KÄLTEANLAGEN MIT ENTZÜNDBAREN KÄLTEMITTELN

Aspekte des Explosionsschutzes für Hersteller und Betreiber

Kältetechnik-Dialog Sept. 2019

Frau Verena Wieling-Schröder – Herr Oliver Demtröder – Herr Enrico Philipp
TÜV Nord Systems GmbH & Co.KG – Competence Center Elektro- und Tanktechnik

AGENDA

- Einführung: Prinzipieller Aufbau einer Kälteanlage
- Explosionsschutztechnische Kenngrößen
- Begriff „Dichtheit“
- Lüftungsmaßnahmen
- Herstellerverantwortung
- Arbeitgeberverantwortung

VORWORT:
NEUE GEFÄHRDUNGEN DURCH NEUE KÄLTEMITTEL?

Ammoniak ist im industriellen Umfeld seit über 100 Jahren bewährt

1845 – Erste funktionierende Kältemaschine der Welt

Verwendete Kältemittel:

zunächst Diethylether (narkotisierend, explosiv)

später Ammoniak (giftig, explosiv, sehr gut wahrnehmbar)

ca. 1930 – Einführung „Sicherheitskältemittel“

Vielzahl fluorierter Kältemittel:

ungiftig, nicht explosiv, jedoch Klimaschädlich

Erstickungsgefahr

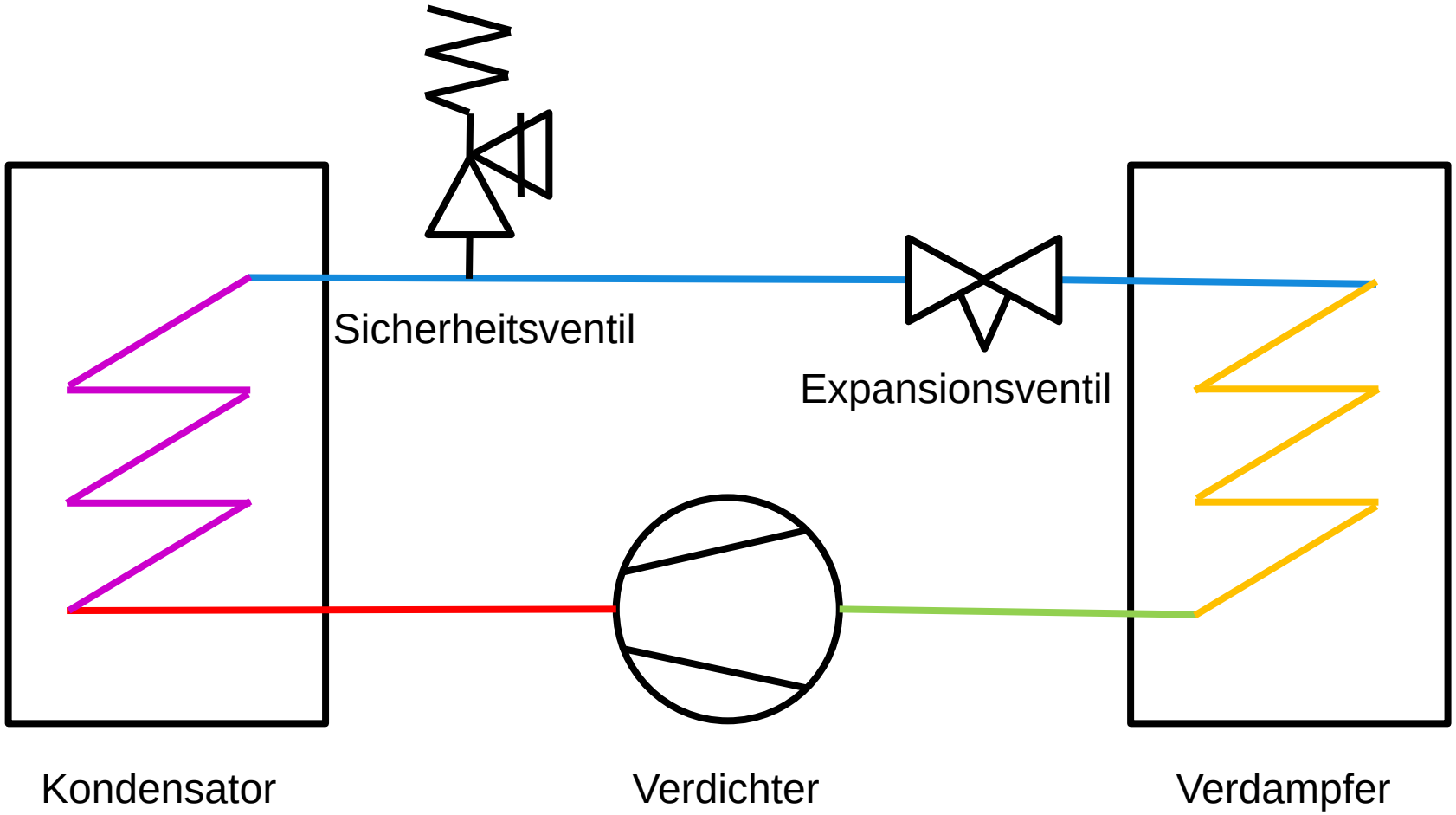
2006 – „F-Gase-Verordnung“

fortschreitender Ersatz fluorierter Kältemittel

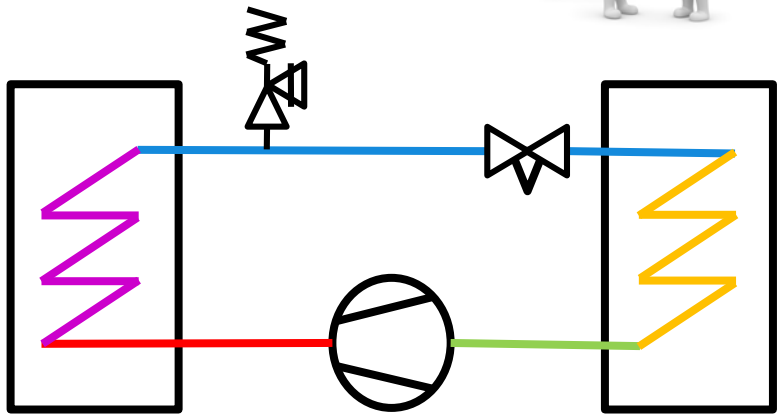
Alternativen häufig entzündbar (z.B. Propan)

auch CO_2 oder Wasser möglich!

PRINZIPIELLER AUFBAU EINER KÄLTEANLAGE



PRINZIPIELLER AUFBAU EINER KÄLTEANLAGE: MÖGLICHE FREISETZUNGEN



- Kältemittelkreislauf ist im Wesentlichen ein geschlossenes System
  - keine explosionsfähige Atmosphäre im Innern
  - keine Freisetzungsquellen im bestimmungsgemäßen Betrieb

- mögliche Freisetzungen im Fall von Betriebsstörungen
  - im Bereich von Dichtungen
    - Rohrleitungsverbindungen
    - hermetische / halbhermetische / offene Verdichter
  - Rohrleitungsbruch
  - Sicherheitsventil
    - Schutz der Anlage vor Beschädigung durch Überdruck
    - i.d.R. erfolgt eine Freisetzung in die Umgebung

EXPLOSIONSSCHUTZTECHNISCHE KENNGRÖßEN – TRBS 2152 / TRGS 720

- **Zündtemperatur – einer explosionsfähigen Gasatmosphäre**
  - ist die unter festgelegten Versuchsbedingungen ermittelte niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der die Entzündung eines brennbaren Stoffes als Gas/Luft- oder Dampf/Luft-Gemisch eintritt
  - Beispiel Ammoniak: 630 °C
- **untere Explosionsgrenze (UEG) / obere Explosionsgrenze (OEG)**
  - ist der untere bzw. obere Grenzwert der Konzentration (Stoffmengenanteil) eines brennbaren Stoffes in einem Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben, in dem sich nach dem Zünden eine von der Zündquelle unabhängige Flamme gerade nicht mehr selbstständig fortpflanzen kann.
  - Beispiel Ammoniak: UEG = 15 vol-%; OEG = 33,6 vol-%

EXPLOSIONSSCHUTZTECHNISCHE KENNGRÖßEN: BEISPIELE

	Propan	Propylen	R1234 (yf)	R1234 (ze)
Zündtemperatur	470 °C	485 °C	405 °C	368 °C
UEG	1,7 Vol.-%	1,8 Vol.-%	6,2 Vol.-%	kein Explosions-bereich unter atm. Bedingungen
OEG	10,8 Vol.-%	11,2 Vol.-%	12,3 Vol.-%	
Kategorie	1: extrem entzündbar	1: extrem entzündbar	1: extrem entzündbar	keine

Quelle: GESTIS-Stoffdatenbank - www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank

Kriterien für entzündbare Gase

Kategorie	Kriterien
1	Gase, die bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa: a) entzündbar sind, wenn sie im Gemisch mit Luft mit einem Volumenanteil von 13 % oder weniger vorliegen oder b) in Luft einen Explosionsbereich von mindestens 12 Prozentpunkten haben, unabhängig von der unteren Explosionsgrenze.
2	Nicht in Kategorie 1 fallende Gase, die im Gemisch mit Luft bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa einen Explosionsbereich haben.

Quelle: Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 – Anhang 1

GHS-Piktogramm

Kein Piktogramm

DICHTHEIT

- **Begriffe nach TRGS 722 (TRBS 2152-2)**
  - **technisch dichte Anlagenteile**
    - es sind **<u>seltene</u>** Freisetzungen an Anlagenteilen zu erwarten
    - betriebsbedingte Freisetzungen => **Maßnahmen erforderlich** (z.B. Lüftung, Ex-Zonen)
  - **auf Dauer technisch dichte Anlagenteile**
    - es sind **<u>keine</u>** Freisetzungen an Anlagenteilen zu erwarten
    - keine betriebsbedingten Freisetzungen => **keine Maßnahmen erforderlich**
- **darüber hinaus können Dichtungssysteme über definierte Freisetzungsraten verfügen (EN 60079-10-1)**
  - Menge an brennbarem Gas, Flüssigkeit, Dampf oder Nebel, die je Zeiteinheit von der Freisetzungsquelle abgegeben wird

DICHTHEIT: BEISPIELE

- **technisch dichte Anlagenteile (TRGS 722, Kap. 2.4.3.3)**
  - offene Verdichter mit lediglich einfach wirkender GLRD
  - Armaturen mit Stopfbuchsabdichtung der Spindeldurchführung
  - Flansch mit glatter Dichtleiste und keinen besonderen konstruktiven Anforderungen an die Dichtung
  - lösbare Verbindungen, die betriebsmäßig nicht nur selten gelöst werden

- **Technisch dichte** Anlagenteile können auch als **„auf Dauer technisch dicht“** gelten, wenn durch
  - Wartung und
  - Überwachung

  deren technische Dichtheit ständig gewährleistet wird.
  - Stichwort: Regelmäßige Dichtheitsprüfung, Gaswarneinrichtung
  - s. TRGS 722, Kap. 2.4.3.2

DICHTHEIT: BEISPIELE

- **auf Dauer technisch dichte Anlagenteile (TRGS 722, Kap. 2.4.3.2)**
  - voll- und halbhermetische Verdichter (ohne Wellenabdichtungen)
  - offene Verdichter mit besonderen Wellenabdichtungen (z.B. doppelt wirkende GLRD)
  - Armaturen mit Abdichtung der Spindeldurchführung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse
  - geschweißte Anlageteile
  - lösbare Verbindungen, die betriebsmäßig nur selten gelöst werden, z. B.
    - Flansche mit Schweißlippendichtungen,
    - Flansche mit Nut und Feder,
    - Flansche mit Vor- und Rücksprung
    - … (konstruktiv dauerhaft technisch dichte Anlagenteile)

LÜFTUNGSMAßNAHMEN (TRGS 722 / 745 / 746)

- Durch Lüftungsmaßnahmen kann – wo erforderlich – die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert oder eingeschränkt werden.

- Wirksamkeit einer Lüftungsmaßnahme ist abhängig von verschiedenen Parametern, u. a.
  - Stärke
  - Verfügbarkeit und Art der Luftführung (z.B. Querbelüftung)

- Es wird unterschieden in
  - natürliche Lüftung (Räume oder Freianlagen) und
  - technische Lüftung (Raumlüftungsanlage)

- Beispiele für Luftwechselzahlen technischer Lüftungsanlagen
  - TRGS 745 (Lagern von Druckgasbehältern unter Erdgleiche): dauerhaft 2x / nur im Bedarfsfall 10x
  - TRGS 746 (ortsfeste Druckanlagen): 2x (dauerhaft oder im Bedarfsfall)

LÜFTUNGSMAßNAHMEN (DIN EN 378-3)

- Die Belüftung von Maschinenräumen muss sowohl für die üblichen Betriebsbedingungen als auch für Notfallsituationen ausreichend sein.
  - Schutzziel: Personen, die sich im Maschinenbereich aufhalten -> Arbeitsschutz

- Bei üblichen Betriebsbedingungen und Personenaufenthalt
  - dauerhaft mindestens **4-facher Luftwechsel** je Stunde

- Als Notbelüftungseinrichtung, dort, wo Gasnachweissysteme (Gaswarneinrichtungen) erforderlich
  - Kältemittelmengenabhängig
  - 15-facher Luftwechsel ausreichend

- Lüftungen nach DIN EN 378-3 übertreffen das erforderliche Maß der Anforderungen aus den technischen Regeln für Anlagen mit Ex-Gefährdung mindestens um das doppelte (dauerhaft 2x -> dauerhaft 4x)!

HERSTELLERVERANTWORTUNG

- Inverkehrbringung: Anwendungsbereich Produktsicherheitsgesetz, Maschinen-RL, (ggf. ATEX-RL)
  - Anzuwendende Regeln der Technik: (harmonisierte) Normen

- Der Hersteller beschreibt den bestimmungsgemäßen Betrieb
  - Normalbetrieb
  - Betriebsparameter (Umgebungsbedingungen)
  - vorhersehbare Fehlbedienung
  - Wartung / Instandhaltung / Prüfungen

- Die Maschine muss die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen aus Anh. I MRL erfüllen.

- Konformitätsbewertungsverfahren

HERSTELLERVERANTWORTUNG

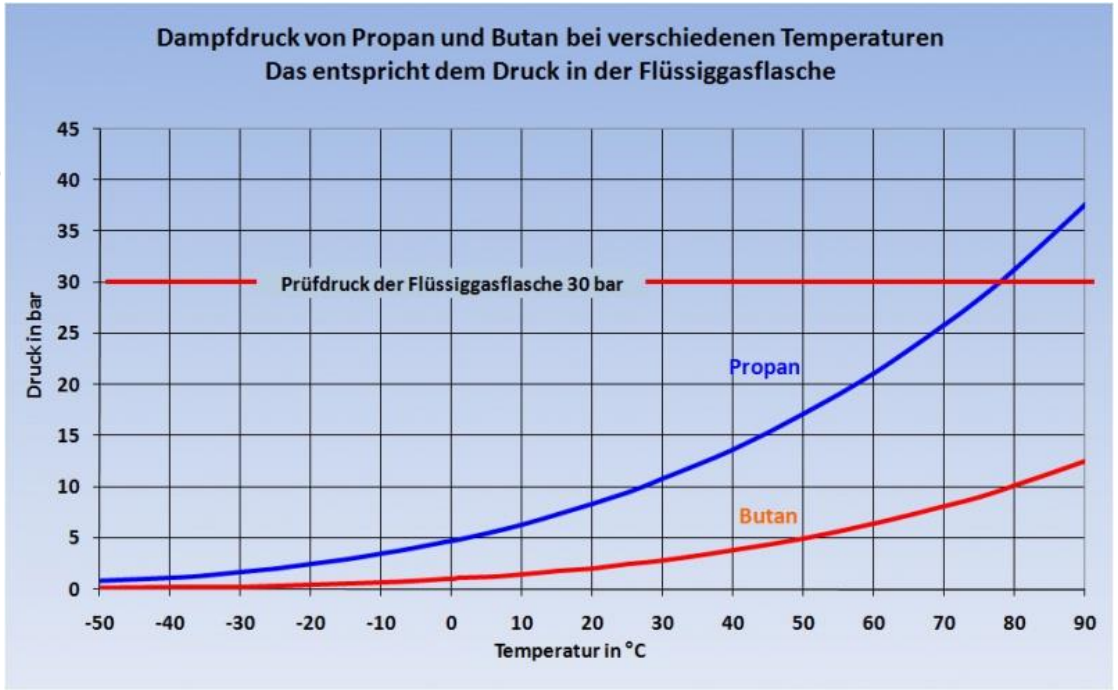
- Risikoanalyse
  - welche Gefahren entstehen durch die Maschine?
    - mechanische Gefährdungen
    - heiße Oberflächen
    - (innere) Explosionsgefährdungen durch die Maschine selbst
    - …

- Wie werden die Gefahren bereits durch den Hersteller minimiert?
  - Abdeckungen / Gehäuse
  - Steuerungstechnik
  - Wartung / Instandhaltung
  - ...

HERSTELLERVERANTWORTUNG

- Beschreibung möglicher **Restgefährdungen**, die durch die Maschine entstehen
  - Freisetzung brennbarer Stoffe, Wahrscheinlichkeit, Dauer (führt ggf. zu Ex-Zone durch die Maschine)

- Beispiel Sicherheitsventil:
  - Einstelldruck ~ 28 bar
  - Welche Betriebszustände, die der Hersteller nicht bereits berücksichtigt hat, führen zum Druckanstieg?

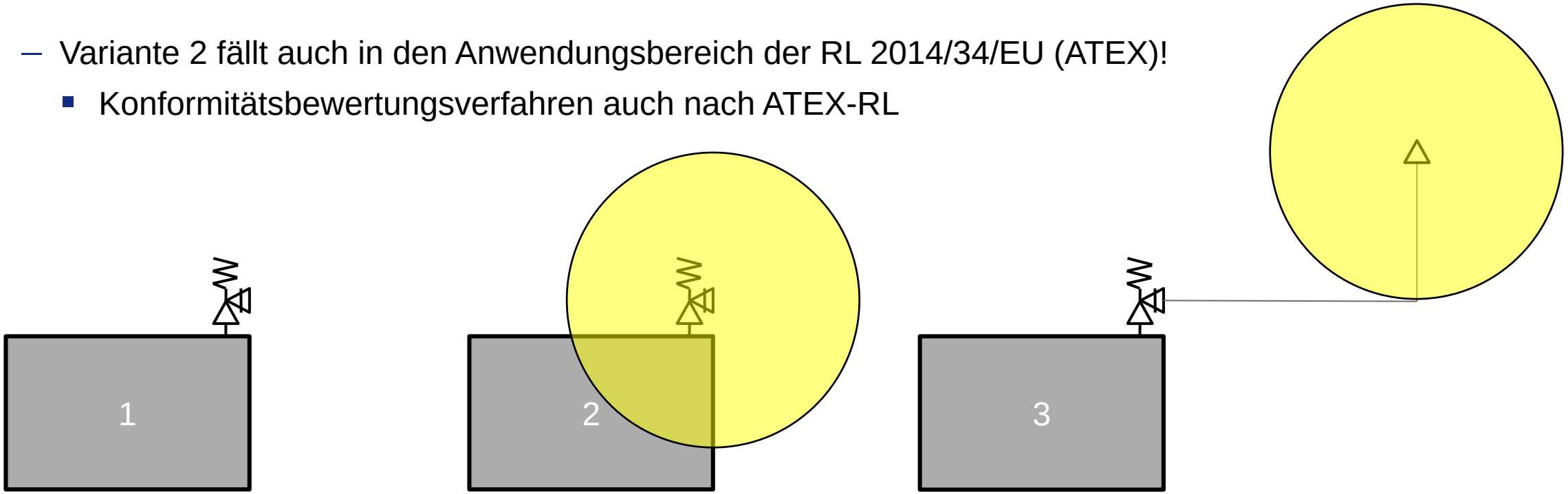


HERSTELLERVERANTWORTUNG

- Hersteller erstellt die Dokumentation der Maschine
  - Technische Dokumentation
  - Betriebsanleitung
  - EG-Konformitätserklärung
  - CE-Kennzeichnung
- …und wendet bei der Herstellung das Verfahren der internen Fertigungskontrolle (Anh. VIII MRL) an.
- Maschinendokumentation enthält die erforderlichen Angaben, die der Betreiber / Arbeitgeber benötigt, um die Gefährdungsbeurteilung für den Betrieb der Maschine zu erstellen.

HERSTELLERVERANTWORTUNG

- Beispielhafte Darstellung verschiedener Maschinenarten (innerhalb Ex-Zone oder nicht)
  - Variante 2 fällt auch in den Anwendungsbereich der RL 2014/34/EU (ATEX)!
    - Konformitätsbewertungsverfahren auch nach ATEX-RL



Bereich um SV Ex-zonenfrei

Bereich um SV Ex-Zone

Bereich um Ausblasleitung SV Ex-Zone

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG

- Betrieb: Anwendungsbereich ArbSchG, GefStoffV, BetrSichV
  - Anzuwendende Regeln der Technik: Technische Regeln TRBS, TRGS

- Im Rahmen seiner Verpflichtung nach § 5 ArbSchG hat der Arbeitgeber die Gefährdung seiner Beschäftigten durch Explosionen zu ermitteln, zu beurteilen und die ggf. notwendigen Schutzmaßnahmen abzuleiten.
  - Explosionsschutzdokument nach §6 (9) GefStoffV

- Handlungshilfen enthält Anhang I Nr. 1 GefStoffV, sowie TRGS 720: Kapitel 3 „Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen“

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: ERMITTLUNG VON EXPLOSIONSGEFAHREN (TRGS 720)

- Sind brennbare feste, flüssige, gasförmige oder staubförmige Stoffe vorhanden oder können sie gebildet werden?

- Ist überhaupt mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen?
  - Dies ist dann der Fall, wenn die Konzentration zwischen unterer und oberer Explosionsgrenze (zwischen UEG und OEG) liegt.

- Ist die Menge der explosionsfähigen Atmosphäre aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefahrdrohend?
  - Faustregel für geschlossene Räume (TRGS 721):

    Mehr als 10 Liter explosionsfähige Atmosphäre, bzw. mehr als 1/10.000 des Raumvolumens

➢ 3 x Ja? Schutzmaßnahmen treffen!

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: MÖGLICHE EXPLOSIONSSCHUTZMAßNAHMEN

- Stoffe einsetzen, die keine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.
  - z.B. alternative (nicht brennbare) Kältemittel wie CO_2

- Ist dies nicht möglich, ist die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu verhindern oder einzuschränken.
  - z.B. Dichtheit der Anlage verbessern (regelmäßige Dichtheitsprüfungen)
  - z.B. Freisetzungsquellen verlegen (in einen nicht gefährdeten Bereich)
  - z.B. mögliche Konzentrationen verringern (Lüftung, ggf. vorhandene Maschinenraumlüftung)

- Kann gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nicht sicher verhindert werden, hat der Arbeitgeber zu beurteilen:
  - die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

➢ Zoneneinteilung

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: EX-ZONEN: DEFINITION

- **Zone 0**
  - Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **ständig**, über **lange Zeiträume** oder **häufig** vorhanden ist.
- **Zone 1**
  - Bereich, in dem sich bei **Normalbetrieb gelegentlich** eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
- **Zone 2**
  - Bereich, in dem bei **Normalbetrieb** eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **normalerweise nicht** oder aber **nur kurzzeitig** auftritt.

- **Normalbetrieb** ist der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.
- **Störungen** (z.B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die z.B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, **werden nicht als Normalbetrieb angesehen**.

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: FESTLEGUNG REGELMÄßIGER PRÜFUNGEN

- **BetrSichV Anhang 2 - Abschnitt 3 – Explosionsgefährdungen**
  - Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind die Gesamtheit der explosionsschutzrelevanten Arbeitsmittel einschließlich der Verbindungselemente sowie der explosionsschutzrelevanten Gebäudeteile.

- **4.1 Prüfung vor Inbetriebnahme, nach prüfpflichtigen Änderungen**

  Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind vor der erstmaligen Inbetriebnahme und vor der Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen auf Explosionssicherheit zu prüfen.

  Die Prüfung nach einer prüfpflichtigen Änderung darf sich darauf beschränken, zu prüfen, ob die Anlage im explosionsgefährdeten Bereich entsprechend dieser Verordnung geändert wurde und vorschriftsmäßig funktioniert.

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: FESTLEGUNG REGELMÄßIGER PRÜFUNGEN

- **BetrSichV Anhang 2 - Abschnitt 3 – Explosionsgefährdungen**

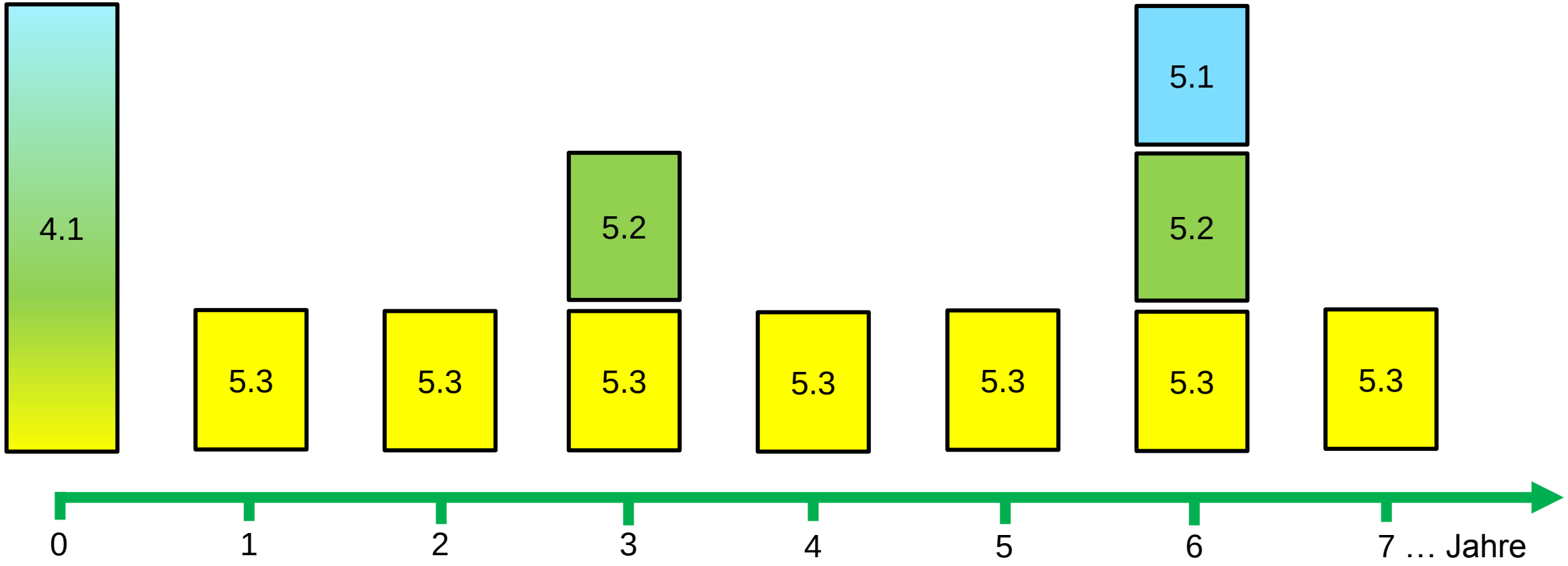
- **5 Wiederkehrende Prüfungen**
- 5.1 Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind mindestens alle **sechs Jahre** auf Explosionssicherheit zu prüfen: **Anlagenprüfung**
  (das Explosionsschutzdokument und die Zoneneinteilung zu berücksichtigen)

- 5.2 Geräte, Schutzsysteme, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen mit ihren Verbindungseinrichtungen sind, … … … wiederkehrend mindestens alle **drei Jahre** zu prüfen.

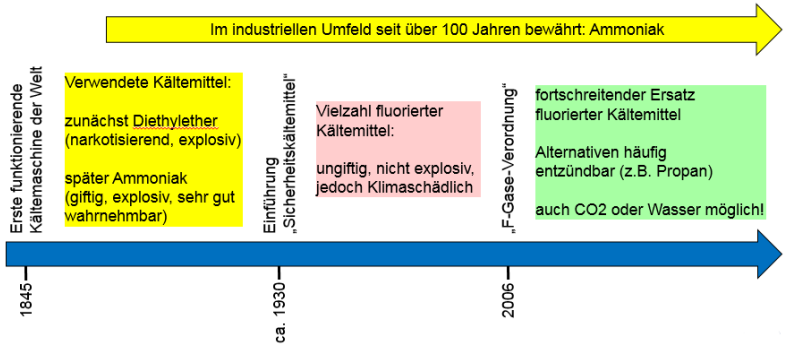
- 5.3 Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen und Inertisierungseinrichtungen sind, … … … wiederkehrend **jährlich** zu prüfen.

ARBEITGEBERVERANTWORTUNG: FESTLEGUNG REGELMÄßIGER PRÜFUNGEN

- **Erstmalige und wiederkehrende „Ex-Prüfungen“ im Zeitverlauf (Maximalfristen)**



SCHLUSSWORT



- Es gilt (und galt schon immer):

- unkontrollierte Freisetzung von Kältemittel ist zu vermeiden
  - aus Arbeitsschutzgründen (Gefahr durch Vergiftung / Ersticken)
  - aus wirtschaftlichen Gründen

  - neu bzw. wieder zu berücksichtigen ist die Explosionssicherheit

- Durch Vermeidung von unkontrolliertem Kältemittelaustritt in die Atmosphäre lassen sich Kälteanlagen auch mit brennbaren Kältemitteln – nach wie vor – sicher herstellen und betreiben.
  - Wie seit mehr als 100 Jahren mit Ammoniak üblich!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontaktdaten:

Verena Wieling-Schröder

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG,
Rheinische Str. 15, 49084 Osnabrück
Tel.: +49 541 5823 254
Mobil: +49 160 888-3170
E-Mail: vwieling-schroeder@tuev-nord.de

Oliver Demtröder

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG,
Am Technologiepark 1, 45307 Essen
Tel.: +49 201 825 2633
Mobil: +49 160 888-5337
E-Mail: odemtroeder@tuev-nord.de

Enrico Philipp

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG,
Große Bahnstraße 31, 22525 Hamburg
Tel.: +49 40 8557-1683
Mobil: +49 160 888-4418
E-Mail: ephilipp@tuev-nord.de