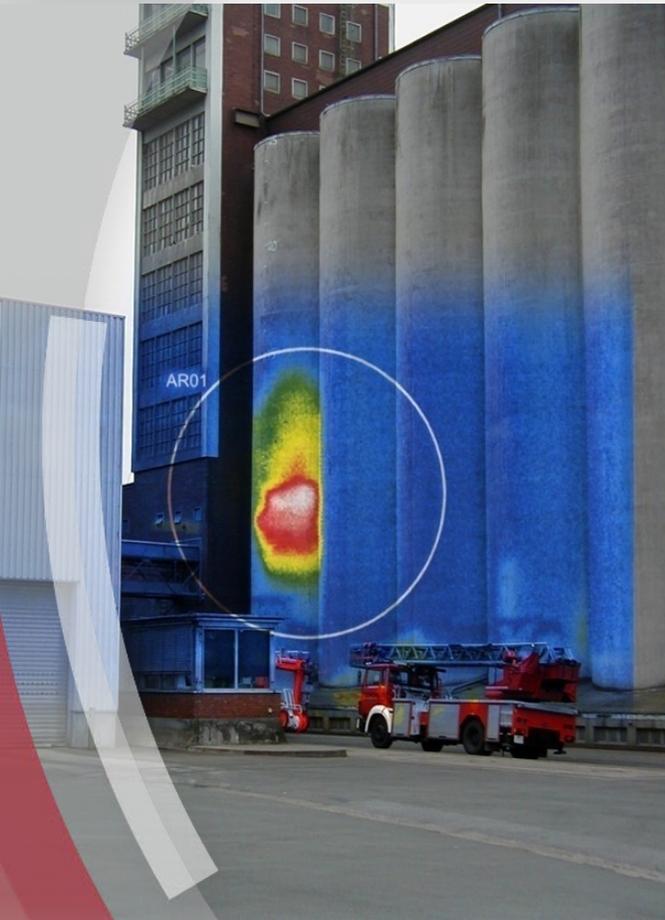


Brandbekämpfung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen Silobrände und Inertisierung



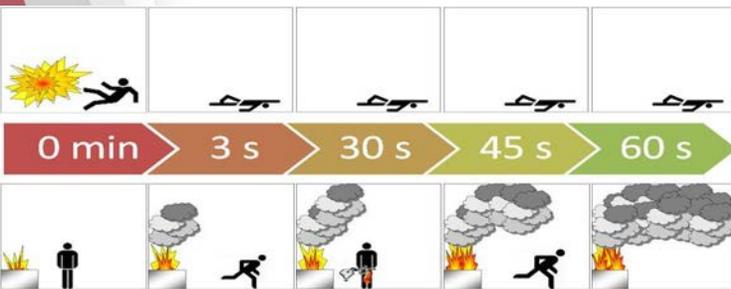
INGESA Juni 2022

Vortragender: Jörg Kayser

Fachstelle für Brandschutz der DMT GmbH & Co. KG
Ein Unternehmen der TÜV NORD GROUP

DMT-Zentrum für Brand- und Explosionsschutz in Dortmund

- 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



Silobrände und Inertisierung

Inhalt

- Schadensereignisse sowie Betreiberverantwortung
- Silobrandbekämpfung in einem Holzpelletsilo
- Grundlagen der technischen Inertisierung

Silobrand mit Explosion (1)

Tote bei Silobrand

Freitag der 15.08.2003

Bei einem Schmelbrand 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.

(Bericht Internet)



Gerichtsurteil Großschadensereignis „Silo“

>>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

Die Klage gegen die Feuerwehr wurde fallengelassen.

Silobrand mit Explosion (1)

12.08.2003 bis 14.08.2003

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

14.08.2003

- Der Geschäftsführer brach zu einer Gesellschafterversammlung auf
- Spannungen zwischen dem Geschäftsführer und seinem Betriebsleiter führten zu einer Verzögerung des Feuerwehreinsatzes
- Die Feuerwehr wurde am 14.08.2003 gegen 23:25 Uhr gerufen

15.08.2003

- Explosion bei der Aufgabe von Löschschaum

Silobrand mit Explosion (1)

- Objektinformationen mit Hinweis auf die Staubexplosionsgefahr lagen nicht vor
- Es fehlte ein Hinweis zum Löschverfahren „Inertisierung“
- 1996 wurde ein Sicherheitskonzept und 2002 eine Sicherheitsbetrachtung zur Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche erstellt.
- Im August 2003 standen angemahnte Maßnahmen noch aus
- Schaumherstellung schlug beim ersten Versuch fehl

24-jähriger Feuerwehrmann aus Worms stirbt durch Explosion bei Silobrand

30. November 2008 - Explosion bei Silobrand - ein getöteter und 13 zum Teil schwer verletzte Feuerwehrleute

(Bericht Internet)

Bei einer Explosion in einer Mälzerei in Worms-Rheindürkheim sind ein Feuerwehrmann getötet und 13 teils schwer verletzt worden.

Silobrand mit Explosion (2)



Silobrand mit Explosion (2)

Auszug: Allgemeine Zeitung / Rhein Main Presse vom 05.02.2014

Urteil: Gericht gibt EX-Feuerwehrchef alleinige Schuld an Silo-Explosion in Worms

WORMS – Die alleinige Schuld an der Explosion des Schill-Malz-Silos in Rheindürkheim trage der damalige Feuerwehrchef. Er habe „fatale Fehler“ gemacht, habe „gravierend fehlerhafte Löschmethoden“ angeordnet. Die dann zu dem folgenschweren Unglück führten, bei dem am 30. November 2008 ein Feuerwehrmann ums Leben gekommen, mehrere Kollegen schwer verletzt worden waren – darunter auch der Einsatzleiter selbst. Er war nach dem Einsatz an den Rollstuhl gefesselt und hatte sich später das Leben genommen.

Brand in einem Holzpelletsilo

Situationsbeschreibung

- Holzverarbeitender Betrieb, Holzpelletproduktion
- Silokomplex bestehend aus 4 Silos
- Durch Absatzschwierigkeiten längere Lagerzeit der Holzpellets in den Silos, ca. 8 Wochen
- Silos ursprünglich für die Getreidelagerung ausgelegt



Brand in einem Holzpelletsilo

Brandentstehung

- In einem der Silos mit 3000 m³ Inhalt (≈ 1700 t) kam es zu einer Selbstentzündung bzw. Brand
- Begünstigung der Selbstentzündung durch:
 - lange Lagerzeit und
 - Feuchtigkeit



Brand in einem Holzpelletsilo

Brandbekämpfung/Verlauf

- Feststellung des Brandes durch das Betriebspersonal
- Rauchentwicklung und Flammerscheinung aus dem Kopfbereich des Silos
- Alarmierung der Werkfeuerwehr
- Öffnung der Dachluke (Silokopf)
- Löschversuch durch Wasserzugabe
- Nachhaltiger Löscherfolg blieb aus
- Alarmierung der DMT GmbH & Co. KG



Brand in einem Holzpelletsilo

Brandbekämpfung / Verlauf

- Ankunft der DMT - Abteilung Sonderbrandbekämpfung
- Aufgabe DMT:
 - Fachberatung und
 - begleitende Brandbekämpfung (Messtechnik)
- Lagebesprechung mit Werkfeuerwehr und Betreiber
- Lageerkundung durch DMT
- Brandlokalisierung mittels Thermografiekamera (Thermo-Inspect-Verfahren)



Brand in einem Holzpelletsilo

Brandbekämpfung / Verlauf

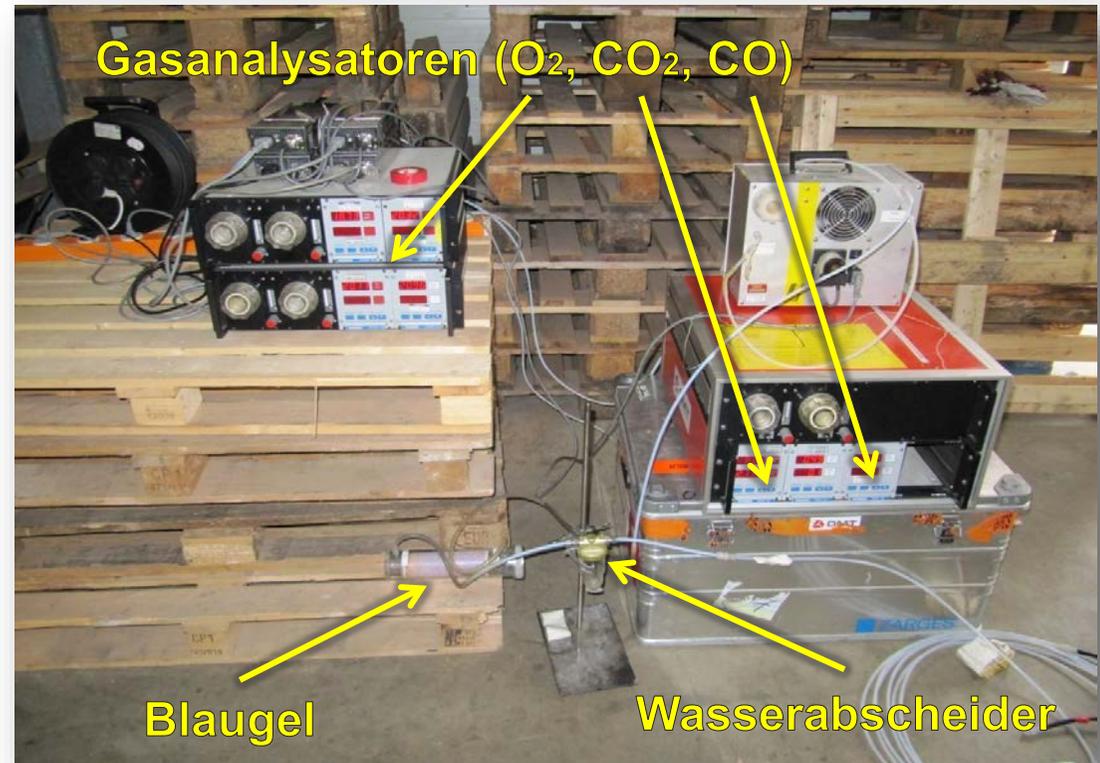
- Stationärer Verdampfer für Inertisierung vor Ort
- Max. Verdampferleistung 350 m³/h CO₂
- Aufbau der Gasmesstechnik
- Messtechnik erforderlich zur Steuerung und Überwachung der Inertisierung sowie Kontrolle des Löscherfolges



Brand in einem Holzpelletsilo

Messtechnik

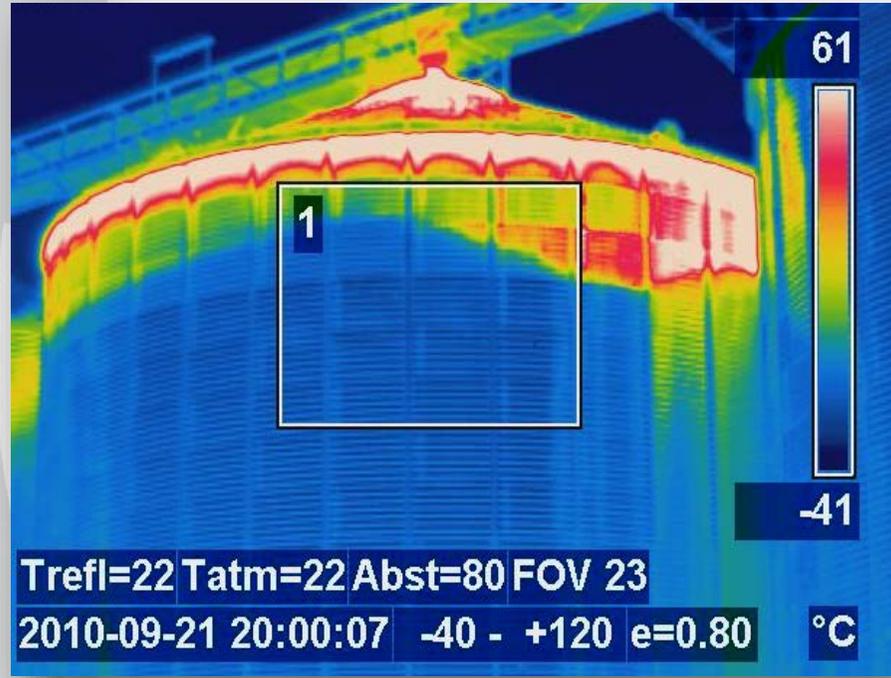
- Aufbau der Messtechnik im explosionsgeschützten Bereich
- Messtechnik bestehend aus Gasanalysatoren, Handmessgeräten, Kühler und Kalibriergas
- Messtechnische Überwachung
 - O₂-, CO₂- und CO-Messung über Gasanalysatoren (innerhalb des Silos)
 - O₂-, CO₂- und CO-Messung über Handmessgeräte (außerhalb des Silos)
 - Temperaturmessungen



Gesamtwert der DMT-Messtechnik: über 200.000 €

Brand in einem Holzpelletsilo

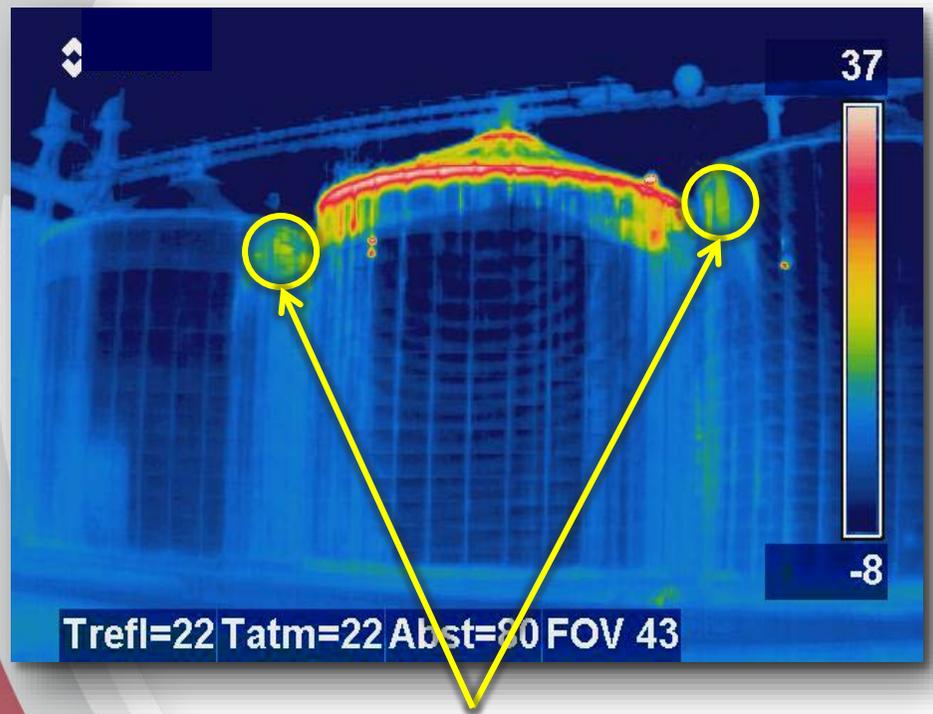
Brandlokalisierung - Thermografie



Brandbereich

Brand in einem Holzpelletsilo

Brandlokalisierung - Thermografie



Wärmestrahlung auf Nachbarsilos

Brand in einem Holzpelletsilo

Brandbekämpfung/Verlauf

- Durch Thermografie Lokalisation des Brandherdes (ausgedehnter Glimmbrand im Kopfbereich)
- Kühlung der Nachbarsilos, auf Grund der Wärmestrahlung
- Leerfahren der Nachbarsilos auf Grund möglicher Brandübertragung und Brandausbreitung

Kühlung
mittels
Monitor



Brand in einem Holzpelletsilo

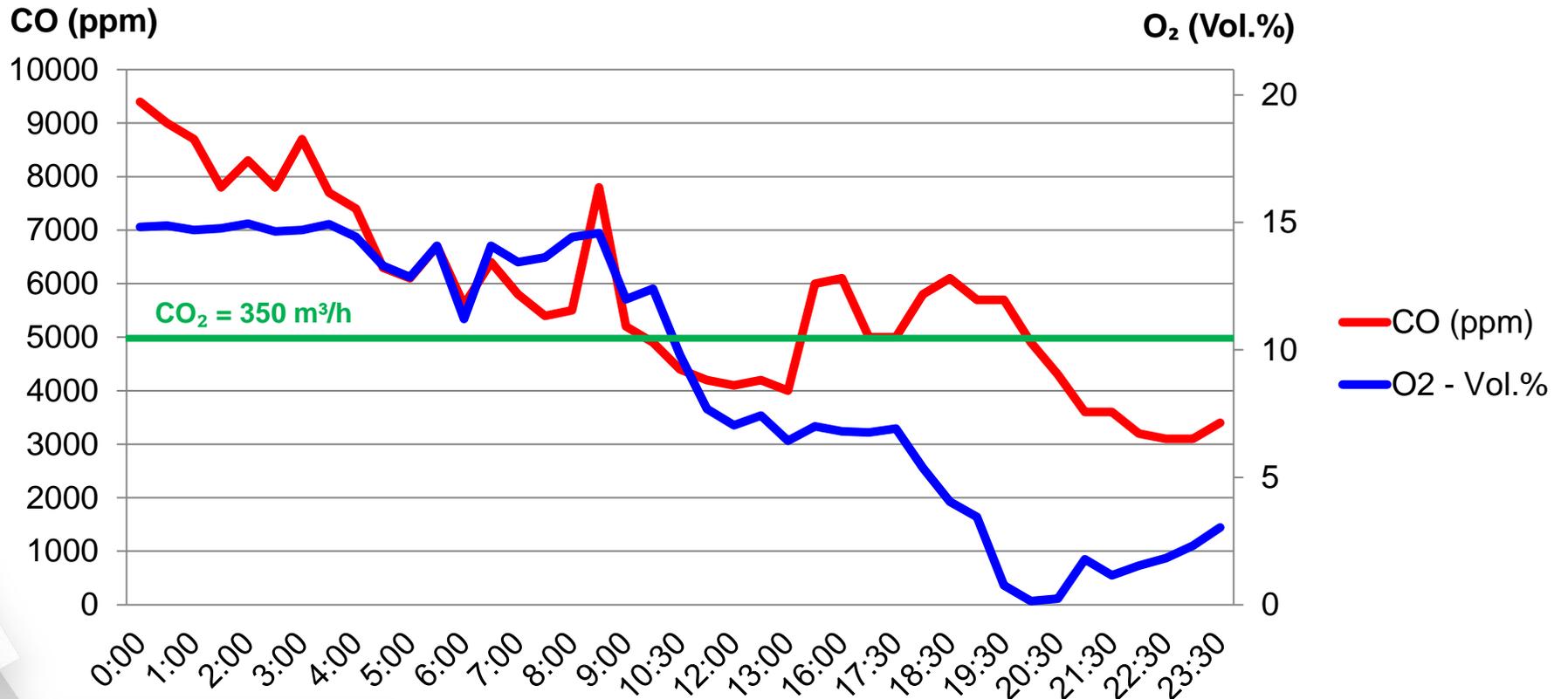
Abdichtung des Silos

- Große Undichtigkeiten durch Silobauweise
- Messung ergab sehr hohe Sauerstoffwerte innerhalb des Silos
- Größte Undichtigkeit am Silokopf (Traufkante)
- Abdichtung des Silos ist Einsatzschwerpunkt vor der Inertisierung
- Abdichtung mittels Steinwolle



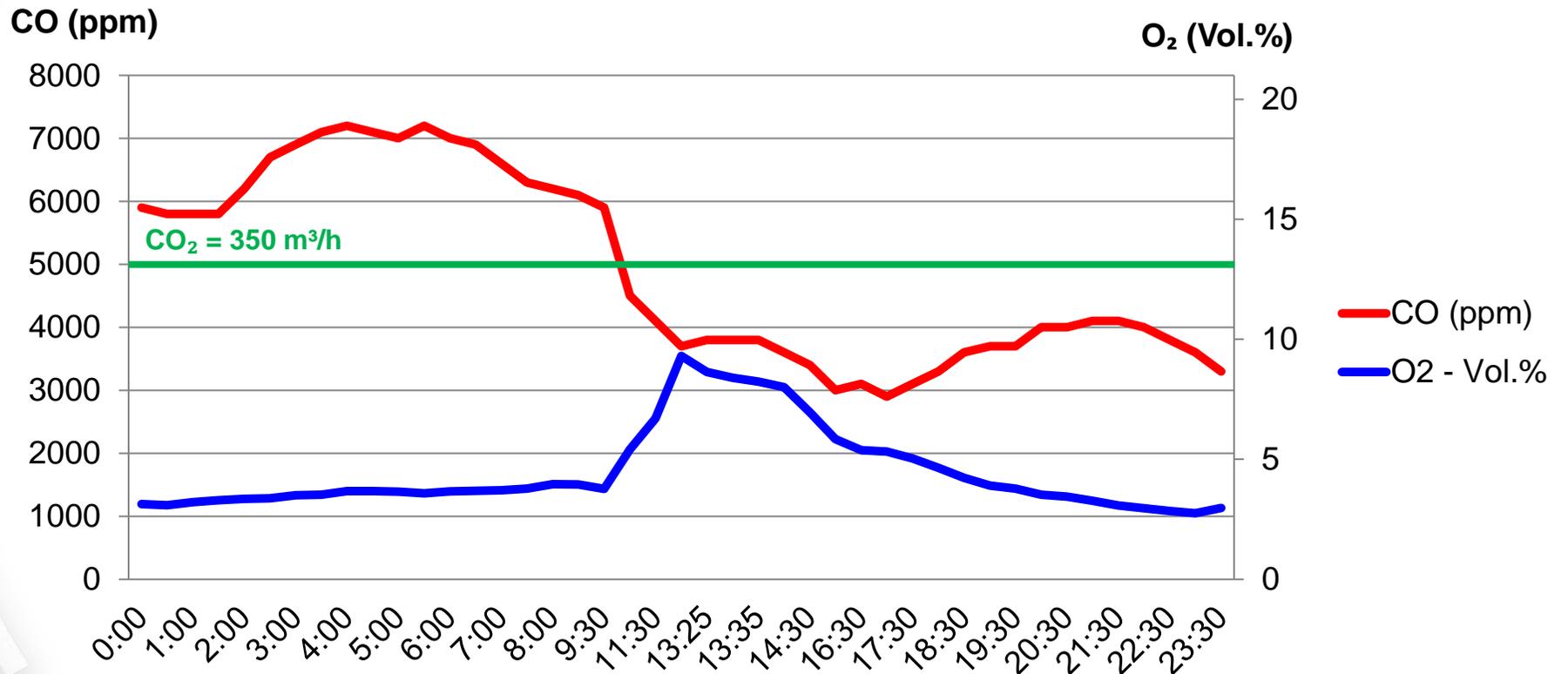
Brand in einem Holzpelletsilo

Verlaufskurve der CO- und O₂-Konzentration – 3. Tag



Brand in einem Holzpelletsilo

Verlaufskurve der CO- und O₂-Konzentration – 9. Tag



Brand in einem Holzpelletsilo

Austrag

- Absprache mit Werkfeuerwehr, Betreiber und DMT
- Erforderliche Messwerte zum sicheren Austragen aus dem Silo
 - O₂ Konzentration im Silokopf ≤ 8 Vol.%
 - O₂ in der Schüttung ≤ 2 Vol.%

Sauerstoffkonzentration	Intervention
O ₂ ≤ 8 Vol.%	Vermeidung einer Staubexplosion
O ₂ ≤ 4 Vol.%	Vermeidung einer Rauchgasexplosion
O ₂ ≤ 2 Vol.%	Bekämpfung von Glimmbränden

Austrag

■ Notaustrag – Optionen

- 1) Öffnen des Silokopfes und ausbaggern
- 2) Zugangsöffnung an der Siloaußenseite schaffen
- 3) Einbau einer Schnecke und Austrag über „normalen“ Förderweg

■ Option 3) wurde als sicherstes und sinnvollstes Vorgehen erachtet

■ Ständige Überwachung der Messwerte beim Austrag erforderlich

■ Austrag nur unter Inertgasschutzatmosphäre



Erhöhte Staubexplosionsgefahr!

Brand in einem Holzpelletsilo

Austrag – 1. Phase

- Einbau einer Schnecke in den Förderweg (60 t/h)
- Förderband (40 t/h)
- Abtransport mittels Radlader
- Einbau der Schnecke unter Atemschutzschlauchgerät
- Parallel Belüftung des Kellerbereiches
- CO₂ - Erstickungsgefahr im Kellerbereich



Förderband

Förderschnecke

Austrag – 1. Phase

- Messwerte stabil – keine Explosionsgefahr
- Erweiterung des Sicherheitsradius um den Austragsbereich
- CO₂-Messungen am Förderband
 - aus Arbeitssicherheitsgründen und
 - Kontrolle, ob Austrag unter Inertgas-schutzatmosphäre (Staubexplosions-gefahr)

Brand in einem Holzpelletsilo



Austrag – 1. Phase

- Nach kurzer Austragzeit, Förderung von „verkokeltem“ Schüttgut (Pellets)
- Erhöhte Temperatur der ausgetragenen Pellets



Brand in einem Holzpelletsilo



Brand in einem Holzpelletsilo

Austrag – 2. Phase

- Änderung der Austragweise aufgrund der sich immer wieder festfahrenden Schnecke
- Nach Lagebesprechung
 - Austrag über Seitenklappen
- Anfertigen von Schiebern
 - Regelung Massenfluss
- Förderung über Band zum Bagger
- Arbeiten unter Atemschutz
- Regelmäßige Kontrollmessungen



Austrag – 2. Phase

- Austrag über Seiten ohne Probleme
- Austrag von verfestigtem Material
- Austrag von Glimmnestern

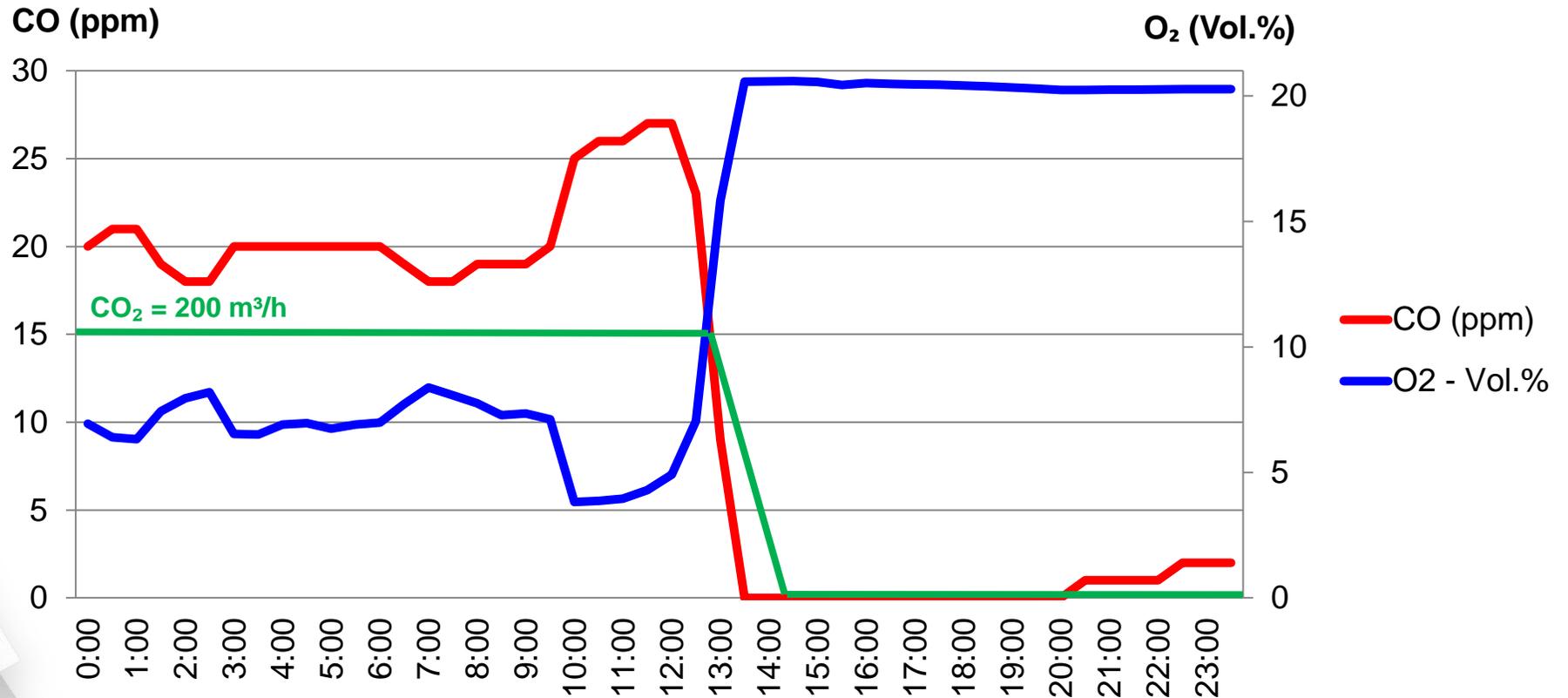


Brand in einem Holzpelletsilo



Brand in einem Holzpelletsilo

Verlaufskurve der CO- und O₂-Konzentration – 24. Tag



Brand in einem Holzpelletsilo

Zusammenfassung

- | | |
|--|----------------------------|
| ■ Dauer der Brandbekämpfung incl. Leerräumen des Silos | 4 Wochen |
| ■ Dauer der Inertisierung | 24 Tage |
| ■ Aufgegebene CO ₂ -Menge | ca. 207.000 m ³ |
| ■ max. CO ₂ -Aufgabestrom | 350 m ³ /h |

Resümee

- Durch Inertisierung optimalen Löscherfolg erzielt
- Gefahren durch Explosionen konnten wirksam verhindert werden
- Zusammenarbeit zwischen Betreiber, Werkfeuerwehr und DMT verlief hervorragend
 - Vorgehen und Entscheidungen gemeinsam abgestimmt
- Messtechnik zwingend erforderlich zur Steuerung der Inertisierung und Kontrolle des Brandverlaufes
- Zeigt die Wichtigkeit der Planung von vorbeugendem, organisatorischem, anlagentechnischem und abwehrendem Brandschutz

Grundlagen der technischen Inertisierung

Bautechnische Maßnahmen

- Zur Inertisierung des Silos sollten ein oder mehrere Anschlüsse im Bereich des Siloaustrages und des Silokopfes installiert werden.
- Die Anschlüsse sollten so eingebaut sein, dass die Gaseintrittsstelle nicht durch das Schüttgut verstopft werden kann.
- Vom Aufstellungs-Ort der Inertgasanlage bis zu den Inertgasaufgabestellen sind ggf. festinstallierte Inertgasrohrleitungen zu verlegen. Diese Leitungen sind entsprechend als Inertgasrohrleitungen für den Brandfall zu kennzeichnen.

Grundlagen der technischen Inertisierung

Bautechnische Maßnahmen

- Undichtigkeiten an den Austrageinrichtungen oder Entlüftungssystemen, die während einer Inertisierung eine Sauerstoffzufuhr begünstigen können, sollten möglichst vermieden werden.
- Zur Überwachung der Wirksamkeit der Inertisierungsmaßnahmen sollte für entsprechende Gas- und Temperaturmessungen mindestens eine verschließbare Öffnung für Messsonden am Silokopf vorgesehen werden.

Grundlagen der technischen Inertisierung

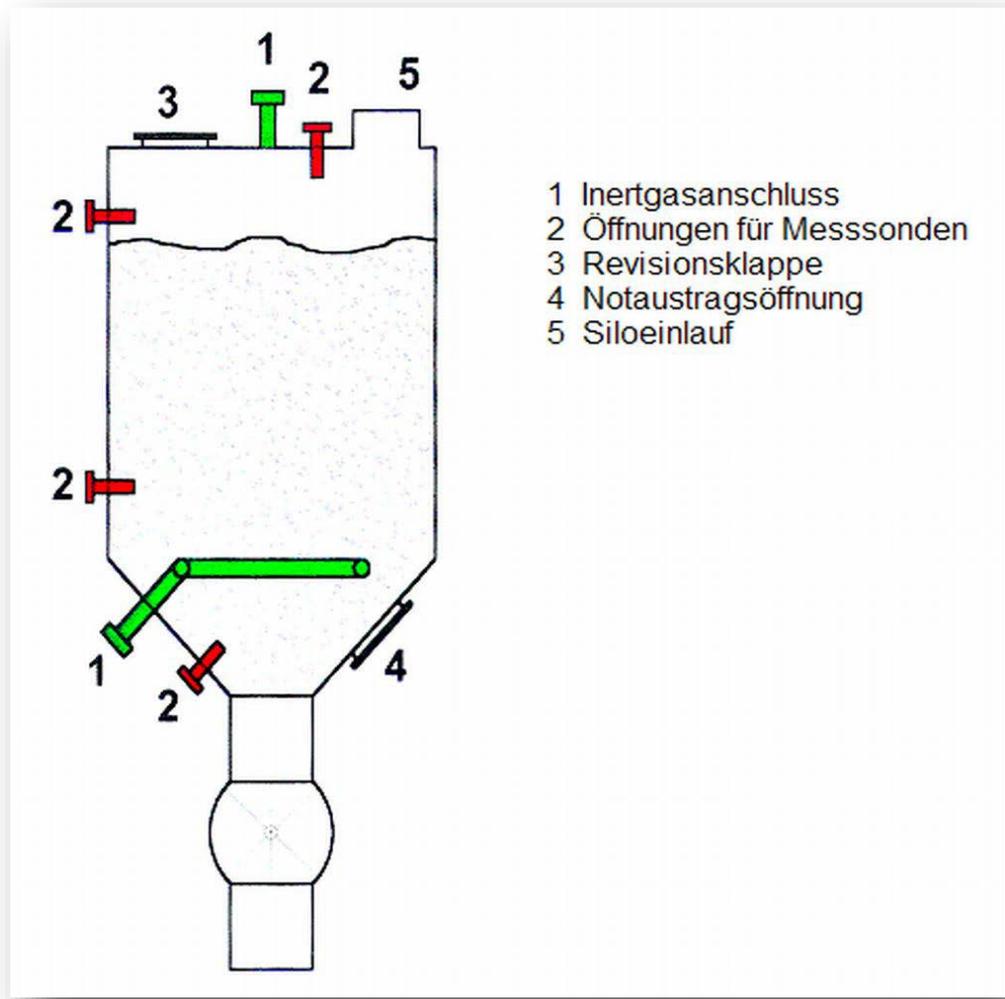
Bautechnische Maßnahmen

- Um ein unkontrolliertes Abströmen des Inertgases zu vermeiden, sollte das Silo weitestgehend dicht sein. Zum Verschließen der betriebstechnisch bedingten Öffnungen sollten geeignete Verschlusseinrichtungen vorgehalten werden.
- Um ein gefahrloses Ausräumen des Silos nach erfolgter Brandlöschung zu ermöglichen, sollten ggf. ausreichend dimensionierte und zweckmäßig platzierte Notaustragsöffnungen vorhanden sein.

Grundlagen der technischen Inertisierung

Bautechnische Maßnahmen

Inertisierungseinrichtungen



Grundlagen der technischen Inertisierung

Organisatorische Maßnahmen

Wesentliche Fragen

- Welches Schüttgut soll mit Inertgas beaufschlagt werden und welches Inertgas ist dafür geeignet?
- Welche Zündgrenzen sind zu beachten und welcher maximale Sauerstoffgehalt im Siloinnenraum muss im Zusammenhang mit einer wirksamen Inertisierung beim jeweils vorliegenden Schüttgut beachtet werden?
- Sind entsprechende Messeinrichtungen für Sauerstoff- und Kohlenmonoxidmessungen sowie Temperaturmessungen verfügbar?
- Sind an den Einrichtungen der Inertisierungsanlage Mess- und Regeleinrichtungen sowie Sicherheitsarmaturen vorhanden?

Grundlagen der technischen Inertisierung Organisatorische Maßnahmen

Wesentliche Fragen

- Kann das Silo im Ernstfall weitestgehend abgedichtet werden?
- Welche Energieversorgung wird für die zum Einsatz kommende Inertisierungsanlage benötigt?
- Welcher Überdruck darf maximal im Silo entstehen und verfügt der Inertgaslieferant über die erforderlichen Sicherheitsarmaturen zur Vermeidung von Überdrücken?
- Mit welchem Volumenstrom muss das Silo inertisiert werden (Verdampferleistung)?

Die organisatorischen Maßnahmen sind in einem „Alarmplan für die Inertisierung im Brandfall“ zusammenzufassen.

Grundlagen der technischen Inertisierung

Organisatorische Maßnahmen



Grundlagen der technischen Inertisierung Organisatorische Maßnahmen



Grundlagen der technischen Inertisierung Organisatorische Maßnahmen



Grundlagen der technischen Inertisierung Organisatorische Maßnahmen

Der „Alarmplan für die Inertisierung“ sollte folgende Angaben und Informationen enthalten:

- Verfügbare Inertisierungseinrichtungen
- Inertgaslieferanten
- Aufstellungs-Ort der Inertisierungseinrichtung
- Verfügbare Messeinrichtungen
 - Inertgasdruck und –menge
 - Sauerstoff und Kohlenmonoxid
 - Temperatur
- Hinweise zur Durchführung der Inertisierung
- Hinweise zum Sperren von gefährlichen Gebäudebereichen
- Verzeichnis über zu benachrichtigende Stellen bzw. Personen
- Der Alarmplan sollte an einer zentralen Stelle ausgelegt werden

Falsches Löschen eines Silos



Ich freue mich auf Ihre Fragen!

Ihr Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jörg Kayser

DMT GmbH & Co. KG – Zentrum für Brand- und Explosionsschutz

Tremoniastraße 13

44137 Dortmund, Deutschland

Telefon +49 231 5333-234

Telefax +49 231 5333-299

Mobil +49 160 7150 861

joerg.kayser@dmt-group.com

TÜV NORD GROUP

**DMT – Notrufnummer für
Sonderbrandbekämpfung
(z.B. Silobrände)**

+49 231-5333-237