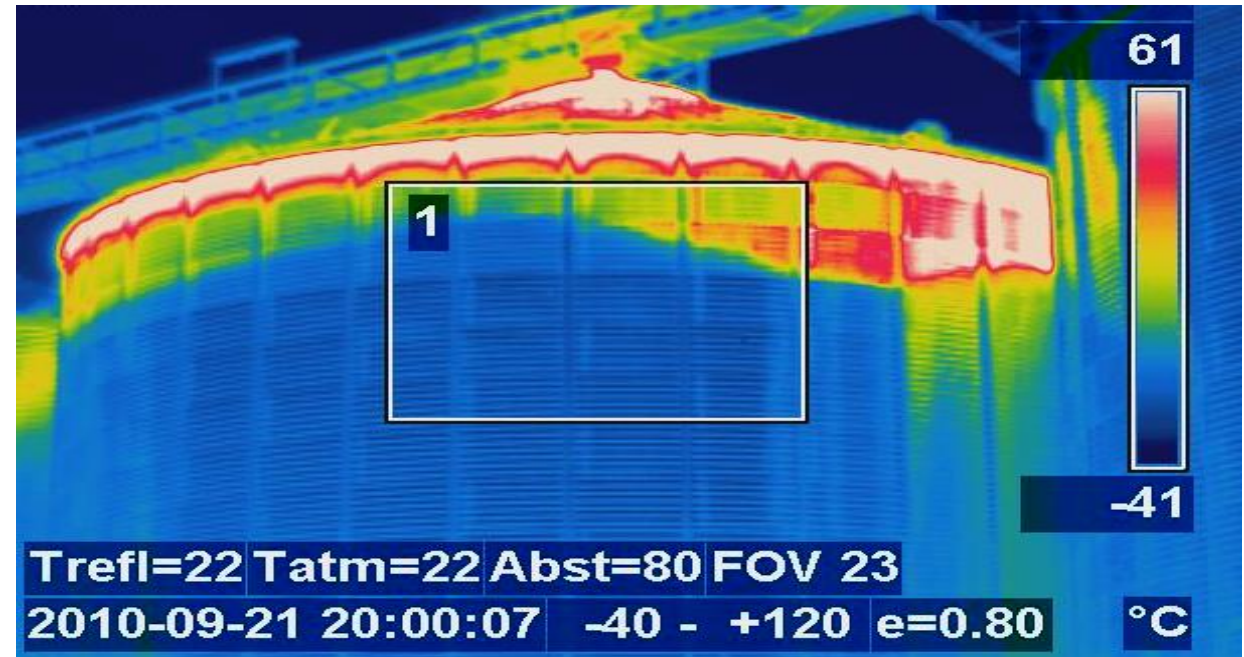
Maßnahmen im Brandfall

- **Feststellen, ob Explosionsunterdrückungsanlagen vorhanden sind.**



Maßnahmen im Brandfall

- **Brandlokalisierung mittels Thermografiekamera**



Maßnahmen im Brandfall

Folgende Maßnahmen sollten im Brandfall getroffen werden:

- **Nachbarbereiche sichern**
- **Abdichtung des Silos und Abführen der Brandgase**
- **Vorbereitung der Silo-Inertisierung**
- **Feststellen, ob Gefahren durch Inertgase vorliegen können**
- **ggf. Aufgabe von weiteren Löschmitteln**
- **Kontrolle des Löscherfolges durch Gas-, Temperatur- und IR-Messungen**
- **Vermeidung von Explosionsgefahren beim Ausräumen des Silos**

Maßnahmen im Brandfall

- **Ggf. Kühlung der Nachbarsilos, aufgrund der Wärmestrahlung**

- **Ggf. Leerfahren der Nachbarsilos aufgrund möglicher Brandübertragung und Brandausbreitung**



**Kühlung
mittels
Monitor**

Maßnahmen im Brandfall

- **Ggf. Abdichtung des Silos nach Aufnahme der Inertisierung des Kopfvolumens**



**Abdichtung
mit
Steinwolle**

Maßnahmen im Brandfall

- **Ggf. Abdichtung des Silos nach Aufnahme der Inertisierung des Kopfvolumens**



Maßnahmen im Brandfall

- **Max. Verdampferleistung bestimmen**

Annahme: Silo/Bunker ist dicht

Faustformel: Silovolumen = Verdampferleistung in m³/Stunde

Maßnahmen im Brandfall

- **Aufbau der Verdampferanlage für die Inertisierung vor Ort**



Regelstation

Verdampfer



Maßnahmen im Brandfall

- **Inertisierung des Kopfvolumens zur Vermeidung einer Explosionsgefahr**
O₂-Gehalte < 8Vol.%



Maßnahmen im Brandfall

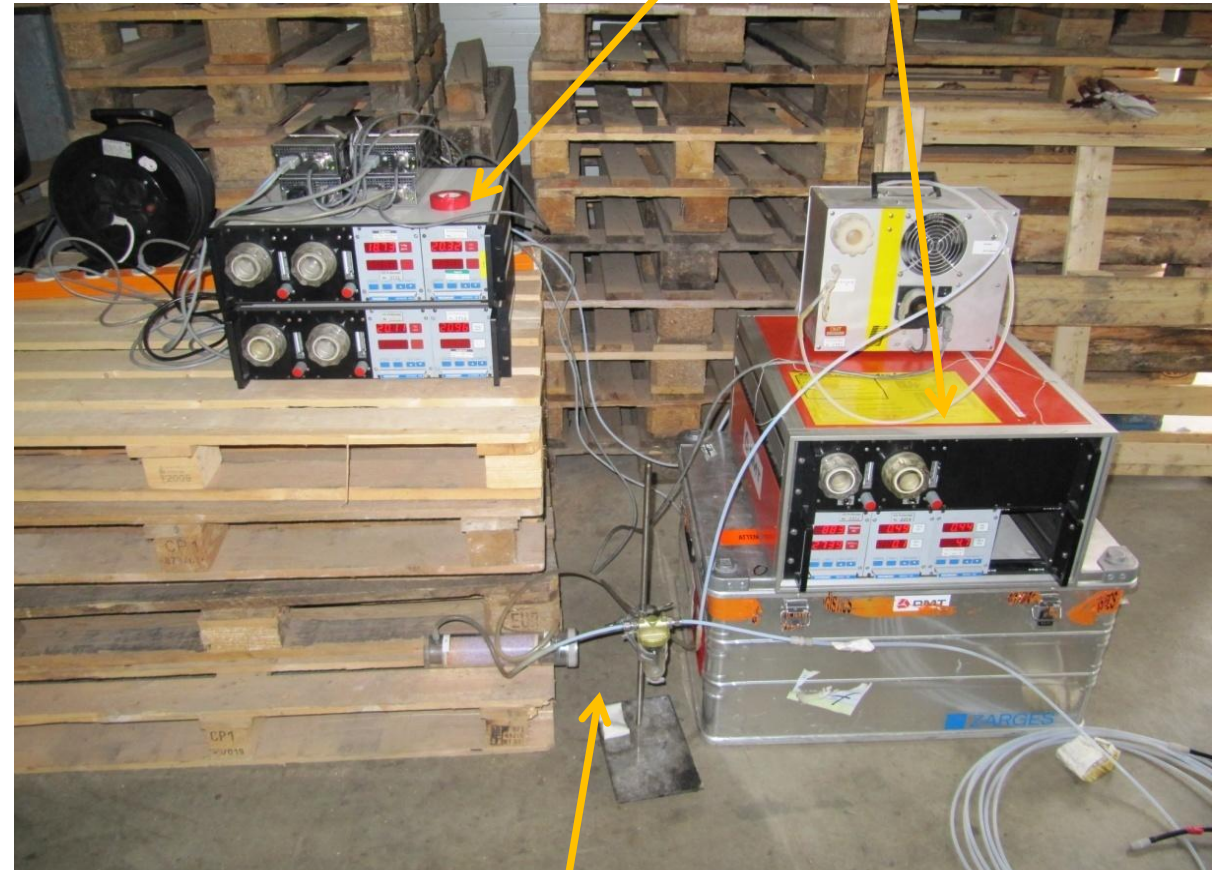
- Inertisierung des Kopfvolumens zur Vermeidung einer Explosionsgefahr
O₂-Gehalte < 8Vol.%
- Inertisierung des Schüttvolumens von unten zur Bekämpfung von Schwelbränden
O₂-Gehalte < 2Vol.%



Maßnahmen im Brandfall

- **Aufbau der Gasmesstechnik zur Steuerung und Überwachung der Inertisierung sowie zur Kontrolle des Löscherfolges**

Gasanalytoren (O₂, CO₂, CO)

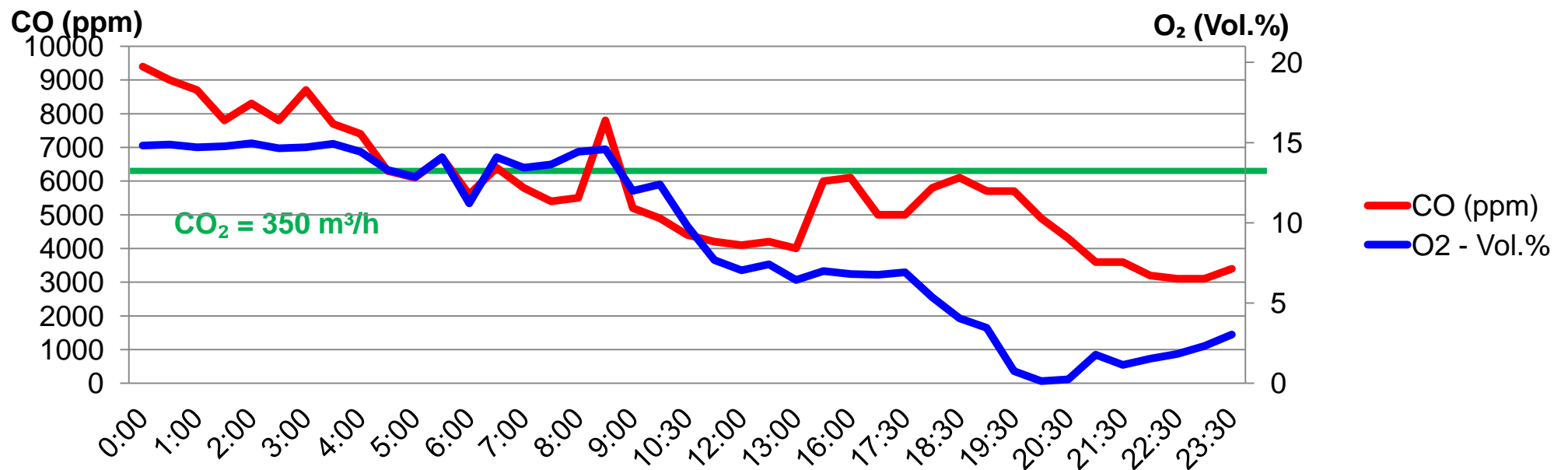


**Wasserabscheider
mit Trockner**

Maßnahmen im Brandfall

- **Kontrolle des Löscherfolges durch Gas-, Temperatur- und IR-Messungen**

Verlaufskurve der CO- und O₂-Konzentration – 2. Tag



Maßnahmen im Brandfall

- ggf. Aufgabe von weiteren Löschmitteln



Maßnahmen im Brandfall

- **Ausräumen des Silos**



Verbesserung der Sicherheit bei der Silobrandbekämpfung

Betreiber

- **Offenheit über den Anlagenzustand gegenüber der Feuerwehr**
- **Erstellung eines Explosionsschutzdokuments als Informationsquelle**
 - **Zonenpläne**
 - **Verfügbare Löschmittel**
- **Bei Bedarf frühzeitige Beteiligung der Feuerwehr und/oder externe Berater**
- **Im Zweifelsfall: ERST INERTISIEREN - DANN LÖSCHEN**

Verbesserung der Sicherheit bei der Silobrandbekämpfung

Feuerwehr

- **Bewusstsein über die Problematik von Bränden in (staub-) explosionsgefährdeten Bereichen entwickeln und schulen**
 - **Erkennen des Gefahrenpotentials**
 - **Erarbeiten von Einsatzprinzipien**
- **Kenntnis der betroffenen Anlagen im Einsatzgebiet (Begehungen, Übungen, etc.)**
- **Keine Scheu den Betreiber oder Berater mit Spezialkenntnissen hinzuzuziehen**
 - **„Niemand muss alles können oder wissen...“**
- **Nutzung des Explosionsschutzdokuments als Informationsquelle**
- **Im Zweifelsfall: ERST INERTISIEREN - DANN LÖSCHEN**

Sind SIE fit für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen?

Fragen die / denen man sich „vorher“ stellen sollte (Auszug)

- **Wissen Sie wirklich sicher wie man eine (unmittelbare) Explosionsgefahr erkennt?**
- **Kennen Sie Ex-Anlagen in Ihrem Ausrücke-Bereich?**
- **Liefern Ihre F-Pläne und FE-Pläne ausreichend Informationen zu Ex-Gefahren**
- **Achten Sie bei der Fahrzeugaufstellung auf die Lage von Explosionsdruckentlastungseinrichtungen?**
- **Achten Sie beim Einsatz von Hochleistungslüftern auch auf allfällig vorhandene Staubablagerungen?**
- **...**

IHRE

(Mit-) Verantwortung

Damit so etwas nicht passiert!



Ich freue mich auf Ihre Fragen!

Ihr Ansprechpartner:

Ulrich Hoischen

Anschrift: DMT GmbH & Co. KG
Tremoniastraße 13, 44137 Dortmund, Deutschland

Telefon: +49 231 5333-230

Telefax: +49 231 5333-299

Mobil: +49 171 2214455

mail: ulrich.hoischen@dmt-group.com

Unternehmensgruppe TÜV NORD

**DMT-Notfallnummer für die
Sonderbrandbekämpfung (z. B. Silobrände):
+49 231-5333-237**