

# Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb

**Process Safety Fundamentals**



**EUROPEAN PROCESS  
SAFETY CENTRE**

# Die “Process Safety Fundamentals” unterscheiden sich von den “Life Saving Rules”

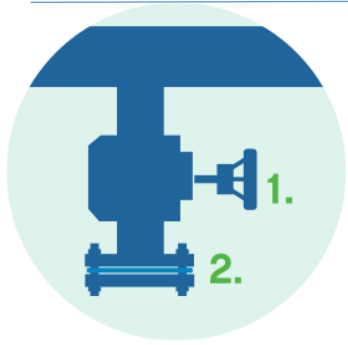
	Life Saving Rules: Arbeitssicherheit	Process Safety Fundamentals: Anlagensicherheit
Zielsetzung	Verringerung der Anzahl von Verletzungen/Todesfällen	Vermeidung von Stofffreisetzungen mit potenziell schwerwiegenden Folgen für Mensch, Umwelt und das Unternehmen
HSE Bereich	Arbeitssicherheit	Anlagensicherheit und Anlagen, die gefährliche Chemikalien handhaben
Zielgruppe	Alle	Technische Teams in Chemieanlagen (Anlagenfahrer, Prozess-Ingenieure, Instandhaltung, Betriebsleiter)
Anwendbarkeit	Klare Regeln, die einfach zu verstehen und in allen Anwendungsfällen verwendet werden können	Kompliziertere Grundsätze, die nicht immer vollständig angewendet werden können (z. B. aufgrund des vorhandenen Anlagendesigns)
Methode zur Einführung	Verbindliche Anforderungen, die von jedem erfüllt werden müssen	Identifikation von Arbeitsweisen, die nicht mit den Grundsätzen für den sicheren Anlagenbetrieb übereinstimmen und Besprechung im Team, wie man weiter damit umgeht

- **Keine neuen Anforderungen**, sondern allgemeine Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb.
- **Verbesserung von Arbeits- und Verhaltensweisen** bei der praktischen Umsetzung von Maßnahmen in der Anlagensicherheit („Operational Excellence“)
- Besondere Betonung von **gefährlichen Arbeiten**, deren Ausführung von allen Management-Ebenen verstanden und unterstützt wird.
- Verständnis für die **Dilemmas**, mit denen die Anlagenfahrer bei der Anwendung der Grundsätze konfrontiert sein können.
- Anlagensicherheit wird zu einem **alltäglichen Gesprächsthema** zwischen Anlagenfahrern und Betriebsleitern
- Vorsicht bei der **Gewöhnung an gefährliche Abweichungen** und unsichere Arbeitspraktiken.
- Keine Thema für Mahnungen oder Sanktionen, sondern Förderung einer **offenen Kultur**.

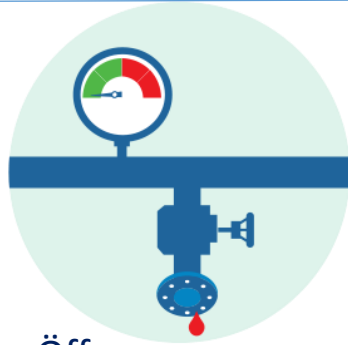
# Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb (Process Safety Fundamentals) – 18 Überschriften

Arbeiten nur mit doppelter Absperrung	Betriebsmittelnetze gegen Rückströmung absichern
Entleeren / Entspannen vor dem Öffnen von Rohrleitungen	Mängel an Sicherheitseinrichtungen melden
Überwachen von Entleervorgängen	Verstopfungen sicher entfernen
Sicheres Überbrücken von Sicherheitseinrichtungen	Bleib aus der Schusslinie
Überprüfung der Leitungswege und Ventilstellungen	Sicheres Be- und Entladen
Dichtigkeitsprüfung nach Wartungsarbeiten	Prüfen auf Ex-Atmosphäre im Brennraum vor der Zündung
Keine Arbeiten hinter einzelnen Absperrarmaturen	Keine Behälterbefüllung im Freistrah
Überprüfe den Zustand von Schläuchen	Vermeiden von durchgehenden Reaktionen
Betreiben im sicheren Betriebsfenster	Melden aller Sicherheitsereignisse in der Anlage

# EPSC Piktogramme



Doppelte Absperrung



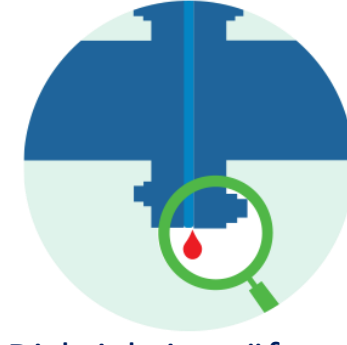
Öffnen von Rohrleitungen



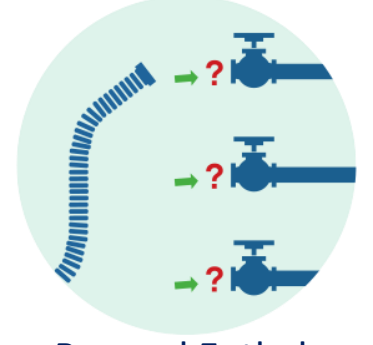
Verwendung von Schläuchen



Ofen-Brenner



Dichtigkeitsprüfung



Be- und Entladung



Offene Entleerung



Betriebsparameter



Überbrückung



Verstopfungen entfernen



Sicherheitseinrichtungen



Vorfalldmeldungen



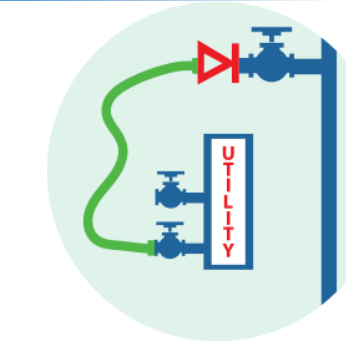
Durchgehende Reaktion



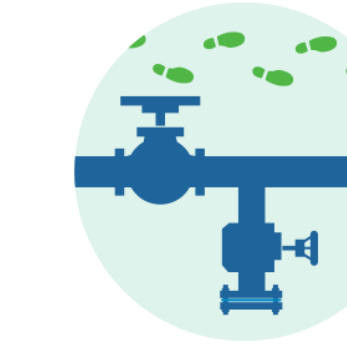
Freistrahlfüllung



Schusslinie



Betriebsmittel



Abgehen der Leitung

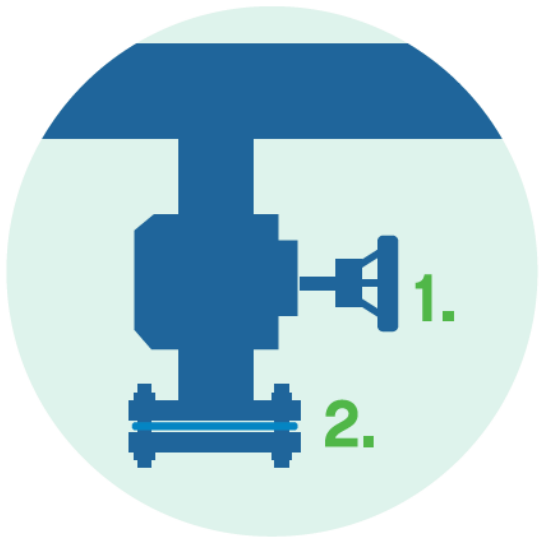


Arbeiten hinter Einzelarmaturen

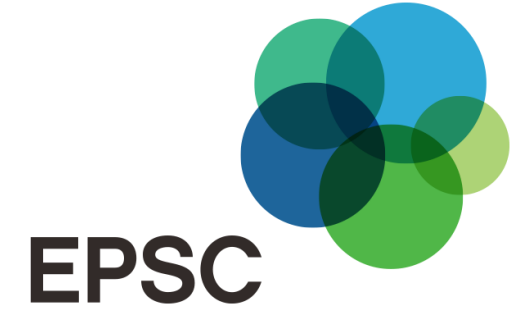
# Anleitung für die Anwendung der Grundsätze (PSF)

- Die **Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb** beziehen sich auf Tätigkeiten und Prozesse mit Gefahrstoffen. Ihr Ziel ist die Vermeidung von Stofffreisetzungen, Bränden, Explosionen und Betriebsunterbrechungen.
- Die **Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb** dienen dazu, ein hohes Niveau in der Anlagensicherheit durch Sensibilisierung für typische gefährliche Arbeiten zu erreichen.
- Die **Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb** lenken den Blick auf die typischen Probleme vor Ort und zeigen Lösungsvorschläge („Best Practices“) auf.
- Für die Einführung wird die **Auswahl einer begrenzten Anzahl** von Grundsätzen („Fundamentals“) empfohlen, die für die betrachtete Anlage besonders relevant sind. Nach und nach können bei Bedarf weitere Grundsätze implementiert werden.
- Zentral sind die **Diskussion** über und die **Auseinandersetzung mit den ausgewählten Grundsätzen** zwischen allen Beteiligten im Betriebsteam. Die jeweilige Folie sollte als Startpunkt für die Diskussion verwendet werden. Die gemeinsame Auseinandersetzung mit dem Thema macht bewusst, wo man im Betrieb steht und was verbessert werden kann!
- Ziel der Diskussion sollten klare Vereinbarungen und Absprachen sein, wie man die **Grundsätze für den sicheren Anlagenbetrieb** im Betrieb umsetzt!

Um in eine positive und motivierende Stimmung für Anlagensicherheit zu kommen, können Sie dieses Video von Shell nutzen:  
<https://www.youtube.com/watch?v=I9Fu4ydckGg>



# Arbeiten nur mit doppelter Absperrung



## Was ist die Gefährdung?

Gefährliche Stofffreisetzungen können auftreten, wenn eine Absperrung (z.B. ein Ventil) versagt und keine zweite Barriere vorhanden ist.

## Wann ist das relevant?

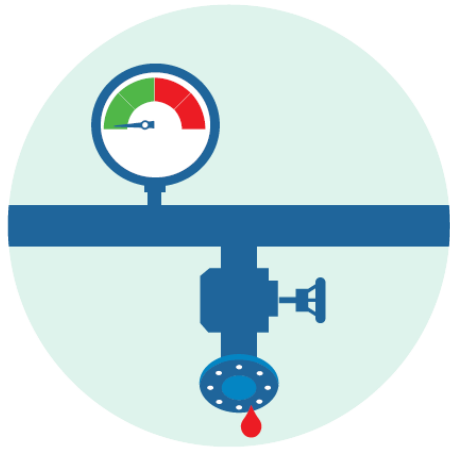
Während Routinetätigkeiten und speziellen Arbeiten wie z.B. Ablassen & Probenahme, Be- und Entladen, Anschluss von Betriebsmitteln (z.B. Luft oder Stickstoff)

## Herausforderungen in der Praxis:

- Bei älteren Anlagen sind häufig keine doppelten Absperrungen vorhanden
- Blind-Flansche nach Instandhaltung nicht wieder montiert
- Blind-Flansche nicht mit (allen) Schrauben installiert
- Bedeutung von "Primary Containment" (Austritt aus der ersten Umhüllung) nicht verstanden
- Ventilhebel aus Versehen verstellt

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Eine einzelne Armatur ist keine verlässliche und sichere Absperrung.
- Regelmäßig Leitungen abgehen und prüfen, ob Auslassventile mit Blindflansch oder Schraubkappe gem. Rohrleitungs-Spezifikation verschlossen sind
- Fehlende Blindflansche oder fehlende Schrauben an Blindflanschen nicht akzeptieren!
- Meldung und Untersuchung aller Vorfälle mit undichten Ablassventilen
- Ventilhebel können verriegelt werden, um ein unbeabsichtigtes Öffnen zu verhindern („geschlossen gesichert“).



# Entleeren & Entspannen vor dem Öffnen von Rohrleitungen



**EPSC**

## Was ist die Gefährdung?

Unkontrollierte Stoff- und Energiefreisetzung beim Öffnen von Rohrleitungen oder Behältern

## Wann ist das relevant?

Beim Lösen von Schrauben, Bohr- oder Schneidarbeiten an Prozessanlagen, beim Arbeiten an in Betrieb befindlichen Anlagenteilen

## Herausforderungen in der Praxis:

- Arbeiten an der falschen Stelle
- Komplexität von Leitungsführungen und Trennstellen
- Umsetzung von doppelten Absperrungen mit Zwischenentspannung nicht möglich
- Verstopfung von Ventilen oder undichte Ventile
- Ablassen/Spülen an der falschen Stelle

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Anwendung eines validierten Trennstellenplans mit nummerierten Trennstellen in der richtigen Reihenfolge auf dem R&I-Fließbild
- Überprüfung der Abarbeitung des Trennstellenplans durch eine zweite Person, bevor der Erlaubnisschein freigegeben wird
- Installation von Blindflanschen gem. Spezifikation auf dem Trennstellenplan
- Nutzung des LOTO-Prinzips um sicherzustellen, dass Anlagenteile energielos sind (bspw. mit Hilfe von Schlössern und Markierungen)
- Sorgfältige Entleerung und Spülung der Anlagenteile
- Tragen von PSA, weil Restchemikalien möglicherweise nicht vollständig entfernt wurden, und Bereithalten von Chemikalienbindemitteln im Falle von Leckagen
- Vor dem Öffnen von Anlagenteilen: Durchführen von sog. “Last Minute Risk Assessments”, um sicherzustellen, dass (a) das System drucklos und auf Umgebungstemperatur ist, (b) das Ablassventil offen ist, (c) kein Stofffluss vorliegt und (d) am richtigen Anlagenteil gearbeitet wird.
- Bei Änderungen immer Nachprüfung, ob die Absperr- und Trenneinrichtung noch wirksam ist



# Überwachen von Entleervorgängen



**EPSC**

## Was ist die Gefährdung?

Bei der Entleerung von Lagertanks oder anderen Apparaten kann es zu unbeabsichtigten Stofffreisetzung in die Umgebung kommen

## Wann ist das relevant?

Beim Entleeren von Wasser ins Abwassersystem aus einem Tank, der Kohlenwasserstoffe enthält.

Beim Entfernen von Flüssigkeiten aus Prozessanlagen

## Herausforderungen in der Praxis:

- Unaufmerksamkeit oder Ablenkung durch andere Dinge
- Lange Entleerungszeiten
- Schlechtes Wetter
- Unterschätzen der potentiellen Auswirkungen eines Produktaustritts
- Ablassventil schließt nicht komplett

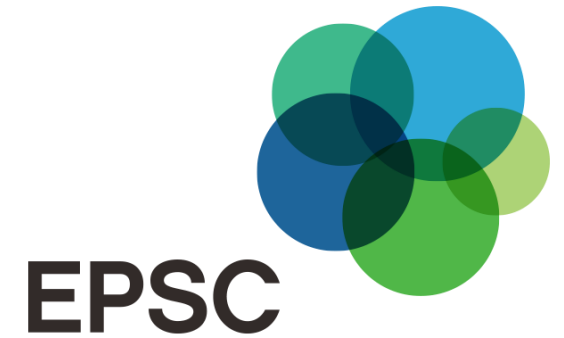
## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Bestimmung der kritischen Entleerungsvorgänge im Betrieb
- Reduktion des Ablaufstutzens (typischerweise auf DN25/1 Zoll), um mögliche Produktfreisetzungen zu begrenzen
- Einsatz von federbelasteten Ventilen („Totmanneinrichtungen“), die dafür sorgen, dass ein Bediener bei kurzen Entleerungszeiten anwesend bleibt
- Kenntnis der erforderlichen Entleerungszeit vor dem Start des Entleerungsprozesses
- Sicherstellen, dass das Ablassventil von einem sicheren Ort aus (fernbedient) geschlossen werden kann
- Vermeiden von Ablenkungen und anderen Beschäftigungen während der Überwachung von Entleerungsvorgängen
- In kritischen Situationen zuerst Unterbrechung des Entleerungsprozesses, bevor der Ort verlassen wird
- Unterbrechung des Entleerungsprozesses während der Schichtübergabe





# Sicheres Überbrücken von Sicherheitseinrichtungen



## Was ist die Gefährdung:

Sind Sicherheitseinrichtungen überbrückt oder nicht funktionsfähig, besteht kein ausreichender Schutz vor Prozessrisiken

## Wann ist das relevant:

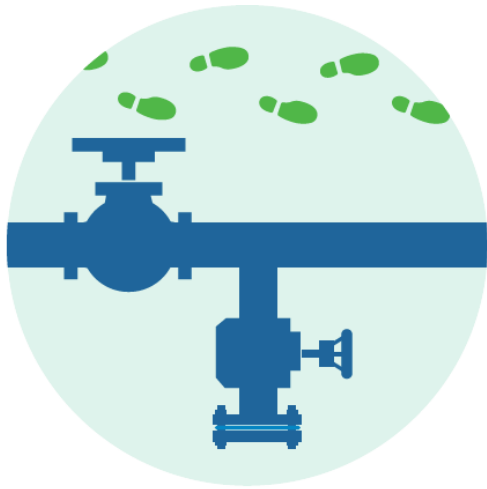
Ausfall von Sicherheitseinrichtungen  
Beim Testen von Sicherheitsschaltungen  
Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten,  
Anlagen-Stillstände  
Inbetriebnahmen, An- & Abfahren

## Herausforderungen in der Praxis:

- Konsequenzen einer Überbrückung sind unklar
- Sicherheitsschaltungen erschweren das Anfahren
- Fehlende Kenntnis einschlägiger Anweisungen
- Freigabeberechtigte nicht erreichbar

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Verstehen der Sicherheitseinrichtungen und Kennzeichnung in der Anlage
- Formale Freigabe jeder Überbrückung auf Basis einer Gefährdungsbeurteilung (Spezifischer Erlaubnisschein für Überbrückungen empfohlen)
- Definierte Kritikalität der Sicherheitseinrichtung, z.B. per SIL-Level
- Freigabe-Anforderungen proportional zur Kritikalität
- Festlegung und Umsetzung angemessener Ersatzmaßnahmen
- Dokumentation der Überbrückung in einer gut zugänglichen Bypass Liste in der Messwarte
- Besprechung der aktiven Überbrückungen bei jeder Schichtübergabe
- Festlegung welche Anlagenteile während der Überbrückung abzustellen sind
- Dauer der Überbrückung nur so lange wie nötig. Anwendung des Änderungsmanagements (MoC) bei längerer Dauer.
- Sicherheitsschaltungen müssen gegen zu leichtes Überbrücken geschützt werden, z.B. durch Verriegelung, Passwort, etc.
- Tägliche Besprechung der Überbrückungen (z.B. in Morgenbesprechung)
- Statistiken der Überbrückungen sollten regelmäßig betrachtet werden



# Überprüfung der Leitungswege und Ventilstellungen



**EPSC**

## Was ist die Gefährdung:

Stoffaustritte oder unerwünschtes Mischen verursacht durch falsch gestellte Handarmaturen oder Leitungswege (z.B. zum falschen Behälter) und offene Entleerungsventile.

## Wann ist das relevant:

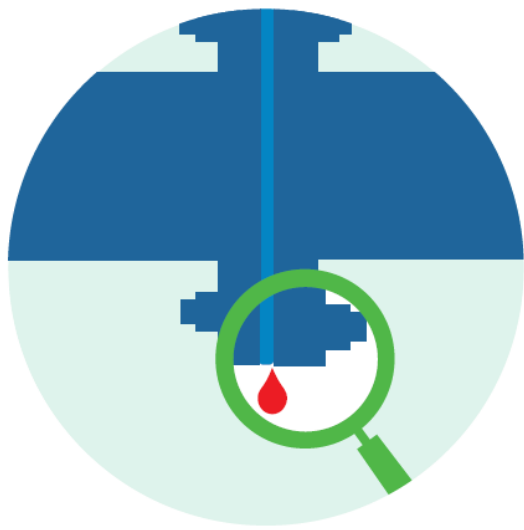
Nach jeder Änderung an Ventilstellungen in einer Rohrleitung, z.B. Anfahren nach einer Abstellung, Außerbetriebnahme/ Vorbereitung von Apparaten für Wartungseingriffe, Anlagenänderungen, Instandhaltungsarbeiten, Entleerungsvorgänge

## Herausforderungen in der Praxis:

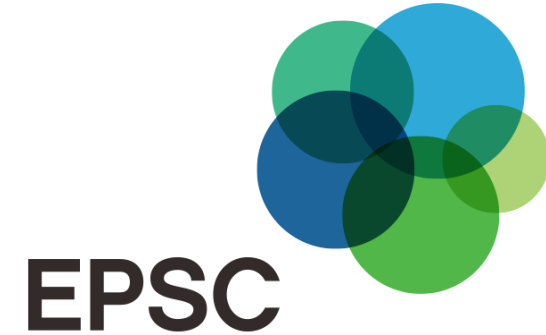
- Produkt Transfers kurz vor oder nach Schichtwechsel
- Lange Transfer-Leitungen, mit begrenzter Zugänglichkeit
- Ablenkungen
- Schlechtes Wetter, begrenzte Sicht bei Nacht
- Rohrleitungen oder Ventilstellung schwer einsehbar

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Vor-Ort-Prüfung der gestellten Leitungswege (alle Armaturen, Behälter, Pumpen) vor dem Anfahren bzw. Befüllen der Leitung
- Vor-Ort-Prüfung gestarteter Pumpen auf Stoffaustritte aus offenen Entleerungsarmaturen, Schläuchen, Flanschen und Pumpen-Dichtungen
- Heranziehen der R&Is, oder besser Rohrleitungsisometrien beim Abgehen der Leitungen
- Beschriftung aller Armaturen, Rohrleitungen und Pumpen zur Erleichterung der Überprüfung
- Beschriften aller Entleerstellen und Ventile mit eindeutigen Nummern
- Regelmäßiger Abgleich der Transfermengen mit Tank-ständen und berechneten Ständen aus den Durchflussmessungen an den Pumpen. Ergreifen geeigneter Maßnahmen bei Abweichungen



# Dichtigkeitsprüfung nach Wartungsarbeiten



## Was ist die Gefährdung:

Flanschleckagen mit Gefahrstoffen, z.B. nach Montage oder Wartungsarbeiten durch schlechte Qualität der Flanschmontage

## Wann ist das relevant:

Nach Arbeiten bei denen Flansche oder Apparate geöffnet waren. Qualitätsmängel der Montage. Temperaturänderungen können Drehmoment der Schrauben verringern und Leckagen verursachen

## Herausforderungen in der Praxis:

- Einsatz von kompetenten Handwerkern, geschult in Flanschmontage
- Fehlende Prüfkompetenz und Tätigkeitsbeschreibung/Anleitung

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Dichtigkeitsprüfung vor dem Befüllen mit gefährlichen Stoffen
- Methoden der Dichtigkeitsprüfung
  - Druckhaltetest mit Luft oder Inertgas
  - Prüfung neu montierter Flansche mit Seifenblasen Test
  - Ultraschall Messungen zur Ortung von Leckagen
- Akzeptanzkriterien für Dichtigkeitsprüfung festlegen
- Gesonderte Prüfvorschrift für den Flansch, der für die Dichtigkeitsprüfung genutzt wird und erst nach dem Test verschlossen wird („Goldener Flansch“)
- Sicherstellen der korrekten Drehmomente. Z.B. ‘Flanschparcours’, für Training der Monteure (Unterlegscheiben, Schmierung, etc.)
- Nachjustieren der Schrauben nach Erreichen der Betriebs-temperatur
- Dokumentieren der Ergebnisse der Dichtigkeitstests



# Keine Arbeiten hinter einzelnen Absperrarmaturen



**EPSC**

## Was ist die Gefährdung:

Freisetzungen durch offengelassene Handarmaturen ohne zweite Absperrung. Undichtigkeiten resultieren aus unvollständigem Schließen oder Fouling. Versehentliches Öffnen einer Einzelarmatur beim Bedienen/Wartungsarbeiten

## Wann ist das relevant:

Vor oder während dem Öffnen von Anlagenteilen (line breaking), wenn die Anlage noch nicht entleert ist

## Herausforderungen in der Praxis:

- Ältere Anlagen wurden oft ohne 2. Barriere (Absperrung) errichtet, und ohne 'block and bleed' zur Abtrennung von Apparaten
- Zusätzliche Gefahren aufgrund Setzen einer Steckscheibe

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Erkennen, wenn keine doppelte Barriere vorhanden ist
- Wenn möglich Sicherstellung, dass Anlagenteile vor Arbeitsbeginn nahe einer Einzelarmatur entleert und drucklos sind
- Wenn keine doppelte Barriere/Absperrung möglich ist:
  - Steckscheibe oder Blindflansch setzen vor bzw. nach der Einzelarmatur
  - Überprüfung der Dichtigkeit der Einzelarmatur, z.B. an einer nachgelagerten Entleerung oder durch eine Druckmessung
  - Mechanische Verriegelung des Absperrventils um versehentliches Öffnen während der Arbeiten zu verhindern. Antrieb fernbedienter Armaturen während der Arbeiten energielos machen. Vorher die Sicherheitsstellung überprüfen.
  - Den Einsatz eines Sicherheitspostens während der Leitungsöffnung erwägen, solange bis eine Steckscheibe gesetzt ist
  - Geeignete PSA während der Arbeiten
  - Arbeiten nicht unterbrechen/kurz halten und gefährliche Prozessbedingungen während der Arbeiten vermeiden



# Überprüfe den Zustand von Schläuchen



## Was ist die Gefährdung:

Freisetzung gefährlicher Stoffe beim Versagen von Schläuchen

Wilde Schlauchbewegungen bei Entspannung, wenn sich die Schlauchverbindung löst

## Wann ist das relevant:

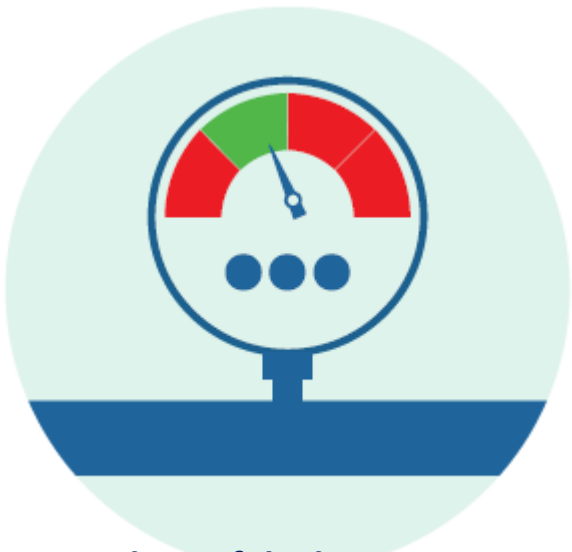
Beim Trennen von Schlauchverbindungen, wenn noch Produkt enthalten ist oder Druck anliegt

## Herausforderungen in der Praxis:

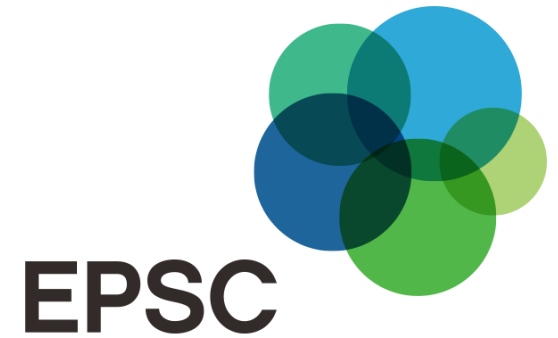
- Inadäquate Schlauchverbindung, mit gestauchten oder gedehnten Schläuchen
- Unzureichende Lagerbedingungen für Schläuche

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Sicherstellen, dass es der richtige Schlauch ist: Werkstoff, Temperatur- & Druck-Zulassung
- Sichtprüfung des Schlauchs vor Verwendung auf Korrosion, Abnutzung oder mechanische Beschädigungen
- Schläuche (inkl. Verbindungsstücke) für gefährliche Stoffe sollten regelmäßig durch befähigte Personen oder zugelassene Stellen geprüft werden.
- Keine Schläuche verwenden bei sehr giftigen Chemikalien (z.B. Phosgen)
- Schläuche müssen beschriftet sein und in die regelmäßige Wartung einbezogen werden
- Nicht benützte Schläuche müssen korrekt gelagert werden, mit dem geeigneten Biegeradius, gerade herabhängend oder gerade liegend
- Schläuche dürfen nicht verdreht oder mit Gewalt verknüpft werden
- Sorgfältige Verlegung von Schläuchen und dabei Vermeidung von Schwingungen im Betrieb
- Schläuche präventiv ersetzen; wo nötig, alte Schläuche entsorgen
- Vor Öffnen der Schlauchverbindung, korrektes Entspannen verifizieren



# Betreiben im sicheren Betriebsfenster



## Was ist die Gefährdung:

Gefährliche Reaktionen, Freisetzungen, Schäden an Apparaten verursacht durch Verlassen des sicheren Betriebsfensters der zulässigen Parametergrenzen (P, T, L, ...)

## Wann ist das relevant:

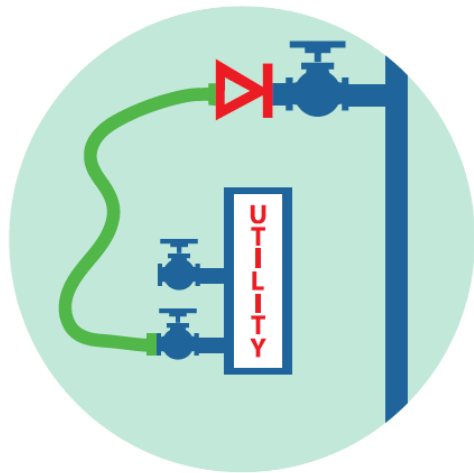
Abweichungen vom Normalbetrieb, Betrieb in Übergangsperioden, Batch-Prozesse, An-/Abfahren, Prozessänderungen

## Herausforderungen in der Praxis:

- Grenzen des sicheren Betriebsfensters nicht genau bekannt oder nicht ermittelt
- MOC-Änderungsprozess nicht befolgt
- Produktionsdruck

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Für alle wichtigen Prozessparameter und alle Betriebszustände Festlegung sicherer Betriebsgrenzen und Bereitstellung dieser Informationen für die Anlagenfahrer
- Sicherstellen, dass alle Mitarbeiter die kritischen Prozessparameter und die Folgen von Abweichungen verstehen, die zu Anlagenschäden oder Stofffreisetzungen führen können
- Für kritische Prozess-Parameter Festlegung von Alarmen und Sicherheitsschaltungen/ Verriegelungen
- Definition von Maßnahmen, welche die Prozessabweichung wieder zurück in den sicheren Bereich bringen
- Das Überschreiten sicherer Betriebsgrenzen erfassen und Gründe untersuchen
- Chemische Gefahren bei Prozessabweichungen verstehen, Kompatibilitätsmatrix der chemischen Stoffe bereitstellen



# Betriebsmittelnetze gegen Rückströmung absichern



## Was ist die Gefährdung:

Bei der temporären Schlauchanbindung von Hilfsenergien können gefährliche Stoffe durch Rückströmung in Betriebsmittelnetze (z.B. N<sub>2</sub>, Luft, etc.) gelangen

## Wann ist das relevant:

Beim Inertisieren, Spülen und Reinigen von Apparaten und Rohrleitungen mit Hilfsenergien.

Beim Freispülen vor Probenahmen.

## Herausforderungen in der Praxis:

- Ungenügende Kenntnisse der Druckverhältnisse und Absicherungen der Betriebsmittelnetze
- Verfügbarkeit von Hilfsenergie-Verteilern & Schläuchen in Griffweite
- In Gefährdungsbeurteilungen nicht identifizierte Gefährdungen

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Sich der Kontaminationsgefahr von Betriebsmittelnetzen durch Prozesschemikalien (flüssig oder gasförmig) bewusst sein
- Kenntnis der Drücke in den Betriebsmittelnetzen und im Prozess und deren möglicher Schwankungen während des Betriebs
- Festlegung geeigneter Absicherungen gegen Rückströmung, mindestens eine Rückschlagklappe
- Entfernen der Schlauchverbindung vom Prozess direkt nach Beendigung des Vorgangs
- Schläuche, die routinemäßig im Normalbetrieb verwendet werden, sollten dieselben Kriterien der Druckfestigkeit und Chemikalienbeständigkeit wie die fest installierten Anlagenteile erfüllen
- Bei fest an den Prozess verrohrten Hilfsenergien Betrachtung von Rückströmung im Änderungsmanagement (MoC) und bei HAZOP Studien



# Mängel an Sicherheitseinrichtungen melden



## Was ist die Gefährdung:

Sicherheitseinrichtungen sind entscheidend für das Verhindern schwerer Ereignisse oder Abmildern von deren Auswirkungen, und müssen zuverlässig funktionieren

## Wann ist das relevant:

Mängel an Sicherheitseinrichtungen oder deren Wartung und Überprüfung

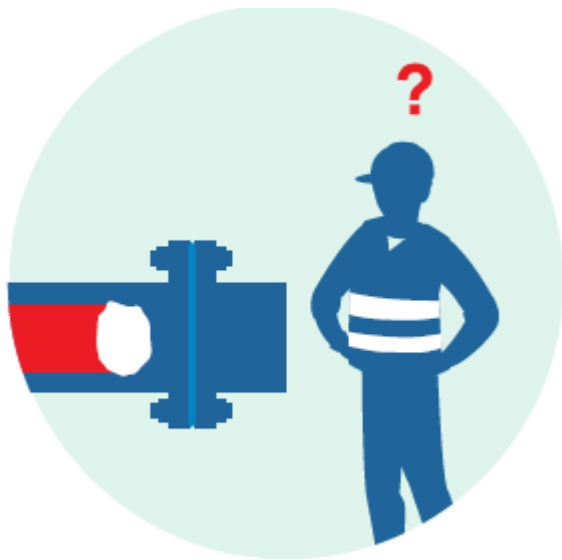
## Herausforderungen in der Praxis:

- Für Wartungsarbeiten oder Prüfungen können Anlagenstillstände erforderlich sein
- Unkenntnis der Bedeutung der Sicherheitssysteme für die Sicherheit des Prozesses
- Versagensmöglichkeit unterschätzt – keine Prüfungen durchgeführt
- Nicht ablesbare Sensorik, z.B. Belag auf Sichtglas

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Festlegung und Kennzeichnung der Sicherheitseinrichtungen
- Gewährleistung, dass Anlagenfahrer die Gefährdungen und Sicherheitseinrichtungen kennen und die Regeln für deren Bedienung respektieren.
- Definition von Prüfprotokollen und Prüffrequenzen für Sicherheitseinrichtungen
- Meldung von Fehlern und Abweichungen von Sicherheitseinrichtungen (auch während der Überprüfung)
- Evtl. Unterbrechung des Betriebs bei Zweifeln an der Funktion
- Im Falle eines Weiterbetriebs, Umsetzen von Ersatzmaßnahmen mit Freigabe im festgelegten Genehmigungsprozess
- Priorität für Mängelbeseitigung an Sicherheitseinrichtungen
- Schadensanalyse in allen Fällen, bei denen Sicherheitseinrichtungen versagen
- Fortlaufende Erfassung von nicht betriebsbereiten Sicherheitseinrichtungen in einer stets zugänglichen Liste





# Verstopfungen sicher entfernen



## Was ist die Gefährdung?

Für das Entfernen von Verstopfungen ist oft das Öffnen von Anlagenteilen erforderlich. Dabei kann es zur unerwarteten Produktfreisetzung kommen, z.B. durch Einschlüsse oder Ablagerungen.

## Wann ist das relevant?

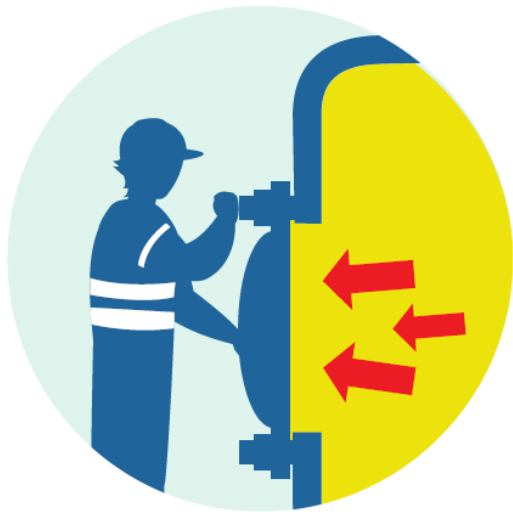
Bei verstopften Rohrleitungen oder Apparaten, z. B. durch Verschmutzung, Fouling, unerwünschte Polymerisation, Festwerden ( $T < \text{Schmelzpunkt}$ ), Rost, verlorene Gegenstände nach Wartungsarbeiten usw.

## Herausforderungen in der Praxis:

- Verringerter oder kein Durchfluss
- Keine spezifische Betriebsanweisung oder Praxiserfahrung verfügbar
- Durchführung bei laufender Anlage

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Prüfen, ob die Produktion gestoppt werden muss, bevor die Verstopfung entfernt werden kann
- Beginn der Arbeiten nur NACH Gefahrenanalyse und NUR mit genehmigtem Arbeitsplan/Erlaubnisschein
- Zunächst versuchen, die Ursachen der Verstopfung herauszufinden
- Gefährdungsbeurteilung beim Entfernen der Verstopfung und Notfallplan für den Fall unerwarteter Produktfreisetzungen
- Beachten, dass durch die Ablagerungen Messgeräte ggf. falsche Werte anzeigen oder Sicherheitsventile blockiert sein können
- Selbst bei geöffneter Anlage kann sich hinter der Verstopfung noch Produkt unter hohem Druck befinden !
- Anwendung der Anweisungen und der Grundsätze für das sichere Öffnen der Anlage (Trennstellenplan, Anweisung „Line Breaking“)
- Für das Freiblasen von Rohrleitungen und Anlagenteilen nur sichere Gase einsetzen



# Aus der Schusslinie bleiben



## Was ist die Gefährdung?

Schwere Verletzungen bei unerwarteter Druckentlastung, Chemikalien-Freisetzung, oder unerwarteter Bewegung von Objekten (z.B. Mannloch); bei Vakuum Gefahr des Einsaugens.

## Wann ist das relevant?

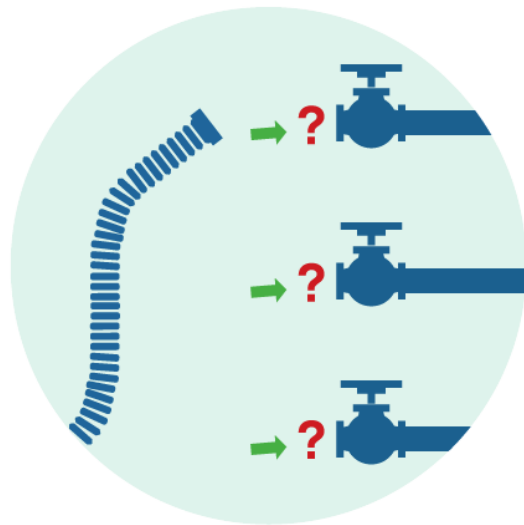
In Anlagenteilen unter Druck oder Vakuum

## Herausforderungen in der Praxis:

- Schlecht ausgelegte Sicherheitsventile und Emissionspunkte (z.B. Fackel), die nicht an einen sicheren Ort entlasten
- Verklemmte, festgefahrene Mannlöcher
- Korrodierte Schrauben an Flanschen

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Gefahrenbereiche um mögliche Freisetzungstellen festlegen, wie unter schwebenden Lasten, z.B. durch Linien oder farbige Bodenflächen
- Halte dich nicht unnötig in Bereichen der Anlage auf, aus denen Druck, Wärme oder Chemikalien freigesetzt werden können (z.B. Sicherheitsventile, Druckentlastungsöffnungen/ Berstscheiben, hohe Wärmestrahlung aus Fackeln oder unter Druck stehenden Stopfen, 'Wasserhammer/Joukowski Stoß')
- Vorsicht beim Öffnen von Anlagenteilen (z.B. durch richtige Position des eigenen Körpers)
- Absperrungen und Hinweisschilder vorsehen, um zu verhindern, dass Personen versehentlich den Gefahrenbereich betreten
- Sicherstellen, dass Sicherheitsventile an einen sicheren Ort entlasten
- Beim Öffnen von Flanschen zuerst die Schrauben lösen, die am weitesten entfernt sind



# Sicheres Be- und Entladen



## Was ist die Gefährdung?

Austritt gefährlicher Stoffe durch Überfüllung oder Leckagen. Bei Verwechslungen Mischung unverträglicher Chemikalien, die unerwünschte Reaktionen oder Bildung giftiger Reaktionsprodukte nach sich ziehen können

## Wann ist das relevant?

Beim Be- und Entladen von Chemikalien; Beim Befüllen von Tanks, Behältern, Tanklastzügen oder Bahnkesselwagen, Abfallbehandlung

## Herausforderungen in der Praxis:

- Unklare Anweisungen, Wissenslücken, unzureichende Einweisung des (Logistik-)Kontraktors
- Korrekte Verrohrung von der Quelle bis zur Senke
- Verwechslung durch ähnliche Produktnamen oder unklare Beschriftung des zu ladenden Stoffes

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Sicherstellen der richtigen Chemikalie, z.B. durch Laboranalyse, Inline-Analyse (z.B. Dichte), Zertifikate und Begleitdokumente, Barcode, eindeutiges Etikett
- Spezifische Betriebsanweisung mit Checkliste für Be- und Entladeprozesse
- Einsatz von verwechslungssicheren Schlauch/Rohrkupplungen für gefährliche Chemikalien (z. B. Chlor, Ammonium), um falsche Verrohrungen zu vermeiden
- Farbcodes (oder scanbare Barcodes) für Rohrleitungen, Schläuche und Verbindungspunkte
- Nur erfahrene Firmen für den Transport von Chemikalien beauftragen, die regelkonform arbeiten.
- Klare Anweisungen bei Einsatz von Kontraktoren für das Be- und Entladen
- Sicherstellung, dass der aufnehmende Behälter über ein ausreichendes Volumen verfügt
- Verwendung einer Verträglichkeitsmatrix, um die Gefahren beim Mischen chemisch unverträglicher Stoffe zu erkennen



# Prüfen auf Ex-Atmosphäre im Brennraum vor der Zündung



## Was ist die Gefährdung?

Explosion beim Zünden, wenn im Brennraum eines Ofens zu große Mengen brennbarer Gase vorliegen, z.B. beim zweiten Zünden, wenn der erste Zündversuch missglückt ist.

## Wann ist das relevant?

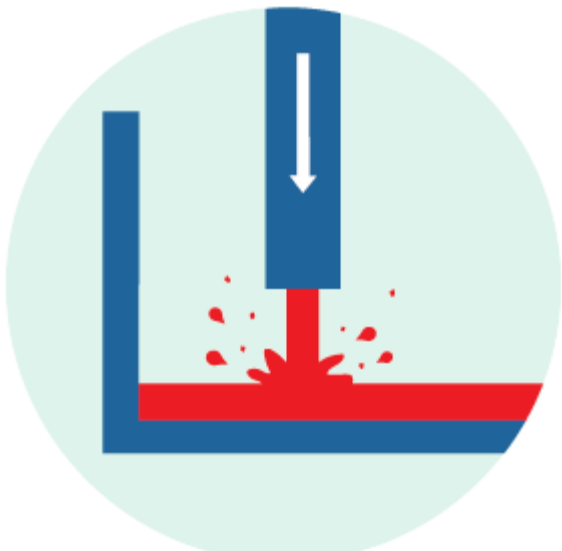
Beim Anfahren des Brenners nach einer Betriebsunterbrechung oder einer längeren Abstellung

## Herausforderungen in der Praxis:

- Mangelnde Zuverlässigkeit von Messgeräten
- Fehlende oder unklare Anweisungen und betriebliche Vorgehensweisen
- Start des Brenners unter Zeitdruck, um eine Betriebsabstellung zu vermeiden

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Brennräume müssen vor dem Zünden gut mit Luft gespült werden, um alle Gase zu entfernen und eine explosionsfähige Atmosphäre zu vermeiden.
- Betriebsanweisungen für das Anfahren von Öfen müssen für alle verfügbar und auf dem neuesten Stand sein. Das ordnungsgemäße Anfahren der Öfen sollte regelmäßig überprüft werden.
- Probleme bei Brennern mit vollautomatischen Steuerungen (Brenner Management Systeme) und Abweichungen vom Startvorgang sofort melden.
- Begrenzung der Zahl der Zündversuche und Sicherstellen, dass genügend Zeit zwischen den Zündversuchen zur Verfügung steht.
- Dichtigkeitsprüfung der Gasversorgungsleitungen VOR Inbetriebnahme des Brenners
- Überprüfung der Brennkammer vor der Zündung mit einem Ex-Meter
- Brücken von Sicherheitsschaltungen (z.B. Flammenwächter, Gasüberwachung) nur mit den festgelegten Freigaben und der erforderlichen Sorgfalt.
- Begrenzung der Personenanzahl im Gefahrenbereich während des Anfahrens des Brenners auf das notwendige Minimum
- Zeitdruck beim Anfahren/Start von Brennern vermeiden.



# Keine Behälterbefüllung im Freistrah



## Was ist die Gefährdung?

Beim nicht-getauchten Befüllen von Tanks mit nicht-leitenden, brennbaren Flüssigkeiten entstehen elektrisch geladene Tröpfchen, die eine explosionsfähige Atmosphäre entzünden können

## Wann ist das relevant?

Bei Befüllvorgängen mit nicht-leitenden, brennbaren Flüssigkeiten und Ladungstrennung infolge verspritzender Flüssigkeit

## Herausforderungen in der Praxis:

- Unkenntnis elektrostatischer Vorgänge
- Ungünstige Apparateauslegung, z.B. bzgl. Tauchrohr oder Förderpumpe
- Unklare Abstimmung zwischen Lieferant und Abnehmer

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Begrenzen der Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung zu Beginn des Befüllens auf unter 1 m/s. Dadurch wird die gefährliche elektrostatische Aufladung der Tröpfchen und Funkenbildung vermieden
- Beim Beladen von Schiffen muss der zulässige Förderstrom vereinbart werden, unter Berücksichtigung des Leitungsdurchmessers
- Straßentanker, Rohrleitungen, Behältern müssen zuverlässig geerdet werden.
- Bei Unterspiegelabfüllung (getauchtes Füllrohr) wird verspritzende Flüssigkeit vermieden und die Fördergeschwindigkeit kann erhöht werden.
- Durch Inertisierung des Tanks wird explosionsfähige Atmosphäre vermieden.
- Besonders gefährlich sind brennbare Flüssigkeiten mit geringer Leitfähigkeit (z.B. Benzol, Kerosin, Butan, Heptan), da sie mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden und elektrostatische Ladungen nur langsam ableiten.



# Vermeiden von durchgehenden Reaktionen



## Was ist die Gefährdung?

Sehr hohes Schadenspotential. Z.B. Explosion Moerdijk PO Anlage 2014; Bhopal, Seveso Ereignisse infolge durchgehender exothermer Reaktionen.

## Wann ist das relevant?

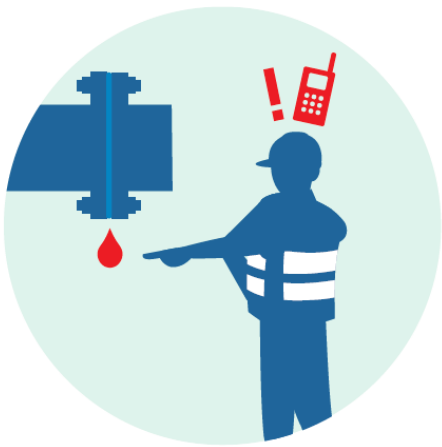
Exotherme Batch-Reaktionen, Lagerung von reaktiven Chemikalien (z.B. Selbstpolymerisation von Monomeren), Zersetzung von Stoffen, nicht erkannte Nebenreaktionen

## Herausforderungen in der Praxis:

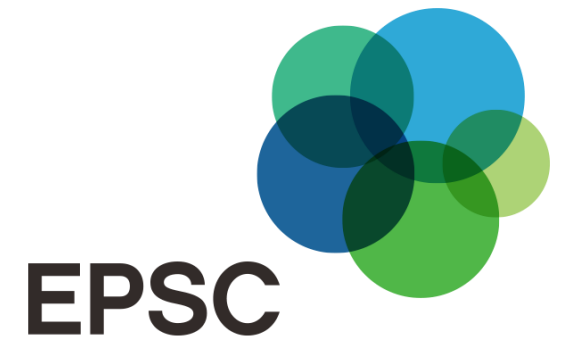
- Veränderte/nicht bekannte Reaktionsmechanismen bei erhöhten Temperaturen.
- Die Wärmeabfuhr ist beeinträchtigt (z.B. durch Fouling) oder kann eine stark ansteigende Wärmeentwicklung nicht mehr bewältigen.

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Ermitteln der Reaktionsmechanismen und Nebenreaktionen bei abweichenden Prozessbedingungen (z.B. bei erhöhter Temperatur).
- Da die Kühlung mit steigender Temperatur nur linear ansteigt, die Wärmeentwicklung der Reaktion aber exponentiell, gibt es einen „point of no return“ ab dem die Wärme nicht mehr abgeführt werden kann. Sicherstellen, dass dieser Punkt bekannt ist und genügend Abstand zu ihm eingehalten wird.
- Sicherstellen, dass die Daten aller beteiligten Reaktionen für die Wärmebilanz verfügbar sind (z. B. DSC/DTA-Kurven).
- Untersuchung der Auswirkungen bei Fehlfunktion der Reaktorkühlung
- Reaktionsmatrix verwenden, damit die Anlagenfahrer wissen, welche kritischen Stoffkombinationen zu vermeiden sind.
- Sicherstellung einer zuverlässigen Reaktorkühlung, ggf. mit einer Reservekühlung
- Reaktionsstopper (Inhibitoren) zur Reaktionsunterbrechung
- Prüfen, ob Schadensbegrenzungsmaßnahmen eingesetzt werden können, wie z.B. Berstscheiben oder Kammerungen
- Bei außer Kontrolle geratener Reaktion: Schnell den Gefahrenbereich räumen!



# Melden aller Sicherheitsereignisse in der Anlage



## Was ist die Gefährdung?

Duldung oder Ignorieren von kleinen Leckagen, Beinahe-Unfällen und anderen Ereignissen, die für die Anlagensicherheit relevant sind. Ob schwere Unfälle daraus werden ist oft nur Zufall.

## Wann ist das relevant?

Bei Handhabung von Gefahrstoffen, Anlagen mit Prozessgefahren; Umgang mit Stoffaustritten; Aktivierung von Sicherheitsbarrieren

## Herausforderungen in der Praxis:

- Fehlende Lernkultur, die alle Mitarbeiter bei der Sicherheit einbezieht
- Produktionsdruck
- Mangelhafte Nachverfolgung und Rückmeldung zu den vereinbarten Korrekturmaßnahmen
- Komplizierte Systeme für die Ereignismeldung

## Mögliche Maßnahmen für die richtige Umsetzung:

- Schaffen einer Kultur, in der die Meldung unangenehmer Vorkommnisse als positiver Wertbeitrag zur Verbesserung der Sicherheit gesehen wird. Dafür muss ausreichend Zeit bereitgestellt werden.
- Meldung aller Produktfreisetzungen in einer leicht bedienbaren Datenbank
- Abarbeitung der festgelegten Korrekturmaßnahmen mit Rückmeldung
- Stoffaustritte sollten entsprechend der einschlägigen Regeln klassifiziert werden, und durch eine Leistungskennzahl mit einem Zielwert verfolgt werden
- Auch andere sicherheitsrelevante Vorkommnisse sollten erfasst und ausgewertet werden, d.h. die schwachen Signale oder ‚Frühindikatoren‘, zum Beispiel:
  - Kleinstleckagen
  - Ausfälle von Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgerichtete Schaltungen, Druckentlastungseinrichtungen, etc.)
  - Aktivierung von Sicherheitseinrichtungen (z.B. Sicherheitsgerichtete Schaltungen)
  - Kleinstbrände, Druckstöße in Leitungen, Vibrationen, Korrosion
  - Prozessdrücke oder Prozesstemperaturen außerhalb der Auslegungsgrenzen
  - Geschlossen oder offen gesicherte Armaturen nicht in der richtigen Position
  - Langanhaltende oder zu häufig auftretende, störende Alarme
  - Potentielle Zündquellen in ausgewiesenen explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Zonen); sonstige ATEX-Mängel
  - Abweichungen von sicherheitskritischen Abläufen und Vorgehensweisen