Leitfaden zu den sicherheitstechnischen Anforderungen der ChemCar Wettbewerbe

Rev. 8

ChemCar 2020

INBUREX Consulting
Gesellschaft für
Explosionsschutz und
Anlagensicherheit mbH

August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm
Telefon: +49 (0)2381 973 11 0
Telefax: +49 (0)2381 973 11 99
E-Mail: infos@inburex.com
Internet: www.inburex.com

Geschäftsführer:
Dr. Bernd Broeckmann
Dr. Klaus Hermann
Dipl.-Ing. (FH) Jörg Meistes
Sitz der Gesellschaft: Hamm
Amtsgericht Hamm HRB 1523

Dieser Leitfaden listet Fragestellungen, Dokumentationen und Nachweise auf, die zur sicherheitstechnischen Betrachtung der eingereichten ChemCar-Konzepte erforderlich sind. Ohne diese ist eine qualifizierte Bewertung der Konzepte nicht möglich und eine Sicherheitsfreigabe kann nicht erteilt werden.

Zur Verdeutlichung ist am Ende dieses Leitfadens exemplarisch die Dokumentation der technischen Daten eines ChemCar-Teams aus den vergangenen Jahren, inklusive der Berechnungen zur Abschätzung der entstehenden Reaktionswärme sowie des maximal zu erwartenden Druckes, aufgeführt (s. Kapitel 7 - 9). Diese ist jedoch nur als Beispiel für die äußere Form sowie für die Ausführlichkeit der Dokumentation zu verstehen, eine (inhaltliche) Übertragung 1 zu 1 ist in keinem Fall möglich.

1. Druck

- Druckeinheiten
  - Es ist auf eine konsistente Verwendung der Einheit für den Druck zu achten – Absolutdruck [bar_{abs}] oder Relativdruck [$bar_{ü}$]
- Betriebsdruck
  - Wie groß ist der Druck im Normalbetrieb des ChemCars?
    Es ist immer ein Druck anzugeben und zu beschreiben, warum dieser Druck im Normalbetrieb vorliegt.
- Maximal zu erwartender Druck
  - Wie groß kann der Druck bei geschlossenem Druckbehälter durch die Reaktion maximal werden?
    Hierbei ist das worst-case Szenario zu betrachten. Bitte sinnvoll beschreiben, welche Annahmen für den worst-case getroffen wurden.
- Drucktest / Herstellerzertifikat
  - Fügt die Ergebnisse des durchgeführten Drucktests an oder legt ein Herstellerzertifikat bei. Bei Verwendung eines Drucksystems kann es trotz vorhandenem Herstellerzertifikat dazu kommen, dass ein Drucktest für das Gesamtsystem notwendig ist. Die Anforderungen an den Drucktest, sowie die Durchführung können den ChemCar Safety Rules entnommen werden.
  - Sofern zutreffend: nachvollziehbar begründen, warum ein Drucktest nicht notwendig ist.

- Sicherheitsventil
  - Die kompletten Berechnungen zur Auslegung des verwendeten Sicherheitsventils (z. B. nach AD Merkblatt A2) müssen nachvollziehbar vorgelegt werden. Nicht nur die Ergebnisse!
  - Sofern zutreffend: nachvollziehbar begründen, warum ein Sicherheitsventil nicht notwendig ist.
- Druckmesser / -anzeige
  - Stellt sicher, dass das ChemCar über eine geeignete Druckmessung / -anzeige verfügt und achtet darauf, dass diese auch im R&I-Fließbild erfasst ist / sind. An den ChemCars müssen in jedem Zustand (z. B. insbesondere bei einem liegengebliebenen ChemCar) die inneren Druckverhältnisse abgelesen werden können.
  - Sofern zutreffend: nachvollziehbar begründen, warum ein Druckmesser / -anzeige nicht notwendig ist.
- In Übereinstimmung mit den ChemCar Safety Rules ist darauf zu achten, dass das Druckinhaltsprodukt (Druck * Volumen) nach Möglichkeit 50 [bar * l] nicht überschreitet (→ Gültigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU; Richtlinie 2009/104/EG, Betriebssicherheitsverordnung). Für die Berechnung ist der maximal zu erwartende Druck (worst case) anzunehmen. Bei Überschreitung ist zu empfehlen, Rücksprache mit dem Orgateam zu halten.

2. Temperatur

- Temperatureinheiten
  - Es ist auf eine konsistente Verwendung der Temperatureinheit zu achten – absolute Temperatur [K] oder relative Temperatur [°C]
- Maximaltemperatur
  - Wie hoch ist die maximal zu erwartende Temperatur während des Betriebs?
    Die kompletten Berechnungen sowie die Berechnungsgrundlagen sind anzugeben.
    Es ist immer eine Temperatur anzugeben und zu beschreiben, warum diese im Normalbetrieb vorliegt.
- Thermisches Gefahrenpotential
  - Werden Flamm- oder Zündpunkte eines oder mehrerer Stoffe erreicht?
  - Besteht die Gefahr, dass es zu thermischer Zersetzung eines oder mehrerer Stoffe kommen kann? Welche Zersetzungsprodukte entstehen?

- Welche Folgereaktionen können einsetzen?
- Wie groß sind die entstehenden Temperaturen in diesem Fall?

- Adiabate Temperaturerhöhung / -erniedrigung
  - Ist die verwendete Reaktion exotherm oder endotherm?
  - Welche Reaktionskinetik liegt der Reaktion zu Grunde?
  - Welche Temperaturerhöhung / -erniedrigung ist unter adiabaten Bedingungen zu erwarten? (Hierbei ist die vollständige Umsetzung bei der maximalen Einsatzmenge der Edukte zugrunde zu legen.)
  - Die Ergebnisse der Temperaturerhöhung / -erniedrigung sind zu diskutieren.
- Heiße Oberflächen
  - Welche Temperaturen können an zugänglichen Oberflächen entstehen?
  - Kann es durch heiße Oberflächen zu Verbrennungen kommen (Richtwert: T > 60 °C)?
  - Ist ein Berührschutz notwendig?
- Kalte Oberflächen
  - Wie stark kühlen sich zugängliche Oberflächen ab (durch Reaktionen oder Befüllvorgänge)?
  - Kann es zu Verletzungen durch kalte Oberflächen kommen z. B. Erfrierungen oder Kaltverbrennungen (Richtwert: T < 0 °C)?
  - Ist ein Berührschutz notwendig?

3. Emissionen

- Abgasemission
  - Werden vor, während oder nach dem Betrieb Abgase freigesetzt?
    Welche Abgase werden freigesetzt (z. B. CO_2, CO, O_2…)?
  - Welche Mengen werden maximal freigesetzt (Berechnungen mit angeben)?
  - Welche maximalen Gaskonzentrationen können durch die Gasemissionen im Umfeld entstehen?
  - Wie hoch sind die Grenzwerte für den austretenden Stoff (→ Toxizität)?
    Bitte Grenzwerte angeben und diskutieren.
  - Ist die vorhandene Lüftung ausreichend, um eine Gefährdung durch die austretenden Stoffe zu mindern bzw. zu vermeiden?
  - Sofern zutreffend: Bitte das Rückhaltekonzept für Gase beschreiben, die nicht in die Umgebung freigesetzt werden dürfen.

- Schallemission
  - Wie hoch ist die maximal zu erwartende Schallpegel während des Betriebs?
  - Kann es durch die Schallbelastung zu Verletzungen / Beeinträchtigungen kommen (Durchführende und Zuschauer)?

4. Verfahrensweise

- Befüllen / Dosieren
  - Wie wird der Reaktor befüllt?
  - Wie werden die Edukte dosiert?
  - Kann es zu einer Fehlbefüllung/ -dosierung kommen?
  - Welche Folgen kann eine Fehlbefüllung/ -dosierung haben?
- Leckagen/ Unbeabsichtigte Freisetzung
  Hier ist ausschließlich die Freisetzung während des Betriebes – Wettbewerb im Veranstaltungssaal – gemeint.
  - Welche Gefahren können durch eine Leckage oder unbeabsichtigte Freisetzung entstehen?
  - Wie werden unbeabsichtigte Freisetzungen (insbesondere Flüssigkeitsleckagen) zurückgehalten?
  - Gibt es ein Rückhaltekonzept, bspw. Auffangwannen?
  - Wie ist bei einer Leckage oder einer unbeabsichtigten Freisetzung vorzugehen?
  - Welche persönliche Schutzausrüstung ist notwendig?
  - Der Umgang mit Leckagen oder unbeabsichtigter Freisetzung während der Arbeiten am ChemCar im Vorbereitungsraum sind der Vollständigkeit halber ebenfalls zu beschreiben.
- Mechanische Funktionen
  - Wie wird die Kraft übertragen?
  - Was geschieht bei einer mechanischen Blockade z. B. der Räder? Kann hierdurch eine gefährliche Situation entstehen?
- Bestimmungsgemäßer Betrieb
  - Wie ist der bestimmungsgemäße Betrieb des ChemCars definiert?
  - Wie ist es gedacht, dass das ChemCar – nach Durchführen der Start-Aktion vor dem Lauf – mit Energie versorgt wird, sich in Bewegung setzt, in Bewegung bleibt und schließlich anhält?
  - Wie ist der Materialfluss während des bestimmungsgemäßen Betriebs?

- Notstopp
  - Gibt es einen Notstopp-Mechanismus?
  - Wie und wann wird dieser bedient?

5. Dokumentation

- Notwendige Dokumente
  - Eine genaue Beschreibung der Funktionsweise des ChemCars
  - Eine Fotographie oder Zeichnung des ChemCars (auch unfertiges ChemCar als Status Quo – Bitte Datum und Zustand des ChemCars angeben)
  - Ein Blockfließbild des Prozesses
  - Sicherheitsdatenblätter aller vorhandenen Stoffe (sowohl eingesetzte als auch entstehende) – Aktualität beachten (idealerweise sollten die SDBs nicht älter als 2 Jahre sein!)
  - H & P-Sätze (in Schriftform)
  - Zusammenfassung aller verwendeten Substanzen mit Mengenangaben in einem Gefahrstoffkataster
  - R&I-Fließbild des ChemCars. Auf Vollständigkeit achten (Rohrleitungen, Beschriftungen etc.). Bitte den Unterschied zu einem Blockfließbild beachten.
- Funktionsweise
  - Beschreibung der relevanten Anlagenteile (Turbine, Safety-Bags etc.) und deren Funktionsweise
- Betriebsanweisung
  - Betriebsanweisung nach TRGS 555 und GefStoffV § 14 für die verwendeten Edukte, Produkte und eventueller Hilfsstoffe. In einer Betriebsanweisung sollen kurz die Gefahren (explosionsgefährlich, brandfördernd, toxisch etc.), zu vermeidende Zustände, Umgang, Transport, Handhabung sowie die Entsorgung eines Stoffes erläutert werden. Aus der Betriebsanweisung muss hervorgehen welche persönliche Schutzausrüstung minimal erforderlich ist. Ein Beispiel für eine Betriebsanweisung ist in Kapitel 9 abgelegt.
    ► Ein Sicherheitsdatenblatt ist keine Betriebsanweisung, kann aber als Informationsquelle bei der Erstellung der Betriebsanweisung verwendet werden (vgl. Anhang zur TRGS 555)!!!
- Reaktionsgleichung
  - Gebt die vollständige (!) Reaktionsgleichung, inklusive aller Nebenreaktionen und Zwischenprodukte an

- Berechnungen
  - Sämtliche Rechenwege sind anzugeben (maximale Temperatur, maximaler Druck, Temperaturerhöhung etc.). Nicht nur die Ergebnisse.
    Bei der Verwendung von Excel bitte auf die Nachvollziehbarkeit der eingereichten Dokumentation achten!
- Materialeignung
  - Sind die verwendeten Materialien geeignet?
  - Kann es durch eingesetzte oder entstehende Stoffe zu einer Korrosion oder Versprödung von Bauteilen kommen?
  - Sind die verwendeten Materialien für die Temperaturbereiche geeignet?

Hinweis:
Sämtliche Bauteile des ChemCar müssen in diesem Zusammenhang betrachtet werden. Für alle Bauteile, die mit Stoffen / Chemikalien (Edukte, Zwischenprodukte, Produkte) in Kontakt kommen können, ist die Materialeignung nachzuweisen, d. h. es ist zu klären, ob es unter den Einsatzbedingungen zu Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Materialien und den Stoffen / Chemikalien kommen kann. Hierbei sind insbesondere auch Havarien oder Fehlfunktionen des ChemCars in die Betrachtung mit einzubeziehen, d. h. ist die sichere Rückhaltung von austretenden Stoffen gewährleistet?! Kann es zu Wechselwirkungen zwischen den austretenden Stoffen und den Rückhalteeinrichtungen kommen und die Funktion der Rückhaltung signifikant beeinträchtigen?

Der Nachweis über die Materialverträglichkeit (Herstellerangaben, Laborversuche etc.) insbesondere mit den Chemikalien (→ Edukte, Produkte UND Zwischenprodukte!!!) **ist als unabdingbarer Teil des Sicherheitskonzeptes einzureichen.**
Sofern Listen über die Materialverträglichkeit eingereicht werden, sollte diese eindeutig hervorgehoben werden. Es muss keine vollständige Liste eingereicht werden, das Deckblatt sowie die erforderliche Seite (mit Markierung) sind ausreichend.

6. Gefährdungsbetrachtung

Eine Gefährdungsbeurteilung hat den Sinn und Zweck, den bestimmungsgemäßen Betrieb sowie etwaige Störungen abzudecken. Die Auswirkungen einer Störung sind dabei auf den Anwendungsfall zu beziehen. Ein Verweis auf das Sicherheitsdatenblatt (allgemeiner Anwendungsfall) reicht nicht aus!

Neben den aus den verwendeten Stoffen entstehenden Gefahren (z. B. Explosionsgefahr), sollen auch solche betrachtet werden, die durch Materialeigenschaften (Glasbehälter ► Splitterschutz) oder Bauteile (schnell rotierendes Bauteil ► Abdeckung) entstehen können.

Beispiel für eine Gefährdungsbetrachtung (Safety-Analysis Form):

Sequence of Steps	Potential Hazards	Procedure to Control Hazard	PPE or Equipment Required
Emergency shut-down			
	Hazard A (z. B. Druckanstieg)	Procedure A (z. B. Stoppen der Eduktzuleitung, Öffnen der Sicherheitsventile)	PPE A, B, C (z. B. Schutzbrille, Laborkittel, Schutzhandschuhe)
Start-Up Procedure			
Run Time Procedure			
Shutdown Procedure			
Cleanup / Waste Disposal			

Beispiel für ein Gefahrstoffkataster

Chemical Information Page

Fill in as much data below as available. **Be sure to list the units!** If data are not available, leave the field blank.
Material safety Datasheet (MSDS/SDS) for each named hazardous material is mandatory.

Chemical Quantities: List below the chemical names, concentrations, and total quantity of chemical required for the competition.

Chemical Name	Chemical State Solid, Liquid, Gas	Concentration Required	Total Quantity Required for Competition	Specific Personal Protective Equipment / Remarks

Chemical Properties and Hazards for ALL CHEMICALS, including reactants, solvents. intermediates and products.

Chemical Name	Physical State S, L, G	GHS Symbol(s)	H&P- Statements (No. only)		Incompatible Chemicals List chemicals present within the laboratory, and any others that may come in contact.	Flash Point Temp.
			Hazard Statements	*Precautionary Statements*		

<u>Allgemeine Hinweise zu Anfertigung des Sicherheitskonzeptes</u>:

- Bei der Erstellung des Sicherheitskonzeptes inkl. der Gefährdungsbeurteilung sind die unter 1. – 6. formulierten Fragen und Hinweise zu beantworten. Die Auflistung ist **<u>nicht</u>** als **<u>abschließend</u>** zu betrachten, d. h. Gefährdungen, die sich aus dem speziellen Anwendungsfall des ChemCars ergeben, sind darüber hinaus selbständig zu ermitteln und zu diskutieren.
- Das Sicherheitskonzept inkl. der Gefährdungsbeurteilung ist als Freitext zu erstellen.

7. Beispiel: Berechnung thermisches Gefahrenpotential

Calculation:

Berechnungstabelle ChemCar	
1.Parameter	
Wegstrecke	20 m
Zeit	30 s
2.Geometrien	
Raddurchmesser	0,2 m
Kolbenhub	0,35 m
Anzahl der Umdrehungen	31,83
Durchmesser des Zylinders	0,008 m
benötigtes Volumen	0,00056 m³
3.Fahrzeug Daten	
Gewicht	5 kg
zusätzliches Gewicht (Faktor)	0,3
Gesamtgewicht	6,5 kg
4.Dynamische Berechnung	
Kinetische Energie	1,44 J
Geschwindigkeit	0,667 m/s
Gravitationskonstante	9,81 m/s²
Reibbeiwert	0,6
Reibenergie	765,18 J
Wirkungsgrad	0,3
bebötigte Leistung	2555,41 W
benötigte CO2-Menge	1,01 mol
Gaskonstante R	8,314 J/mol/K
Temperatur	303,75 K

p*V=R*n*T
n=p*V/(R*T)

5. Stoffwerte

Reaktion: 2 HCl + K2CO3 --> 2 KCl + H2O + CO2

Edukte	Masse [g]	Massenanteil	Molare Masse [g/mol]	Stoffmenge [mol]	Stöchiometrischer Koeffizient	freie Gibbs-enthalpie [kJ/mol]	Standard-bildungs-senthalpie [kJ/mol]	Volumen [dm³]
Salzsäure	368,947	0,2000	36,461	2,024	-2	-93,8	-92,31	
Kaliumcarbonat	289,637	0,5000	138,21	1,048	-1	-1065,4	-1151	
Wasser	1765,424		18	98,079	1	-237,2	-285,83	

Produkte	Masse [g]		Molare Masse [g/mol]	Stoffmenge [mol]	Stöchiometrischer Koeffizient	freie Gibbs-enthalpie [kJ/mol]	Standard-bildungs-enthalpie [kJ/mol]	Volumen [dm³]
Kohlenstoffdioxid	44,533		44,01	1,012	1	-394,5	-393,5	22,67
Kaliumchlorid	150,875		74,551	2,024	2	-406,6	-436	
Wasser	18,214		18	1,012	1	-237,2	-285,8	
Molverhältnis Wasser/Carbonat	16,8947							

6. Reaktionstechnische Werte	
Reaktionswärme	-872,45 kJ
freie Reaktionsenthalpie nach Gibbs	-191900 J/mol
Faktor für Überschuss an Kaliumcarbonat	1,036
Umsatz der Reaktion	1,000
Exp. ermitteltes Volumen des Reaktionsgemisches	0,600 dm³
7. Berechnung der adiabaten Temperaturerhöhung	
Flüssigphase	3372,981 mol/m³
Konzentration (begrenzende Komponente)	-215680 J/mol
Reaktionsenthalpie	998,00 kg/m³
Dichte (Annahme Wasser) Wärmekapazität	4184,00 J/kg/K
adiabate Temperaturerhöhung	**174,22** K

$$\Delta T_{ad} = \frac{c_A^0 \cdot (-\Delta_R H)}{\rho \cdot c_p}$$

8. Berechnung des entsthenden Drucks	
"freies" Volumen im Reaktor	0,4211 dm³
	0,0004 m³
Van-der-Waals Konstanten	3,590E-01 (Pam)^6/mol²
a	4,270E-05 m³/mol
b	4,689E+06 Pa
Entstehender Druck nach Van-der-Waal	**46,89** bar
Entstehender Druck nach Van-der-Waal	46,89 bar

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V - n \cdot b} - a\left(\frac{n}{V}\right)^2$$

Mit Hilfe der angegebenen Berechnungen wird die Leistung abgeschätzt, die notwendig ist, um die gewünschte Strecke bei einem bestimmten Gewicht zurückzulegen. Mit Hilfe des idealen Gasgesetzes wird die benötigte Menge an entstehendem Gas (hier: CO_2) berechnet. Über die Stöchiometrie der Reaktion, erhält man die Einsatzmengen der Edukte. Korrekturen erfolgen über experimentell ermittelte Werte. Da beide Edukte in wässriger Phase vorliegen, wurden die Dichte und die spezifische Wärmekapazität für Wasser angenommen.

8. Beispiel für die Auslegung eines Sicherheitsventiles

Quelle: AD2000-A2: Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile

01					
02	Ansprechdruck der SV		1 bar_g		
03	Teilenummer			**d_0=18mm, alpha=0,54**	
04	Bezug				
05	Literatur; Quelle		AD2000-A2		
06	**Benennung**	**Einheit**	**Formel / Zeichen**	**Werte - Tabelle**	**Bemerkungen**
07	**Umgebungsdaten**				
08	Aussendruck	Pa	P_e	1,01E+05	
09	Innendruck	Pa	P_0	2,01E+05	1 bar_g
10	Temperatur	K	T	293,15	
11	Durchtrittsfläche	m²	A_0	0,0003	d=18 mm
12	Ausflussziffer	-	α	0,54	
13	**Thermophysikalische Stoffdaten**				
14	Stoffname			28.2 Vol% NH3	Mischung
15	Molmasse	kg/kmol	M	nicht erforderlich /s.u	
16	Kompressibilität	-	Z	0,889	Z_{phast}
17	Isentropenexponent	-	κ	1,4	
18	**Ergebnisse**				
19	maximaler Massenstrom	kg/s	$\dot{m} = \alpha \cdot A_0 \cdot \psi \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_g P_0}$	2,26E-01	
20	maximaler Massenstrom	kg/h		812,61807	
21	maximaler Volumenstrom	Nm³/s	$\dot{V}_N = \frac{\dot{m}}{\rho_{gN}}$	1,381E-01	Normvolumen
22	maximaler Volumenstrom	Nm³/h		497,014	
23	Strömungsform	-		kritisch	
24	**Berechnungsteil**				
25	Gasdichte	kg/m³	$\rho_g = \frac{P \cdot M}{R \cdot Z \cdot T}$	28,591	
26	Normdichte Gas	kg/m³	$\rho_{gN} = \frac{101300[\mathrm{Pa}] \cdot M}{R \cdot 273{,}15[\mathrm{K}]}$	1,635	
27	Druckverhältnis Innendruck / Außendruck	-	$\eta_0 = \frac{P_e}{P_0}$	0,503	
28	Kritisches Druckverhältnis	-	$\eta_{crit} = \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$	0,528	
29	Druckverhältnis	-	$\eta = \begin{cases} \eta_{crit} > \eta_0 -> \eta_{crit} \\ \eta_{crit} \leq \eta_0 -> \eta_0 \end{cases}$	0,528	
30	Ausflussfunktion	-	$\psi = \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \left(\eta^{\frac{2}{\kappa}} \cdot \left(1-\eta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right)\right)\right)}$	0,484	

9. Beispiel für eine Betriebsanweisung nach TRGS 555/ GefStoffV § 14

(Firma)	**1. BETRIEBSANWEISUNGSENTWURF**	**Nr.:** **Stand:** 09.03.2016 Unterschrift:

GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG / TÄTIGKEIT / ARBEITSPLATZ

Salzsäure, ab 10 % bis unter 25 %

gilt für: (Arbeitsplatz, Tätigkeit, ggf. Betrieb, Gebäude)

GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

ACHTUNG

Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. (H290)
Verursacht Hautreizungen. (H315)
Verursacht schwere Augenreizung. (H319)
Kann die Atemwege reizen. (H335)

- Einatmen, Verschlucken oder Hautkontakt kann zu Gesundheitsschäden führen. Reizt die Atemwege, Augen, Haut. Kann den Magen-Darm-Trakt reizen. Vorübergehend Husten, Übelkeit, Riechstörung möglich. Kann Lungenschaden, Augenschaden, Zahnschaden, Nierenschaden, Magen-Darm-Beschwerden, Kehlkopfschwellung verursachen.
- Reagiert mit starken Laugen unter heftiger Wärmeentwicklung. Reagiert heftig mit Natrium und Kalium. Heftigkeit und Gefährlichkeit der Reaktion sind abhängig von der Konzentration der Säure. Reagiert unter heftiger Wärmeentwicklung z.B. mit Aminen, Siliciumdioxid, Wasser. Bildet mit Kaliumpermanganat, Natriumhypochlorit (Bleichlauge) und konzentrierter Schwefelsäure gefährliche Gase und Dämpfe (z.B. Chlor, Chlorwasserstoff). Bildet mit Unedelmetallen gefährliche Gase und Dämpfe (Wasserstoff). Bildet mit Carbonaten gefährliche Gase und Dämpfe (Kohlendioxid). Bei der Reaktion entsteht Kohlendioxid: Berstgefahr durch Druckaufbau in geschlossenen Behältern! Bildet mit Stickoxiden gesundheitsgefährdende Gase und Dämpfe (Dichlordimethylether).
- **WGK:** 1 (schwach wassergefährdend)

SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN

- Bei Dämpfen oder Nebeln Absaugung einschalten und in ihrem Wirkungsbereich arbeiten. Gebinde nicht offen stehen lassen! Beim Ab- und Umfüllen Verspritzen und Nachlauf vermeiden. Reaktionsfähige Stoffe fern halten bzw. nur kontrolliert zugeben. Beim Auflösen oder Verdünnen immer zuerst das Wasser und dann die Säure zugeben! Temperatur kontrollieren! Säurebeständige Hilfsgeräte verwenden! Arbeitsgeräte einsetzen, die Hautkontakt verhindern oder verringern.
- Nicht Essen, Trinken, Rauchen oder Schnupfen. Einatmen von Dämpfen und Aerosolen vermeiden! Berührung mit Augen und Haut vermeiden! Vor jeder Pause und nach Arbeitsende Hände und andere verschmutzte Körperstellen gründlich reinigen. Hautpflegemittel nach der Arbeit verwenden! Produktreste sofort von der Haut entfernen, Haut schonend reinigen und sorgfältig abtrocknen. Keinen Arm- oder Handschmuck tragen. Straßenkleidung getrennt von Arbeitskleidung aufbewahren! Verschmutzte und durchtränkte Arbeitskleidung sofort wechseln. Separate Putzlappen und Reinigungstücher für Haut und Maschinen oder Geräte verwenden.
- Lagerbedingungen beachten!
- Beschäftigungsbeschränkungen beachten!

Vorratsmenge am Arbeitsplatz:

Augenschutz: Bei Überwachungstätigkeit: Gestellbrille mit Seitenschutz! Bei Spritzgefahr: Korbbrille!
Handschutz: Handschuhe aus: ... (Bitte wählen Sie aus dem GisChem-Datenblatt oder anderen Ihnen vorliegenden Informationen unter Berücksichtigung der Tätigkeit einen geeigneten Schutzhandschuh aus und geben diesen hier an.)
Beim Tragen von Schutzhandschuhen sind Baumwollunterziehhandschuhe empfehlenswert!
Tragezeiten von Schutzhandschuhen beachten! Bei längerfristigem Tragen von Schutzhandschuhen: spezielle Hautschutzmittel vor der Arbeit verwenden.
Atemschutz: Kombinationsfilter E-P2 (gelb/weiß) oder Kombinationsfilter BE-P2 (grau/gelb/weiß).
Körperschutz: Beim Verdünnen oder Abfüllen: Kunststoffschürze!

VERHALTEN IM GEFAHRFALL — **Feuerwehr 112**

- Gefahrenbereich räumen und absperren, Vorgesetzten informieren.
- Bei der Beseitigung von ausgelaufenem/verschüttetem Produkt immer Schutzbrille, Handschuhe sowie bei größeren Mengen Atemschutz tragen. Mit säurebindendem Material (z.B. Kalksteinmehl) aufnehmen, entsorgen und Reste mit Wasser wegspülen!
- Bei Brand entstehen gefährliche Dämpfe (z.B. Chlorwasserstoff)! Entweichende Dämpfe mit Sprühwasser niederschlagen, anschließend möglichst schnelle Reinigung. Produkt ist nicht brennbar. Berst- und Explosionsgefahr bei Erwärmung!
- Eindringen in Boden, Gewässer und Kanalisation verhindern!
- Alarm-, Flucht- und Rettungspläne beachten. Feuerwehr alarmieren.

Zuständiger Arzt:
Unfalltelefon:

ERSTE HILFE — **Notruf 112**

Bei jeder Erste-Hilfe-Maßnahme: Auf Selbstschutz achten, ärztliche Behandlung. Lebensrettende Sofortmaßnahmen, wie 'Stabile Seitenlage', 'Herz-Lungen-Wiederbelebung', 'Schockbekämpfung' müssen situationsabhängig durchgeführt werden. Wunden keimfrei bedecken. Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen.
Nach Augenkontakt: Sofort unter Schutz des unverletzten Auges ausgiebig (mind. 10 Minuten) bei geöffneten Lidern mit Wasser spülen.
Nach Hautkontakt: Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, persönliche Schutzausrüstung tragen. Haut mit viel Wasser spülen.
Nach Einatmen: Verletzten aus dem Gefahrenbereich bringen. Frischluftzufuhr durch Einatmen von frischer Luft oder Beatmung. Beatmungshilfen benutzen (Selbstschutz). Sofort, auch bei fehlenden Krankheitszeichen, ein Dosieraerosol (inhalatives Steroid) einatmen lassen. Dosierung, Art der Anwendung und weitere Behandlung nach betriebsärztlicher Anordnung!
Nach Verschlucken: Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes. Wasser in kleinen Schlucken trinken lassen.
Ersthelfer:

SACHGERECHTE ENTSORGUNG

10. Literaturhinweise

1. http://www.gischem.de/index.htm — Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BGRCI und der BGHM

2. http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp — GESTIS-Stoffdatenbank: Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

3. https://www.kas-bmu.de/tras.html — TRAS 410: Erkennen und Beherrschen exothermer chemischer Reaktionen - Fassung 10/2012

4. http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-555.html — TRGS 555 "Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten" (PDF-Datei, 98 KB)

5. http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Rechtstexte/Gefahrstoffverordnung.html — Gefahrstoffverordnung

6. Stoessel, F.: Thermal Safety of Chemical Processes: Risk Assessment and Process Design, Wiley-VCH-Verlag ,Weinheim, 2008

7. Steinbach, J.: Chemische Sicherheitstechnik. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1995.

8. Steen, H.: Handbuch des Explosionsschutzes, Wiley-VCH-Verlag, Weinheim, 2000