

Explosionsschutz in Laboratorien

– der „kleine“ (?) Explosionsschutz



Dr.-Ing. Ulrich Seifert

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-
und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen

Tel.: 02 08 / 85 98 -11 27

Email: ulrich.seifert@umsicht.fraunhofer.de

Internet: www.umsicht.fraunhofer.de

Um welche Art von Explosionen geht es in diesem Vortrag?

- Explosionsfähige Atmosphären und Gemische
 - Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube in Luft
 - Gemische unter nicht-atmosphärischen Bedingungen



nicht:

- Explosive / explosionsgefährliche Stoffe
- Thermische Explosionen (durchgehende Reaktionen)
- Behälterzerknall (Beschädigung unter Überdruck oder Vakuum)
- Physikalische Explosionen
 - Schlagartiges Verdampfen überhitzter Flüssigkeiten



Was sind „explosionsfähige Atmosphären“ oder Gemische?

Definition „explosionsfähiges Gemisch“
(GefStoffV)

- nach Wirksamwerden einer Zündquelle sich selbsttätig fortpflanzende Flammenausbreitung
- im Allgemeinen sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg



Was bedeutet „sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg“?



Was hat sich in den letzten Jahren verändert?

- Regelwerk: GefStoffV und BetrSichV
 - Überführung von Explosionsschutz-Bestimmungen aus der BetrSichV in die GefStoffV („alles außer den Prüfpflichten“)
 - Ex-Schutz-Dokument für gefährliche explosionsfähige Atmosphären **und Gemische** (§ 6 Abs. 9 GefStoffV), nicht nur bei Einteilung von Ex-Zonen
 - Ex-Schutz-Dokument dient zur Darlegung des Ex-Schutz-Konzepts
 - Änderung der Begriffsbestimmung „überwachungsbedürftige Anlage“
 - Erweiterung der Prüfpflichten bei überwachungsbedürftigen Ex-Anlagen

Begriffsbestimmung „überwachungsbedürftige (Ex-)Anlage“

- bis 2015 (§ 1 Abs. 2 Nr. 3 BetrSichV 2002):
 - Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne des Artikels 1 der 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 (ABl. EG Nr. L 100 S. 1) sind oder beinhalten
 - kein ATEX-Gerät => keine überwachungsbedürftige (Ex-)Anlage
- seit 2015 (Anhang 2 Abschnitt 3 Nr. 2 BetrSichV 2015):
 - Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind die Gesamtheit der explosionsschutzrelevanten **Arbeitsmittel** einschließlich der Verbindungselemente sowie der explosionsschutzrelevanten **Gebäudeteile**
 - auch ohne ATEX-Geräte

Änderungen bei Prüfpflichten (BetrSichV)

alte BetrSichV	neue BetrSichV
<p>§ 15 Abs. 15: Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen im Sinne des § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 müssen Prüfungen im Betrieb alle drei Jahre durchgeführt werden.</p>	<p>§ 16 Abs. 1: Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Überwachungsbedürftige Anlagen nach Maßgabe der in Anhang 2 genannten Vorgaben wiederkehrend auf ihren sicheren Zustand hinsichtlich des Betriebs geprüft werden.</p> <p>Anhang 2, Abschnitt 3 Nr. 5:</p> <p>5.1 Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind mindestens alle sechs Jahre auf Explosionssicherheit zu prüfen.</p> <p>5.2 Zusätzlich [...] sind Geräte, Schutzsysteme, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU [...] als Bestandteil einer Anlage in einem explosionsgefährdeten Bereich und deren Wechselwirkungen mit anderen Anlagenteilen wiederkehrend mindestens alle drei Jahre zu prüfen.</p> <p>5.3 Zusätzlich [...] sind Lüftungsanlagen, Gaswarn-einrichtungen und Inertisierungseinrichtungen wiederkehrend jährlich zu prüfen.</p>

- außerdem: Prüfungen nach § 7 Abs. 7 GefStoffV (alle 3 Jahre):
Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen

Ex-Schutz: Standard-Vorgehensweise gemäß GefStoffV

- Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung (§ 6)
 - Abs. 4: Ermittlung stoffbedingter Brand- und Ex-Gefährdungen, Vorhandensein von Zündquellen, mögliche schädliche Explosionswirkungen
 - Abs. 9: Explosionsschutzdokument (in Abhängigkeit der Feststellungen nach Abs. 4)
- Besondere Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefährdungen (§ 11 Abs. 2 und 3)
- Anhang I Nr. 1 (zu § 11)
 - 1.3 Allgemeine Schutzmaßnahmen (Rauchverbot, Feuerverbot, Zutrittsverbot für Unbefugte)
 - 1.6 Mindestvorschriften und Rangfolge der Schutzmaßnahmen
 - 1.7 und 1.8: Zoneneinteilung und Geräteauswahl



Zoneneinteilung gemäß Anhang I Nr. 1.7 GefStoffV

Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Gase, Dämpfe, Nebel)

- Zone 0: ständig, über lange Zeiträume oder oder häufig
 - TRBS 2152, Nr. 2.2: „häufig“ bedeutet „zeitlich überwiegend“
- Zone 1: im Normalbetrieb gelegentlich
- Zone 2: im Normalbetrieb normalerweise nicht, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit
 - „selten“: wenige Male im Jahr / nicht täglich
 - „für kurze Zeit“: bis zu 30 min
(Anhaltswerte aus: Dyrba, Kompendium Explosionsschutz)

Zuordnung Ex-Zone (1999/92/EG) – Gerätekategorie (2014/34/EU)

- Ex-Zone des Anwendungsbereichs als einfaches Auswahlkriterium für die Gerätekategorie („ATEX-Geräte“)

Zone		Gerätekategorie		
		1G / 1D	2G / 2D	3G / 3D
0	20	geeignet	ungeeignet	ungeeignet
1	21	geeignet	geeignet	ungeeignet
2	22	geeignet	geeignet	geeignet

Legend:

- ungeeignet (red box)
- geeignet (green box)

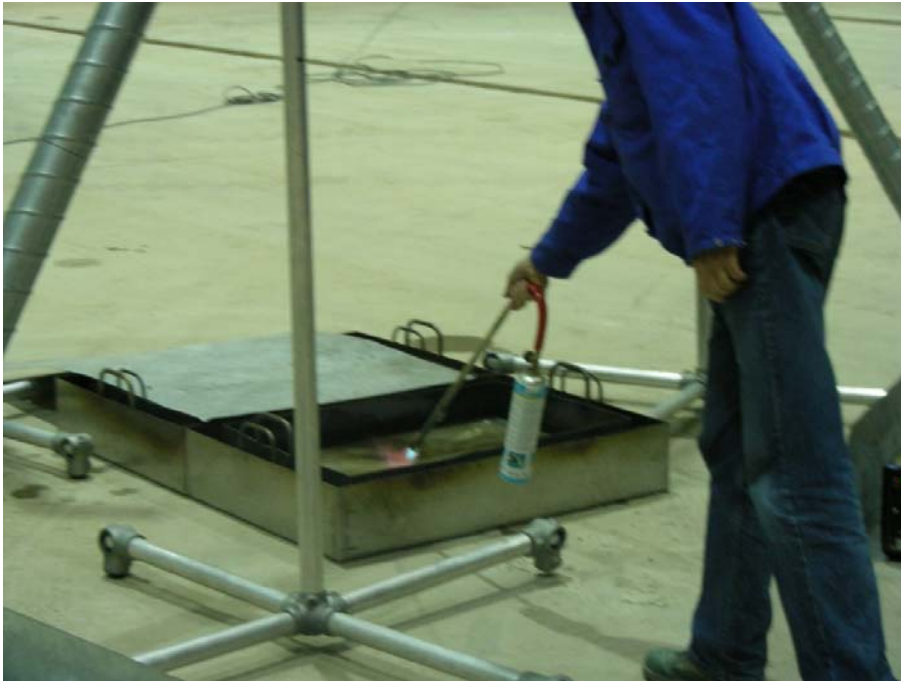
Kriterien für die Auswahl von Geräten im Regelfall (Anh. I Nr. 1.8 GefStoffV)

- „sofern in der Gefährdungsbeurteilung nichts anderes vorgesehen ist“

Begriff des „gefährlichen“ explosionsfähigen Gemisches

- Definition in der GefStoffV (§ 2 Abs. 12)
 - „Ein **gefährliches explosionsfähiges Gemisch** ist ein explosionsfähiges Gemisch, das in solcher Menge auftritt, dass **besondere Schutzmaßnahmen** für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten oder anderer Personen erforderlich werden.“
- **Besondere Schutzmaßnahmen** sind somit
 - ein *Indiz* für die Gefährlichkeit eines Gemisches
 - eine *Konsequenz* aus der Gefährlichkeit des Gemisches (Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung oder Begrenzung der Explosionsauswirkungen)
 - als Primärmaßnahmen (Mengenbegrenzung, Lüftung, Inertisierung) ein *Mittel zur Vermeidung* der Gefährlichkeit.
- Interpretationsspielräume sind erkennbar und im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sachgerecht nutzbar

Beispiel außerhalb der Standardregeln des Explosionsschutzes



- Ethanolgefüllte Wannen als definierte Wärmequellen zur Untersuchung der Rauchausbreitung in Gebäuden (Rauchtests)

Beispiel außerhalb der Standardregeln des Explosionsschutzes



- Vermeidung brennbarer Stoffe / explosionsfähiger Atmosphäre?
=> nicht möglich
- Vermeidung von Zündquellen, Verbot von offenem Feuer?
=> nicht möglich
- Vermeidung gefährlicher Wirkungen der Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre?
=> ja, durch festgelegte und abgestimmte Abläufe

Sonderfälle gemäß Anhang I Nr. 1.8 GefStoffV

- Explosionsgefährdete Bereiche, die nicht nach Nummer 1.7 in Zonen eingeteilt sind
- Maßnahmen sind auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung zu treffen
- Aufgeführte Beispiele („insbesondere“):
 - zeitlich und örtlich begrenzte Tätigkeiten, bei denen nur für die Dauer dieser Tätigkeiten mit dem Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre gerechnet werden muss
 - An- und Abfahrprozesse in Anlagen, die nur sehr selten oder ausnahmsweise durchgeführt werden müssen
 - Errichtungs- oder Instandhaltungsarbeiten
- Impliziter Hinweis, wann auf die Ex-Zoneneinteilung verzichtet werden kann

Sonderfälle gemäß Anhang I Nr. 1.8 GefStoffV

- Zeitlich und örtlich begrenzte Tätigkeiten mit gefährlicher Ex-Atmosphäre
 - Zeitpunkt und Ort der Ex-Atmosphäre sind vorher bekannt
 - Permanente Zoneneinteilung wäre nicht sachgerecht (unnötig hohe Anforderungen an Zündquellenvermeidung im regulären Betrieb, Einschränkung der einsetzbaren Betriebsmittel)
 - Während der Tätigkeiten mit Ex-Atmosphäre ist Zündquellenvermeidung zu berücksichtigen (z. B. Abschaltung nicht ex-geschützter Geräte)
 - Kategorie der für die Tätigkeiten einsetzbaren Betriebsmittel (z. B. ATEX-Geräte) kann auf die Häufigkeit und Dauer des Auftretens von g. e. A. *während der Tätigkeiten* abgestimmt werden



Sonderfälle gemäß Anhang I Nr. 1.8 GefStoffV

- Seltene An- und Abfahrprozesse in Anlagen
 - Zeitlich begrenzte, zuvor bekannte Zustände, in denen Ex-Atmosphäre im Inneren auftreten kann
 - Inertisierung vor der Beschickung von Apparaten und Rohrleitungen mit brennbaren Gasen / Dämpfen bzw. vor der Belüftung (Öffnung) ist möglich
 - Permanente Zoneneinteilung im Inneren wäre nicht sachgerecht (unnötig hohe Anforderungen an Zündquellenvermeidung oder an konstruktiven Explosionsschutz)
 - Permanente Inertisierung oder Überwachung der Sauerstoffkonzentration im Inneren zwecks Zonenreduzierung wäre nicht sachgerecht



Beispiele für Sonderfälle im technischen Regelwerk

- Beispielsammlung zu den Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001)
- Beispiel 1.2.2.1: Entleeren einzelner Flüssiggasflaschen in Räumen
 - Einzelne Flasche mit direkt an das Flaschenabsperrventil angeschlossenem Druckregelgerät
 - Beim Flaschenwechsel ist mit g. e. A. nicht zu rechnen, wenn die austretende Gasmenge auf das eingeschlossene Volumen zwischen Flaschenventil-Ausgangsbereich und Druckregelgerät-Eingangsbereich begrenzt ist => **keine Ex-Zone**
 - Weitere Zusatzbedingungen sind zu beachten (Vorgehensweise beim Flaschenwechsel, Dichtheitsprüfungen, natürliche Lüftung, ...)
 - Betriebsmäßige Zündquellen sind beim Flaschenwechsel im Nahbereich zu vermeiden



Beispiele für Sonderfälle im technischen Regelwerk

- Beispielsammlung zu den Explosionsschutz-Regeln (EX-RL, DGUV Regel 113-001)
- Beispiel 2.2.6: Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten in laborüblichen Mengen in **Laboratorien**
 - Laborübliche Mengen gemäß DGUV Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (bzw. TRGS 526)
 - Technische Lüftung mit ca. 8-fachem stündlichen Luftwechsel (Raum) bzw. Arbeiten im Laborabzug
=> **keine Ex-Zone**
- Einschränkung (Beispiel 2.2.6)
 - „Bei größeren Anlagen **außerhalb laborüblicher Menge** liegt Technikumscharakter vor. Schutzmaßnahmen sind auf Grundlage von Nr. 2 der Beispielsammlung festzulegen.“



Vorteile des Laborabzugs für den Explosionsschutz

- Schnelle Verdünnung freigesetzter Gase und Dämpfe
- Begrenzung der Ausdehnung explosionsfähiger Atmosphäre auf ein (in der Regel) ungefährliches Maß
- Voraussetzungen u. a.
 - keine Überladung des Abzugs
 - keine Störung der Luftwalze im Inneren
 - siehe DGUV Information 213-857 „Laborabzüge“ (Merkblatt T 032 der BG RCI)



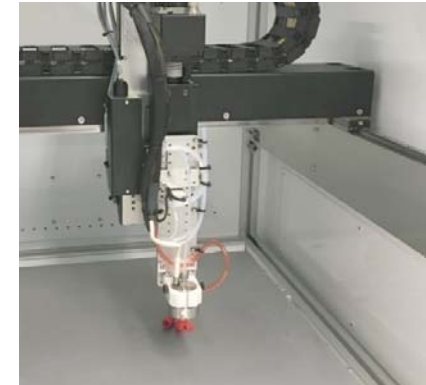
Grenzen eines Laborabzugs bezüglich des Explosionsschutzes

- Spontane Freisetzung großer Mengen brennbarer Gase oder Dämpfe
 - durch zu schnelles Entspannen von Gefäßen unter Druck
 - durch das Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen
 - durch den Zerknall von Laborgefäßen (unter Überdruck oder Vakuum)
- Freisetzung brennbarer Gase/Dämpfe bei fehlender Abluftabsaugung
 - Weiterbetrieb von Versuchsanlagen
 - weitere Abdampfung / Abdunstung
- **Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im Abzug und im Abluftsystem möglich**

Laborgeräte mit explosionsfähigen Gemischen nur im Inneren

■ Beispiel: Beschichtungsanlage (Labormaschine)

- Aufstellung in einem nicht explosionsgefährdeten Bereich
- keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre außerhalb der Maschine



■ Aufgaben des Herstellers

- Beurteilung möglicher Brand- und Explosionsgefahren **im Inneren**
- Einbau technischer Schutzmaßnahmen
- Hinweis auf Restrisiken in der Betriebsanleitung

■ Zoneneinteilung „innen“ durch den Betreiber?

- weder erforderlich noch sachgerecht



Beispiele für die Anwendung der Zoneneinteilung auch im Labor

- Lagern leicht entzündbarer Flüssigkeiten im Sicherheitsschrank
- TRGS 510, Anlage 3: keine eindeutige Aussage zu Zonen
- Beispielsammlung zur Ex-RL (DGUV Regel 113-001, Anlage 4), Nr. 2.2.8, gibt Hinweise zur Zoneneinteilung
- Voraussetzung: Behälter dicht verschlossen
 - b1) technische Lüftung, regelmäßige Dichtheitskontrolle, nur passive Lagerung, Behälter außen unbenetzt
 - b2) technische Lüftung, nicht alle Punkte von b1) erfüllt
 - b3) natürliche Lüftung, sonst alle Punkte von b1) erfüllt
 - b4) natürliche Lüftung, nicht alle Punkte von b1) erfüllt

keine Zone

Zone 2 im Schrank

Zone 1 im Schrank,
Zone 2 außen

Zoneneinteilung bei Verbrennungseinrichtungen? Beispiel: Laborgasbrenner

- Zündquellenvermeidung möglich?
 - prinzipbedingt sind im bestimmungsgemäßen Betrieb ständig wirksame Zündquelle vorhanden
 - frühzeitige Zündung begrenzt das Volumen des ex-fähigen Gemisches (= primärer Explosionsschutz)
 - Zoneneinteilung mit der Konsequenz, dass Zündquellen vermieden werden müssen, wäre offensichtlich nicht zielführend



Beispiel außerhalb der Standardregeln des Explosionsschutzes

- Spraystrahlzündung als Demonstrationsversuch
- Erzeugung und Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre
- Nutzung physikalischer Prinzipien zur Begrenzung der Auswirkungen
 - Freie Einmischung von Umgebungsluft begrenzt das zündfähige Volumen im Freistrah
 - Keine Verdämmung oder Verblockung => kein signifikanter Druckaufbau



Praxisbeispiel jenseits des Labors

- Tätigkeiten mit speziellen leicht entzündbaren Flüssigkeiten in Flaschen
- Dampf-Luft-Gemisch gefahrdrohend?
 - TRBS 2152-1, Nr. 3.4.1, Abs. 2, Hinweis 5:
Befindet sich explosionsfähige Atmosphäre in Gefäßen, die dem möglicherweise auftretenden Explosionsdruck nicht standhalten, so sind wegen der Gefährdung, beispielsweise durch Splitter beim Bersten, weitaus geringere Mengen [als 10 Liter] als gefahrdrohend anzusehen. Eine untere Grenze kann hierfür nicht angegeben werden.
- Zoneneinteilung für den Luftraum der Flaschen?
 - Flammpunkt $< 20\text{ °C}$:
bei Raumtemperatur langfristig Ex-Atmosphäre zu erwarten
 - „Zone 0 in der Flasche“ erscheint dennoch nicht zielführend



Sachgerechte Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes

- Bei Tätigkeiten mit solchen Flüssigkeiten sollen betriebsmäßige Zündquellen i. d. R. vermieden werden
- Schutzmaßnahmen bei Anwendungen mit gezielter Entzündung (Flambieren, Feuerzangenbowle, ...)?



?!

Sachgerechte Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes

- Bei Tätigkeiten mit solchen Flüssigkeiten sollen betriebsmäßige Zündquellen i. d. R. vermieden werden
- Schutzmaßnahmen bei Anwendungen mit gezielter Entzündung (Flambieren, Feuerzangenbowle, ...)?
 - Verwendung offener Zwischenbehälter
 - Begrenzung der jeweils eingesetzten Menge
 - Verschluss und Entfernen der Vorratsflaschen vor dem Entzünden
 - Vermeidung von Verdämmung beim Entzünden



Zusammenfassung

- Gefahrstoffverordnung als zentrale Verordnung zum Explosionsschutz
 - beschreibt Standard-Vorgehensweisen des Explosionsschutzes
 - eröffnet Spielräume zum rechtskonformen Umgang mit Sonderfällen
 - TRGS 526 liefert Hinweise für Laboratorien
- Ex-Schutz-Regelwerk (Ex-RL) gibt weitere Hinweise
- Inneres von Geräten/Maschinen: Ex-Schutz als Herstelleraufgabe
- Tätigkeiten mit gezielter Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre
 - sind im Regelwerk nur eingeschränkt erfasst
 - erfordern gesonderte Betrachtungen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch
Fragen?

