

## RCC-Seminar HAZOP, LOPA, Funktionale Sicherheit Referat 4

### LOPA-Übungen

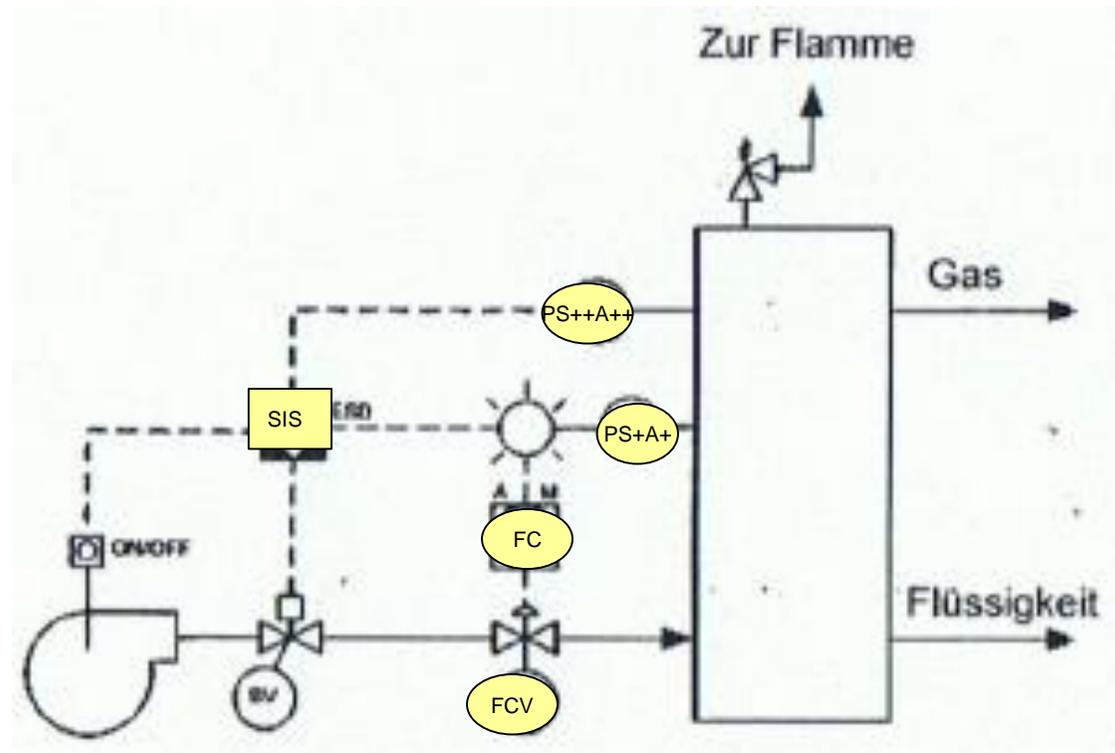
- Bsp.1: Druckabsicherung Gasabscheider
- Bsp.2 : Befüllung von Vorlage aus Tank,
- Bsp.3: Bahnkesselwagen, Salzsäure, Fördergas Entleerung von oben
- Bsp.4: Bahnkesselwagen, Salzsäure, Entleerung von oben, Gaspendingung
- Bsp.5: Bahnkesselwagen Befüllung Pendelleitung, Aceton
- Bsp.7: Batch-Reaktor
- Bsp.8: Kanaltrockner
- Bsp.9: Thermische Nachverbrennung, Brenner

## Bsp.1: Druckabsicherung Gasabscheider

SIS: 2 Drucksensoren in 1oo2  
Schaltung(im Bild nicht  
dargestellt):

Logik- System regelt  
Absperrventil und Pumpe

Zulaufregelung:  
Strömungsüberwachung und  
Abschaltung des Zustroms



Der 2-phasige Zustrom aus Gas und Flüssigkeit(zündfähig, brennbar) erfolgt über eine Pumpe und nachgeschaltetes Absperrventil auf den Druckbehälter. In diesem erfolgt Trennung von Flüssigkeit und Gastrom. Bei Überdruck : Hochalarm und Zulaufverriegelung von Hand (Bedienereingriff), das SIS stoppt die Pumpe und schließt das Absperrventil, bevor das Druckentlastungsventil zur Flamme öffnet.

DIN EN 61511-3:2013 Entwurf, B.4

# Bsp.1: Druckabsicherung Gasabscheider

<b>Sollfunktion:</b>	Der 2-phasige Zustrom aus Gas und Flüssigkeit(zündfähig, brennbar) erfolgt über eine Pumpe und nachgeschaltetes Absperrventil auf den Druckbehälter. In diesem erfolgt Trennung von Flüssigkeit und Gasstrom. Bei Überdruck : Hochalarm und Zulaufverriegelung von Hand (Bedienereingriff), das SIS stoppt die Pumpe und schließt das das Absperrventil, bevor das Druckentlastungsventil zur Flamme öffnet.,		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Durchfluss zu hoch	Ausfall Durchflussregelung	Druckanstieg	
Durchfluss zu tief			
Druck zu hoch	Ausfall Durchflussregelung	Bersten des Behälters, Stoff-Freisetzung, Ex-Gemisch, Explosion	Druckalarm und Unterbrechung des Zulaufs durch Anlagenfahrer, Druckhochalarm und Unterbrechung des Zulaufs durch SIS, bevor Druckentlastungsventil zur Flamme öffnet (PS++A++)
Druck zu tief			
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch			
Ex-Gemisch & Zündquelle innen			
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

DIN EN 61511-3:2013 Entwurf, B.4

## Bsp.1: Druckabsicherung Gasabscheider

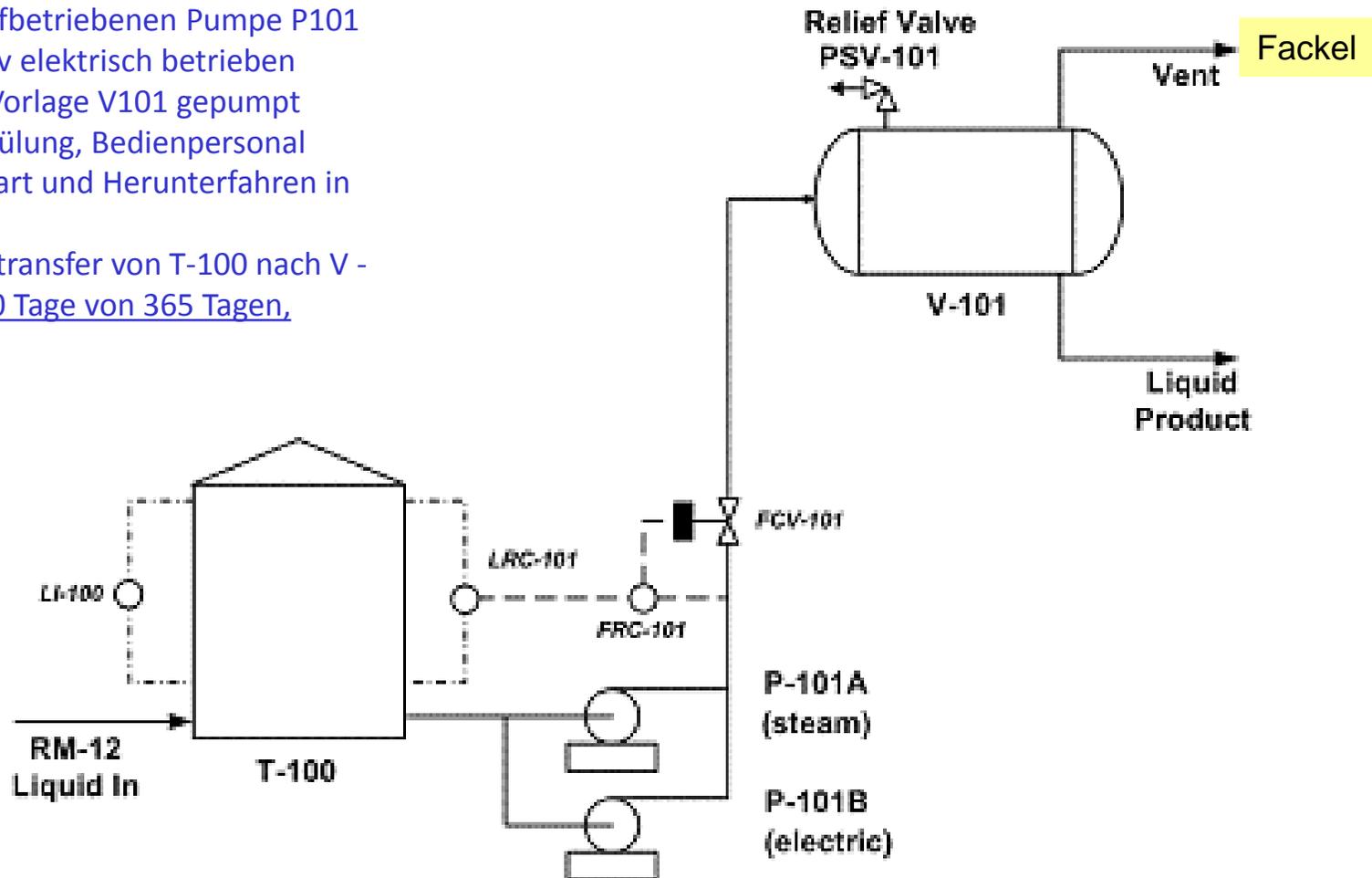
<u>Szenario</u> : Der 2-phasige Zustrom aus Gas und Flüssigkeit(zündfähig, brennbar) erfolgt über eine Pumpe und nachgeschaltetes Absperrventil auf den Druckbehälter. In diesem erfolgt Trennung von Flüssigkeit und Gasstrom. Bei Überdruck : Hochalarm und Zulaufverriegelung von Hand (Bedienereingriff), das SIS stoppt die Pumpe und schließt das Absperrventil, bevor das Druckentlastungsventil zur Flamme öffnet. <b>Kein Hochalarm/keine Bedieneraktion</b>		Eintrittshäufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Bei Überdruck> Auslegung :Bersten des Behälters , Explosion, Trümmerflug		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	Hochdruckalarm (1E-2;regelmäßige Wartung, nicht verstellbar) versagt und keine Aktion durch Bediener: Zulauf wird nicht gestoppt(1E-1) 0,01+0,1	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	Kampagnenfahrweise, Kritisches Zeitfenster:		
<b>Auswirkungsmodifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		1E-1	
PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff			
Druckentlastungsventile	SV zur Fackel		1E-2
PLT- Schutz-Funktion(SIF)	SIS stoppt die Pumpe und schließt das Absperrventil (PAS++) Zweiter unabh. Druckaufnehmer schließt Zulauf (PAS+)		1E-2
<b>Eintrittshäufigkeit <u>mit</u> Schutzebenen</b>			1E-4
<b>Häufigkeit Wirkung mit IPLs: Risikotoleranzkriterien eingehalten? ja</b>		1E-5	
<b>Handlungsbedarf</b>			

## Bsp.1: Druckabsicherung Gasabscheider

<p><u>Szenario:</u> Der 2-phasige Zustrom aus Gas und Flüssigkeit(zündfähig, brennbar) erfolgt über eine Pumpe und nachgeschaltetes Absperrventil auf den Druckbehälter. In diesem erfolgt Trennung von Flüssigkeit und Gasstrom. Bei Überdruck : Hochalarm und Zulaufverriegelung von Hand (Bedienereingriff), das SIS stoppt die Pumpe und schließt das Absperrventil, bevor das Druckentlastungsventil zur Flamme öffnet.</p>		Eintrittshäufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Bei Überdruck> Auslegung :Bersten des Behälters , Explosion, Trümmerflug		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	Ausfall SIS	1E-2	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	Kampagnenfahrweise, Kritisches Zeitfenster:		
<b>Auswirkungsmodifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		1E-2	
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>	Hochdruckalarm (1E-2;regelmäßige Wartung, nicht verstellbar) und Aktion durch Bediener: Zulauf wird nicht gestoppt (1E-1) 0,01+0,1		1E-1
<b>Druckentlastungsventile</b>	SV zur Flamme		1E-2
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>			
<b>Eintrittshäufigkeit <u>mit</u> Schutzebenen</b>			1E-3
<b>Häufigkeit Wirkung mit IPLs: Risikotoleranzkriterien eingehalten? ja,</b>		1E-5	
<b>Handlungsbedarf</b>			

## Bsp.2 : Befüllung von Vorlage aus Tank mit KW-Gemisch N2-Überlagerung, Eintrittsermöglicher

Aceton wird aus Lagertank T100 mit einer dampfbetriebenen Pumpe P101 A /alternativ elektrisch betrieben P101B zur Vorlage V101 gepumpt  
Stickstoffpülung, Bedienpersonal beim Kaltstart und Herunterfahren in der Nähe  
Flüssigkeitstransfer von T-100 nach V - 101 nur 180 Tage von 365 Tagen,



Process Hazards Analysis ,Ian S. Sutton ,Second Edition 2003

Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layers of Protection Analysis | CCPS/ 2013. Ch.2,P.27

## Bsp.2 : Befüllung von Vorlage aus Tank mit einem KW-Gemisch

<b>Sollfunktion:</b>	Aceton wird aus Lagertank T100 mit einer dampfbetriebenen Pumpe P101 A /alternativ elektrisch betrieben P101B zur Vorlage V101 gepumpt		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch	T:100: Pumpe P 101A fällt aus		
Stand zu tief	Trockenlauf Pumpe P101B	Kavitation der Pumpe P101B	LI-100 ,LRC -100 Standregelung wirkt auf FRC-101,(Durchflussregelung) redundante Standabschaltung LRC,;
Druck zu hoch	Pumpenförderung zu hoch, Abläufe V-101 geschlossen	Druckaufbau in V-101,PSV öffnet, Gaswolke, zündet durch Fackel	PSV-101 für 2-Phasenströmung ausgelegt, Ableitung von PSV in blow down Behälter
Ex-Gemisch & Zündquelle innen	Kavitation der Pumpe P101B	Zündung von angesaugtem Gas-Luftgemisch, Rückschlag nach T-100	N2-Spülung mit Durchflussüberwachung und Abschalten von Zulauf brennbarer Flüssigkeit(FQIA-S-) N2-Überdrucküberwachung mit Abschaltung von Zulauf brennbarer Flüssigkeit(PIA-) von Hand
Stoffaustritt	Pumpenausfall P 101A, Rückströmen von V 101	Überfüllung T-100, Austritt brennbarer Flüssigkeit, gefährliche ex- Atmosphäre, Zündung durch Flamme	

## Bsp.2a : Befüllung von Vorlage aus Tank mit einem KW-Gemisch

<b>Szenario:</b> Behälter T-100 atmet zur Atmosphäre , Behälter-Innenraum Ex-Zone 0; Füllstand von Tank T-100 unterhalb Min-Stand, Versagen der Pumpenabschaltung, Pumpe läuft heiß, Zündung von Ex-Atmosphäre, Rückschlag in den Tankinnenraum T 100, Explosion, Tod von Personen		<b>Eintrittshäufigkeit/Jahr</b>	<b>Wahrscheinlichkeit</b>
<b>Toleranzkriterium</b>	Tod 1Person	1E-05	
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Versagen der Pumpenabschaltung LCS-(BPCS control loop failure, GL CCPS 2015, Data Table 4.1 Heißlaufende Pumpe, Zündung durch heiße Oberfläche,	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>			
<b>Auswirkungsmodifikator</b>			
<b>Auswirkungen ohne Schutzebenen</b>		1E-1	
<b>Unabhängige Schutzebenen (IPL's)</b>			
BPCS und Personaleingriff	N2-Überlagerung, überwacht ; bei Ausfall-automatische Stilllegung der Pumpe		1E-1
Druckentlastung	T-100 :Verbindung zu SV auf V101 ist unabsperrbar		1E-2
SIF	Trockenlaufüberwachung schaltet Motor bei Unterschreiten eines Mindeststandes in der Saugleitung ab (LCZ-)TS+O, Temperaturüberwachung schaltet Motor bei Temperaturüberschreitung ab (gemeinsame Logik mit LCZ-)		1E-02
Gesamt PFD für alle unabh. Schutzebenen			1E-5
<b>Kriterien der tolerierbaren Risiken erfüllt:</b> ja		1E-6	
<b>Handlungsbedarf</b>			

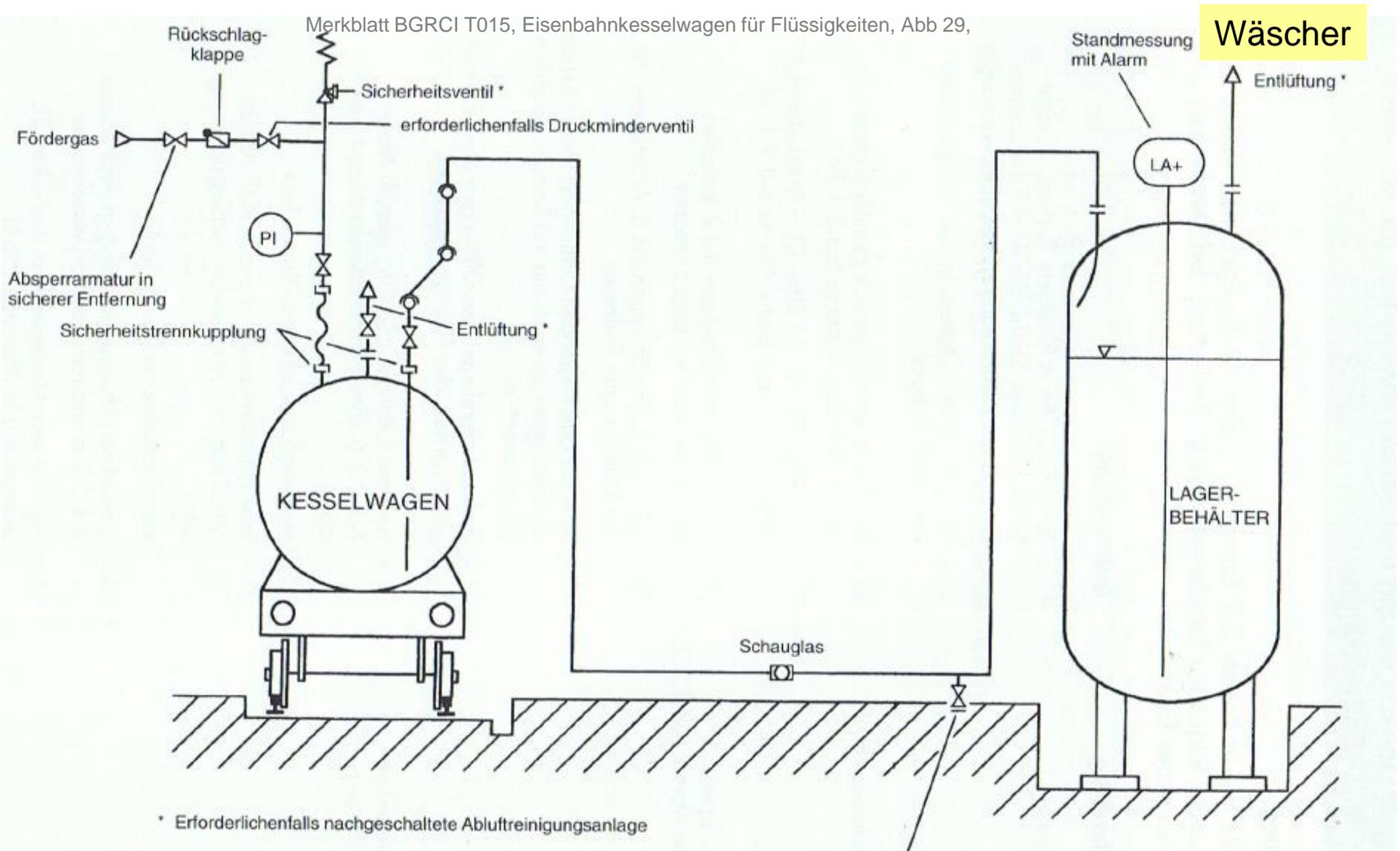
abgewandelt, durch Referent, entsprechend CCPS, 2013,Table 1.1,P

## Bsp.2b : Befüllung von Vorlage aus Tank mit einem KW-Gemisch

<b>Szenario:</b> Behälter T-100 atmet zur Atmosphäre , Behälter-Innenraum Ex-Zone 0; Füllstand von Tank T-100 unterhalb Min-Stand, Versagen der Pumpenabschaltung, <b>Pumpe läuft heiß, Zündung von Ex-Atmosphäre, Rückschlag in den Tankinnenraum T 100, Explosion, Tod von Personen</b>		<b>Eintrittshäufigkeit/Jahr</b>	<b>Wahrscheinlichkeit</b>
<b>Toleranzkriterium</b>	Tod mehrerer Personen	1E-06	
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Versagen der Pumpenabschaltung LCS-(BPCS control loop failure, GL CCPS 2015, Data Table 4.1 Heißlaufende Pumpe, Zündung durch heiße Oberfläche,	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	Flüssigkeitstransfer von T-100 nach V -101 nur 180 Tage von 365 Tagen		5E-1
<b>Auswirkungsmodifikator</b>	Ex-Atmosphäre:		
	Zündung		
	Anwesenheit von Personal 17 h (TÜV AUSTRIA, Kap. 9; LOPA ,GL CCPS 2014, Table 3.4 P.59 )		1E-1
	Versagen Druck tragender Teile		
<b>Auswirkungen ohne Schutzebenen</b>		5E-3	
<b>Unabhängige Schutzebenen (IPL's)</b>			
BPCS und Personaleingriff	N2-Überlagerung, <b>Strömung überwacht (FIS-A-)</b> ; bei Ausfall-automatische Stilllegung der Pumpe		1E-1
Druckentlastung			
SIF	Trockenlaufüberwachung schaltet Motor bei Unterschreiten eines Mindeststandes in der Saugleitung ab (LCZ-)TS+O, Temperaturüberwachung schaltet Motor bei Temperaturüberschreitung ab (gemeinsame Logik mit LCZ-)		1E-2
Gesamt PFD für alle unabh. Schutzebenen			1E-4
<b>Kriterien der tolerierbaren Risiken</b> erfüllt: <b>Ja</b>		5E-7	
<b>Bemerkung</b>	<b>Protego auf Saugseite der Pumpe oder Liquifant</b>		1E-1

abgewandelt, durch Referent, entsprechend CCPS, 2013,Table 1.1,P

# Bsp.3: Bahnkesselwagen, **Salzsäure**, Fördergas Entleerung von oben



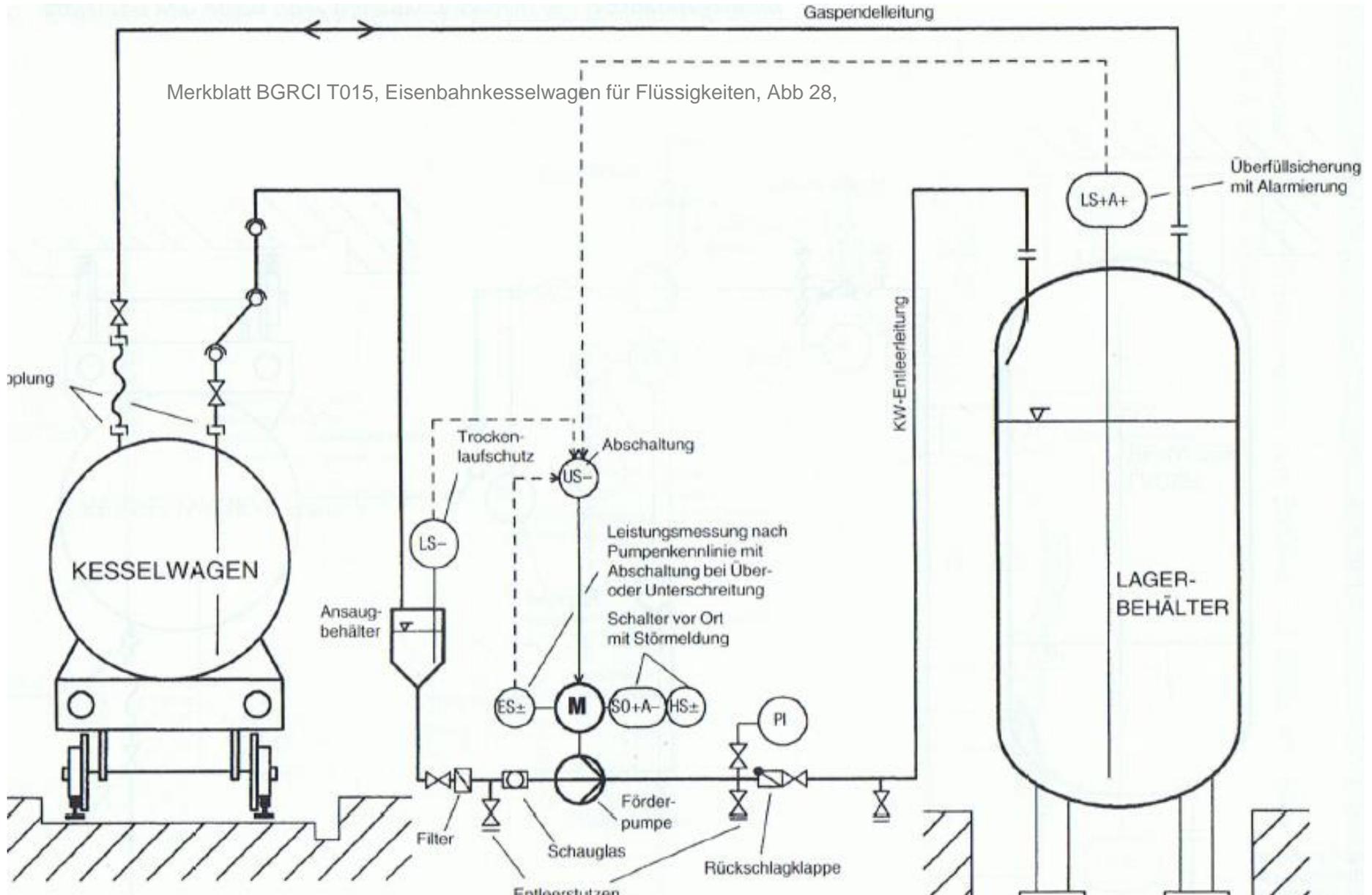
## Bsp.3: Bahnkesselwagen, **Salzsäure**, Fördergas Entleerung von oben

<b>Teilantl./Apparat:</b>			
<b>Sollfunktion:</b>	Tankwagen-Entleerung , Lagebehälter; Abfüllen von <b>Salzsäure</b> , Kompressor des TW drückt Luft auf den Innenraum des TW, Abluft des Lagertanks geht auf Wäscher, <b>Gasdurchschlag</b> , Entleerung an 50 von 360 Tagen		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch			
Stand zu tief			
Druck zu hoch	Verstopfung beim Wäscher	Überdruck auf Lagerbehälter . Lagerdeckel löst sich unter Druck , Austritt von Salzsäure, Tod einer Person	, SV am TW, NaOH wird durch Wasser ersetzt, regelmäßige Reinigung,
Druck zu hoch	Gasdurchschlag beim Entleeren von BKW	Überdruck auf Lagerbehälter . Lagerdeckel löst sich unter Druck , Austritt von Salzsäure, Tod einer Person	Druckminderventil hinter Kompressor, SV auf Lagertank für 2-Phasenströmung ausgelegt
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch			
Ex-Gemisch & Zündquelle innen			
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			Lagerbehälter in abgetrenntem ummauerten Raum, Kein Zutritt von Personal zu Lagerumgebung (Betreten nur mit Erlaubnis)

## Bsp.3: Bahnkesselwagen, **Salzsäure**, Fördergas Entleerung von oben

Szenario	Abfüllen von Salzsäure , Kompressor des BKW drückt Luft auf den Innenraum des BKW, Abluft des Lagertanks geht auf Wäscher, <b>Gasdurchschlag</b> ,	Häufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
Auswirkung	Lagerdeckel löst sich unter Druck und fliegt weg,		
Tolerierbares Risiko	Personenschaden: irreversible Verletzung einer Person, Tod einer Person	1E-5	
Auslösendes Ereignis	<b>Gasdurchschlag &gt; 1/Jahr high Demand</b>	1E-2	
Eintrittsermöglichlicher	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster: an 52 von 365 Tagen		1E-1
Auswirkungs-modifikator	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich : Lagerbehälter in abgetrenntem ummauerten Raum, Kein Zutritt von Personal		1E-1
	Versagen drucktragender Teile		
Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebene		1E-4	
Unabhängige Schutzebene (IPL)			
PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe			
Druckentlastungsventil	Lagertank mit SV für 2-Phasenströmung		1E-2
Schutz-Funktion(SIF)	(Druckminderventil hinter Kompressor öffnet bei 80% des zulässigen Drucks des Lagerbehälters)		(1E-2)
Gesamte PFD für alle IPLs			1E-2
Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?		1E-6	
Handlungsbedarf			

# Bsp. 4: Bahnkesselwagen, **Salzsäure**, Entleerung von oben, Gaspendingelung



## Bsp. 4: Bahnkesselwagen, Salzsäure, Entleerung von oben, Gaspendingung

<b>Teilant./Apparat:</b>	Entladung von Salzsäure mit Pumpe, Abluft wird gependelt.		
<b>Sollfunktion:</b>	Pendelleitung mit Durchflussüberwachung und Abschaltung der Pumpe bei Durchfluss null (FIS-A-) Drucksensor mit Abschaltung bei 80% des zulässigen Drucks, Schnellschlussarmatur im Ablauf		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch			
Stand zu tief			
Druck zu hoch	Pendelleitung nicht offen zum TW,	Überdruck auf Lagerbehälter, Lagerdeckel löst sich unter Druck, Austritt von Salzsäure, : irreversible Verletzung einer Person, Tod einer Person	Drucksensor mit Abschaltung bei 80% des zulässigen Drucks (SIL 2) Pendelleitung mit Durchflussüberwachung und Abschaltung der Pumpe bei Durchfluss null(FIS-A-)
Druck zu tief			
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch			
Ex-Gemisch & Zündquelle innen			
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			Lagerbehälter in abgetrenntem ummauerten Raum, Kein Zutritt von Personal zu Lagerumgebung (Betreten nur mit Erlaubnis)

# Bsp. 4a: Bahnkesselwagen, **Salzsäure**, Entleerung von oben, Gaspendelung

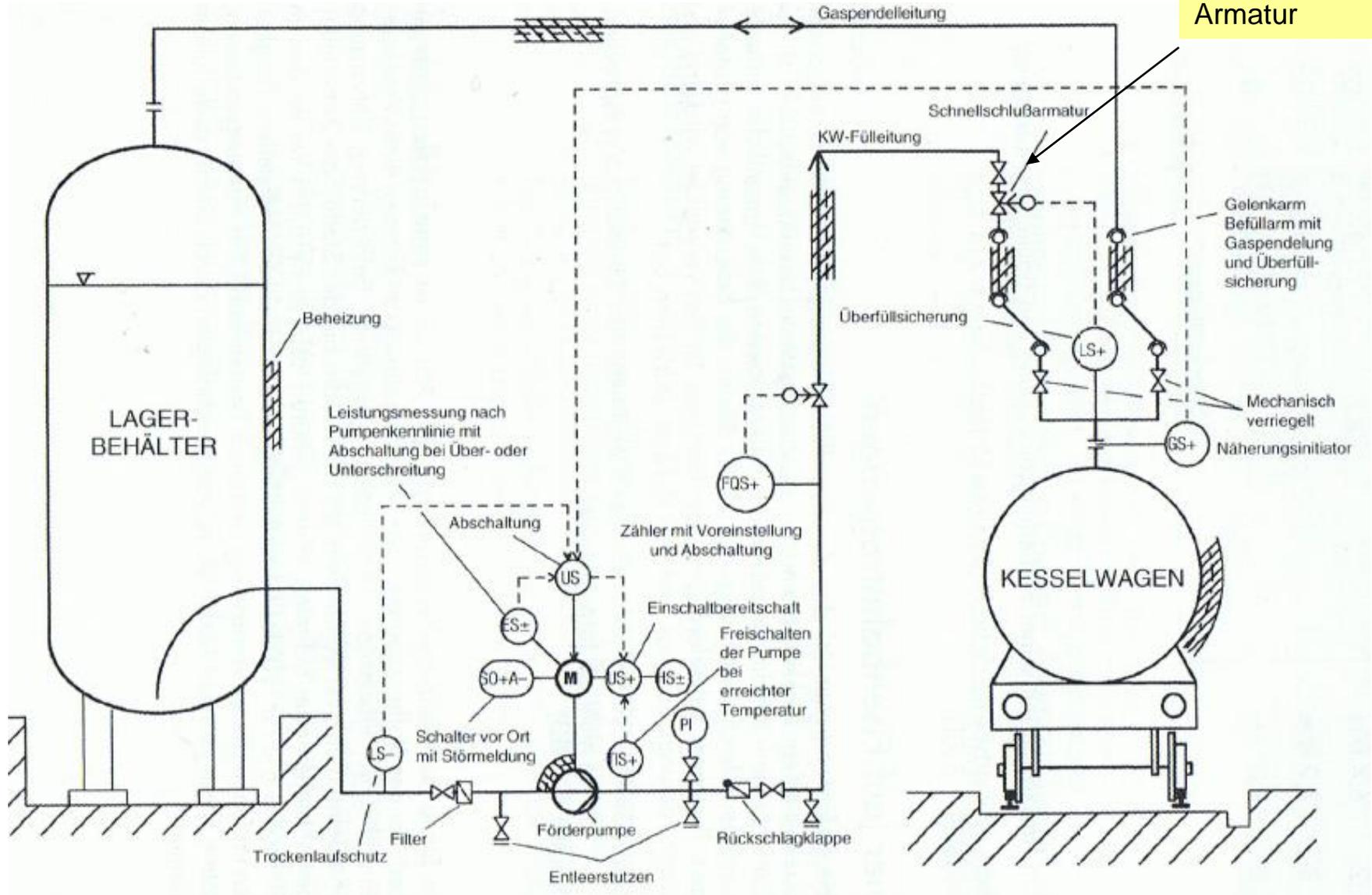
## Low demand

Szenario	Tankwagen-Entleerung , Lagebehälter;:Abfüllen von <b>Salzsäure mit Pumpe</b> ; Abluft mit Pendelung auf TW, <b>Pendelung ist blockiert, Überfüllung und Überdruck auf Lagerbehältern</b>	Häufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit
Auswirkung	Lagerdeckel löst sich unter Druck, <b>Austritt von Salzsäure</b> , Personenschaden, Umweltschaden		
tolerierbares Risiko	<b>Personenschaden:</b> irreversible Verletzung einer Person, Tod einer Person	1E-5	
Auslösendes Ereignis	<b>Handventil in Pendelleitung nicht offen zum TW, blockiert</b> <1x/Jahr, (Low Demand)	1E-1	
Eintrittsermöglicher	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster,		
Auswirkungs-modifikator	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich	Lagerbehälter in abgetrenntem ummauerten Raum, Kein Zutritt von Personal zu Lagerumgebung (Betreten nur mit Erlaubnis)	1E-1
	Versagen drucktragender Teile		
<b>Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebenen</b>		1E-2	
<b>Unabhängige Schutzebenen (IPL)</b>			
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe</b>	Pendelleitung mit Durchflussüberwachung und Abschaltung der Pumpe bei Durchfluss null(FIS-A-)		1E-1
<b>Druckentlastungsventile</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	Drucksensor mit Abschaltung ´bei 80% des zulässigen Drucks (SIL 2)		1E-2
<b>Gesamte PFD für alle IPLs</b>			1E-3
<b>Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?</b>		ja	1E-5
<b>Handlungsbedarf</b>			

## Bsp. 4b: Bahnkesselwagen, Salzsäure, Entleerung von oben, Gaspendelung High Demand

Szenario	Häufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit	
Tankwagen-Entleerung, Lagebehälter; Abfüllen von Salzsäure; Abluft mit Pendelung auf TW, Pendelung blockiert >1x/Jahr, Überdruck auf Lagerbehälter			
Auswirkung	Lagerdeckel löst sich unter Druck und Säureaustritt,		
tolerierbares Risiko	Personenschaden: irreversible Verletzung einer Person, Tod einer Person	1E-5	
Auslösendes Ereignis	Handventil in Pendelleitung nicht offen zum TW, blockiert >1x/Jahr, (High Demand): BPCS: Durchflussüberwachung (FIA-) und Abschaltung der Pumpe von Hand bei F<min;	1E-1	
Eintrittsmöglicher	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster,		
Auswirkungsmodifikator	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung:		
	Personal im Gefahrenbereich	Lagerbehälter in abgetrenntem ummauerten Raum, Kein Zutritt von Personal zu Lagerumgebung (Betreten nur mit Erlaubnis)	1E-1
	Versagen drucktragender Teile		
Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebene		1E-2	
Unabhängige Schutzebene (IPL)			
PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe	BPCS: Durchflussüberwachung (FIA-) und Abschaltung der Pumpe von Hand bei F<min;	1E-1	
Druckentlastung			
PLT- Schutzfunktion(SIF)	Drucksensor mit Abschaltung der Zugabe bei 80% des zulässigen Drucks (SIL 2)	1E-2	
Gesamte PFD für alle IPLs		1E-3	
Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?	nein, Handlungsbedarf	1E-5	
Handlungsbedarf	Pumpe mit Bypass versehen mit SV als Überströmsicherung	1E-1	

# Bsp.5: Bahnkesselwagen Befüllung Pendelleitung, Aceton



Schnellschluß-Armatur

Merkblatt BGRCI T015, Eisenbahnkesselwagen für Flüssigkeiten, Abb 26,

## Bsp.5: Bahnkesselwagen Befüllung Pendelleitung, Aceton

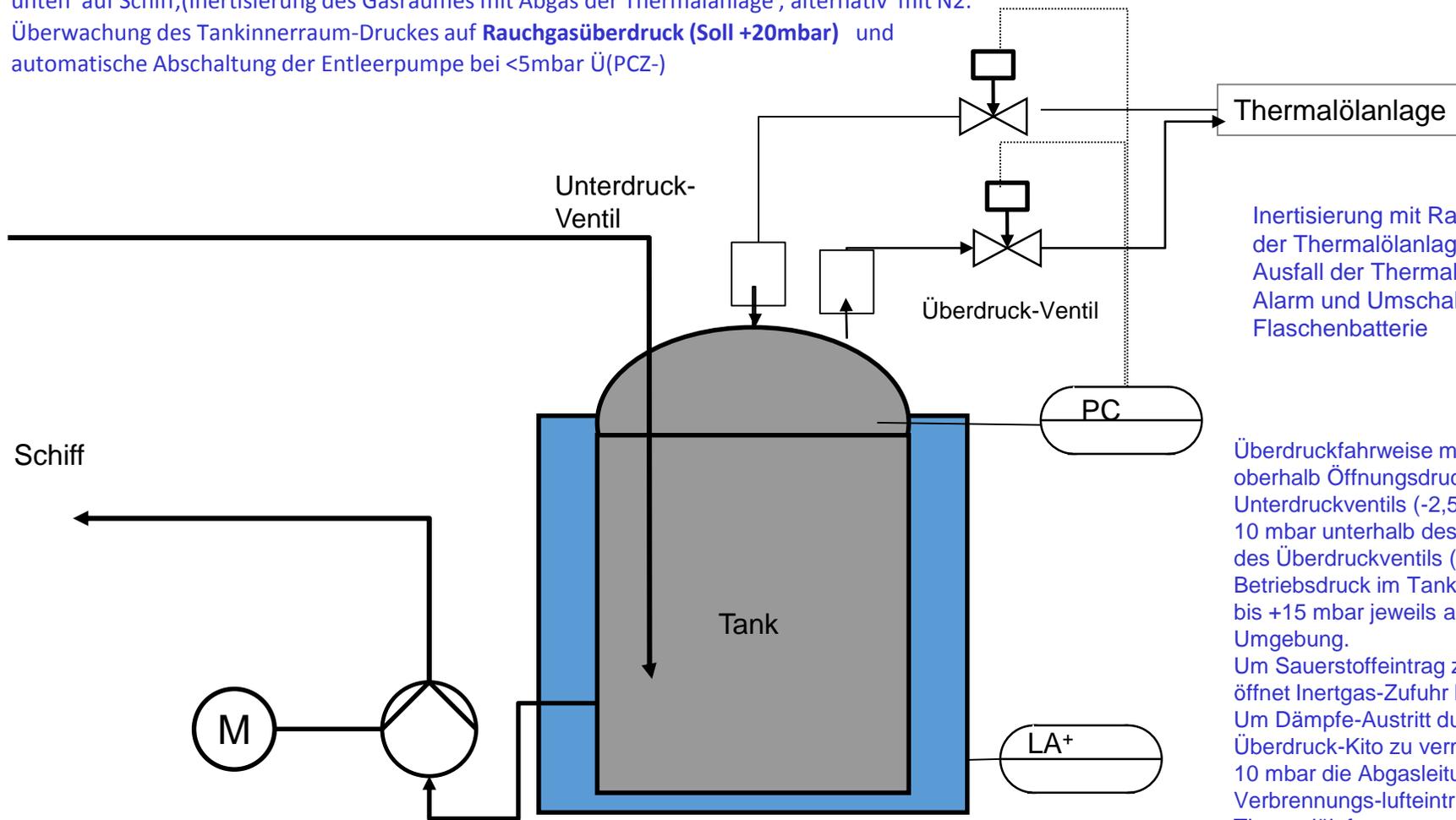
<b>Teilant./Apparat:</b>	Befüllung von Bahnkesselwagen über Pendelleitung mit Aceton		
<b>Sollfunktion:</b>	Die Befüllung erfolgt mit voreingestellter Mengeneinstellung FQS+ mit einer mechanischen Verriegelung für die Freigabe der Befüllung erst nach Anschluss der Pendelleitung		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch			
Stand zu tief			
Druck zu hoch			
Druck zu tief			
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch			
Ex-Gemisch & Zündquelle innen <b>3b</b>	Stand zu tief, Pumpe läuft heiß	Exgemisch, Zündung	LS-schaltet Pumpe ab, Leistungsüberwachung mit Abschaltung der Pumpe
Stoffaustritt <b>3a</b>	Ausfall LS+ am BKW, Schnellschlussarmatur schließt nicht	Austritt von Aceton in Umgebung von BKW, Zündung , Explosion	FQS+ Voreingestellte Mengenabschaltung, mechanische Verriegelung der Gaspendelung, mit Überwachung ,dass Anschluss erfolgt ist.
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

## Beispiel 5: Bahnkesselwagen- Befüllung, Pendelleitung, Aceton

Szenario	BKW Befüllung mit Aceton aus Lagerbehälter, Überfüllung BKW oder Stoff-Austritt, Zündung , Explosion	Häufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit
Auswirkung	Austritt von Aceton in Umgebung von BKW, Zündung , Explosion		
Tolerierbares Risiko	irreversible Verletzung einer Person, Tod einer Person	1E-5	
Auslösendes Ereignis (IE)	nicht angedockte Gaspendelung,,High Demand	1E-2	
Eintrittsermöglicher	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster		
Auswirkungs modifikator	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich		
	Versagen drucktragender Teile		
Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebenen		1E-2	
Unabhängige Schutzebenen (IPL)			
PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe	FQS+ Voreingestellte Mengenabschaltung		1E-1
Mechanisch	mechanische Verriegelung der Gaspendelung		1E-2
PLT- Schutz-Funktion(SIF)	Gaspendelung mit Überwachung, dass Anschluss erfolgt ist, andernfalls keine Freigabe für Befüllpumpe		1E-2
Gesamte PFD für alle IPLs			1E-3
Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?		ja	1E-5
Bemerkung			

# Bsp. 6 Lagertank, Befüllung und Entleerung

Befüllung von Lagertank T 100 mit Schweröl über Pipeline (100-10bar), Entleerung über Pumpe von unten auf Schiff, (Inertisierung des Gasraumes mit Abgas der Thermalanlage, alternativ mit N2. Überwachung des Tankinnerraum-Druckes auf **Rauchgasüberdruck (Soll +20mbar)** und automatische Abschaltung der Entleerpumpe bei <5mbar Ü(PCZ-)



Inertisierung mit Rauchgas aus der Thermalölanlage. Bei Ausfall der Thermalölanlage: Alarm und Umschaltung auf N2-Flaschenbatterie

Überdruckfahrweise mindestens 5 mbar oberhalb Öffnungsdruck des Sicherheits-Unterdruckventils (-2,5 mbar). Maximal 10 mbar unterhalb des Öffnungsdrucks des Überdruckventils (+25 mbar). Betriebsdruck im Tank somit +2,5 mbar bis +15 mbar jeweils als Überdruck zur Umgebung.

Um Sauerstoffeintrag zu vermeiden, öffnet Inertgas-Zufuhr bei +2,5 mbar(Ü). Um Dämpfe-Austritt durch das Überdruck-Kito zu vermeiden, öffnet bei 10 mbar die Abgasleitung zum Verbrennungs-lufteintritt am Thermalölofen.

Messungen: Druck Gasraum Tank, O2-Gehalt Inertgas, Druck Inertgas, Druck Flaschenbatterie, Öffnungsmeldungen Unter- und Überdruckventil

Wilfried Hilbert, K.-W. Thiem, 6.-7.11.2018

## Bsp. 6 Lagertank, Befüllung und Entleerung

<b>Sollfunktion:</b>	Befüllung von Lagertank T 100 mit Schweröl über Pipeline (100-10bar) ,Entleerung über Pumpe von unten auf Schiff,(Inertisierung des Gasraumes mit Abgas der Thermalanlage , alternativ mit N2. Überwachung des Tankinnerraum-Druckes auf <b>Rauchgasüberdruck (Soll +20mbar)</b> und automatische Abschaltung der Entleerpumpe bei <5mbar Ü(PCZ-)		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch			
Stand zu tief			
Druck zu hoch	Rauchgasüberdruck > 25 mbar	Austritt von brennbarem Gas ins Freie	Überdruckventil öffnet Abgasleitung zum Verbrennungs-lufteintritt am Thermalölofen
Druck zu tief	Entleerpumpenstrom > Inertisierungsstrom	Luftzutritt, Exgemisch	Inertgas-Zufuhr bei +2,5 mbar(Ü).
Ex-Gemisch & Zündquelle innen	Unterdruck: Luftzutritt	pyrofore Ablagerungen oder trockenlaufende Pumpe zünden Exgemisch	Inertisierung und Überwachung O2-Konzentration QCZ+ (Schaltpunk 4 Vol%) und LIS- Abschalten der Entleerpumpe,
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

## Bsp. 6 a Lagertank, Befüllung und Entleerung

Befüllung von Lagertank T 100 mit Schweröl über Pipeline (100-10bar) ,Entleerung über Pumpe von unten auf Schiff, Eintritt von Luft –Sauerstoff beim , pyrophore Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch. Zur Verhinderung von Ex-gemisch Inertisierung des Gasraumes mit Abgas der Thermalanlage , alternativ mit N2.Überwachung des Tankinnerraum-Druckes auf Rauchgasüberdruck (Soll +20mbar). Automatische Abschaltung der Entleerpumpe bei <5mbar Ü(PCZ- <b>Eintritt von Luft –Sauerstoff beim Abpumpen, pyrophore Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch</b>		Eintrittshäufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Bei Zündung Explosion, Tankdach reißt an Reißnaht, Klappt auf, Über Träger mit Tankmantel verbunden. Brandüberschlag auf benachbarten Tank. Tod bei Löscharbeiten		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	<b>Eintritt von Luft –Sauerstoff beim Abpumpen</b> , pyrophore Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch	1E-1	
<b>Eintrittsermögllicher</b>	Kampagnenfahrweise, Kritisches Zeitfenster: 52 Tage von 365		1E-1
<b>Auswirkungs modifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		<b>1E-2</b>	
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>	(1)Inertgas-Zufuhr bei +2,5 mbar(Ü).		1E-1
<b>Druckentlastungsventile</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	(2)Überwachung O2-Konzentration QCZ+ (Schaltpunk 4 Vol%) mit Abschalten der Entleerpumpe		1E-2
<b>Eintrittshäufigkeit mit Schutzebenen</b>			<b>1E-3</b>
<b>Häufigkeit Wirkung mit IPLs: Risikotoleranzkriterien eingehalten?</b>	ja	<b>1E-5</b>	
<b>Handlungsbedarf</b>			

## Bsp. 6 b Lagertank, Befüllung und Entleerung High Demand

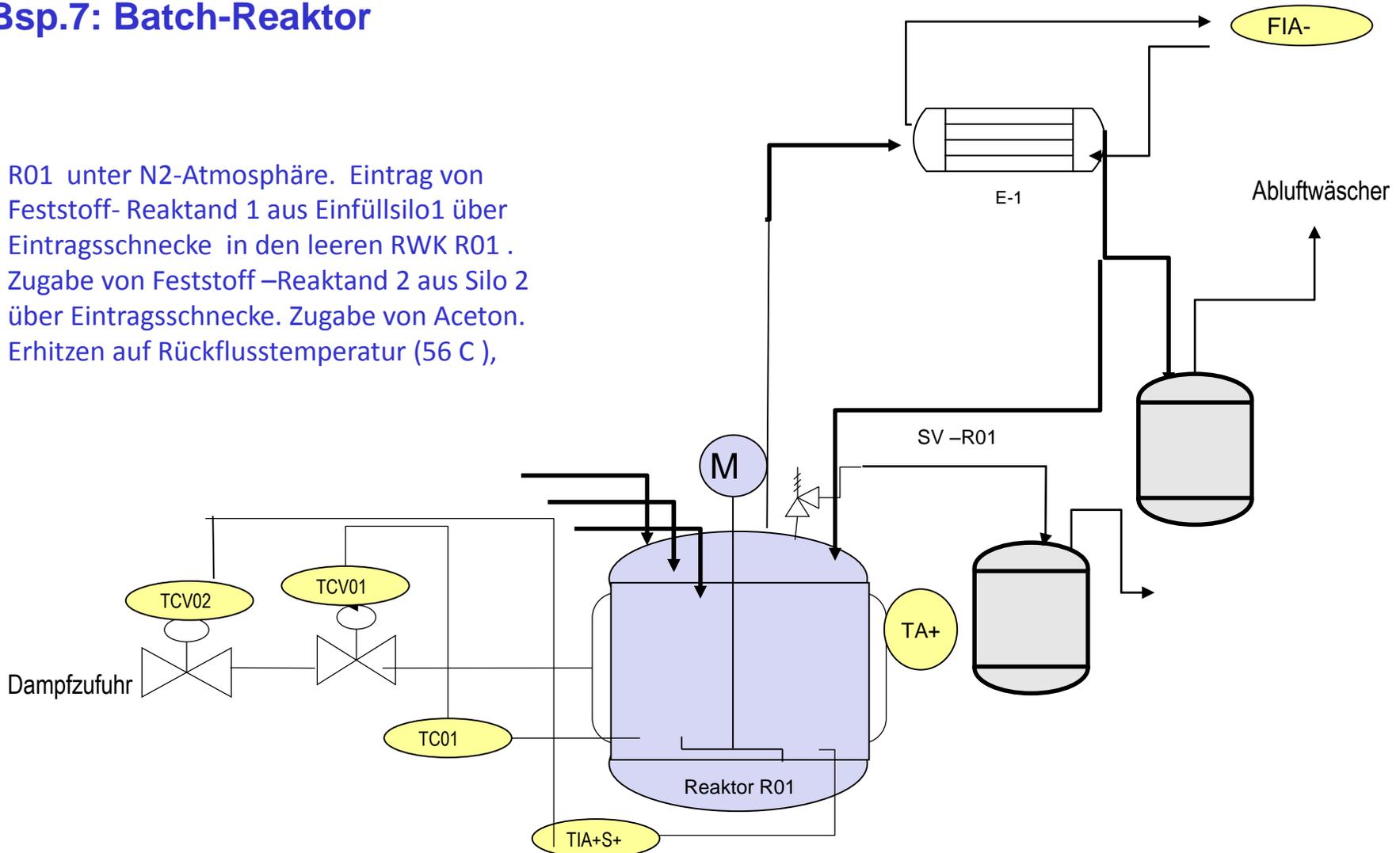
Szenario:		Eintrittshäufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
Befüllung von Lagertank T 100 mit Schweröl über Pipeline (100-10bar) ,Entleerung über Pumpe von unten auf Schiff, Eintritt von Luft –Sauerstoff beim , pyrophore Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch. Zur Verhinderung von Ex-gemisch Inertisierung des Gasraumes mit Abgas der Thermalanlage , alternativ mit N2.Überwachung des Tankinnerraum-Druckes auf <b>Rauchgasüberdruck (Soll +20mbar)</b> . Automatische Abschaltung der Entleerpumpe bei <5mbar Ü(PCZ-) . <b>Rauchgas-Überdruck unter Sollwert 10x/Jahr, Bildung von Exgemisch</b>			
<b>Auswirkung</b>	Bei Zündung Explosion, Tankdach reißt an Reißnaht, Klappt auf, Über Träger mit Tankmantel verbunden. Brandüberschlag auf benachbarten Tank. Tod bei Löscharbeiten		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	<b>Rauchgas-Überdruck unter Sollwert 10x/Jahr, pyrophore Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch: PFD von (1)</b>	1E-1	
<b>Eintrittsermögllicher</b>	Kampagnenfahrweise, Kritisches Zeitfenster:		
<b>Auswirkungsmodifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		<b>1E-1</b>	
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>	<del>(1){Alarmierung von Rauchgas-Störung , Umschalten von Hand auf N2-Überlagerung}</del>		<del>(1E-1)</del>
<b>Druckentlastungsventile</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	2)Unabhängige Überwachung O2-Konzentration QCZ+ (Schaltpunk 4 Vol%) und automatisches Umschalten auf N2-Überlagerung		1E-2
<b>Eintrittshäufigkeit mit Schutzebenen</b>			<b>1E-4</b>
<b>Häufigkeit Wirkung mit IPLs: Risikotoleranzkriterien eingehalten? Handlungsbedarf!!!</b>		<b>1E-5</b>	
<b>Handlungsbedarf</b>	2)Unabhängige Überwachung O2-Konzentration QCZ+ (Schaltpunk 4 Vol%) und automatisches Umschalten auf N2-Überlagerung , aufrüsten auf SIL 3  (1) FIS- von Rauchgas-Strömung , autom Umschalten auf N2-Überlagerung)		1E-1 1E-1

## Bsp. 6c Lagertank, Befüllung und Entleerung

<b>Szenario:</b> Befüllung von Lagertank T 100 mit Schweröl über Pipeline (100-10bar) ,Entleerung über Pumpe von unten auf Schiff, Eintritt von Luft –Sauerstoff beim Abpumpen. Bei pyroforen Ablagerungen (FeS) an der Wandung als Zündquelle für Ex-gemisch. Zur Verhinderung von Ex-gemisch Inertisierung des Gasraumes mit Abgas der Thermalanlage , alternativ mit N2. <b>Überwachung des Tankinnerraum-Druckes auf Rauchgasüberdruck (Soll +20mbar) . Automatische Abschaltung der Entleerpumpe bei &lt;5mbar Ü(PCZ-) .Versagen der Abschaltung der Pumpe durch LIS- (Füllstand) , Zündung</b>		Eintrittshäufigkeit/Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Explosion, Tankdach reißt an Reißnaht, Klappt auf, Über Träger mit Tankmantel verbunden. Brandüberschlag auf benachbarten Tank. Tod bei Löscharbeiten		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	Abpumpen. Trockenlaufen der Entleerpumpe nach Versagen der LIS- Füllstand- Abschaltung <b>Low demand</b>	1E-1	
<b>Eintrittsermögllicher</b>	Kampagnenfahrweise, Kritisches Zeitfenster:		
<b>Auswirkungsmodifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		1E-1	
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>	Überwachte Inertisierung (Rauchgas/N2)		1E-1
<b>Druckentlastungsventile</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	Überwachung O2-Konzentration QCZ+ (Schaltpunk 4 Vol%) mit Abschalten der Entleerpumpe , SIF unabhängig von BPCS.		1E-2
<b>Eintrittshäufigkeit mit Schutzebenen</b>			1E-4
<b>Häufigkeit Wirkung mit IPLs: Risikotoleranzkriterien eingehalten?</b>	nach Erfüllung Handlungsbedarf	1E-5	
<b>Handlungsbedarf</b>	Unabhängige Füllstandsüberwachung LA-- und Abschaltung der Entleerpumpe von Hand		1E-1

## Bsp.7: Batch-Reaktor

R01 unter N<sub>2</sub>-Atmosphäre. Eintrag von Feststoff- Reaktand 1 aus Einfüllsilo1 über Eintragungsschnecke in den leeren RWK R01 . Zugabe von Feststoff –Reaktand 2 aus Silo 2 über Eintragungsschnecke. Zugabe von Aceton. Erhitzen auf Rückflusstemperatur (56 C ),



Rückflusskühler: Kühlwasserüberwachung FIA- mit Umschalten auf Kühlung des Reaktor -Mantels v.Hand , Alarmierung über TA+ im Mantel mit anschließendem Bedienungseingriff bei T>80 °C; Umschalten auf Mantelkühlung,  
TIA+S+ im Reaktor- Innenraum: Sicherheitstemperaturbegrenzers (Hardware) T> 100 °C schließt das Dampfventil Mantelheizung (S) Mantelheizung mit Warmwasser(WW): Abschaltung der Kreislauf-Pumpe TIA+S+ (S) (HW-Sicherheits-Temperaturbegrenzer) S+ schließt bei Überschreiten von 100 °C das Dampfventil

## Bsp.7: Batch-Reaktor

Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Durchfluss/ Stand zu hoch			
Durchfluss/ Stand zu tief			
Druck zu hoch	Kühlmittelausfall	durchgehende Reaktion, Druckanstieg	Sicherheitsventil ausgelegt für siedendes Aceton, Mantel max 100C
Druck zu tief			
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch	b)Kühlwasserausfall auf Rücklaufkühler	durchgehende Reaktion, Bersten, Druckanstieg Explosion, Brand, Tod einer Person	Kühlwasserüberwachung FIA- mit Umschalten auf Kühlung des Mantels v.Hand , Alarmierung über TA+ im Mantel mit anschließendem Bedienungseingriff bei T>80 °C; Umschalten auf Mantelkühlung, TIA+S+ im Innenraum: Sicherheitstemperaturbegrenzers (Hardware) T> 100 °C schließt das Dampfventil Mantelheizung (S) Mantelheizung mit Warmwasser(WW) :Abschaltung der Kreislauf-Pumpe TIA+S+ (S) (HW-Sicherheits-Temperaturbegrenzer) S+ schließt bei Überschreiten von 100 °C das Dampfventil
Ex-Gemisch & Zündquelle innen	a) Elektrostatische Aufladung durch Eintrag von Feststoff, Ex-Gemisch	Zündfunke Explosion, Bersten, Trümmerflug, tödliche Verletzungen	FIS-A-: Zufluss von N2 überwacht mit Alarmierung und HW-Verriegelung von Zugabe aus Silo Von Restgehalt an Aceton befreien durch Anlegen von Vakuum und Anheizen des Mantels auf ca. 50 °C; Brechen des Vakuums mit Stickstoff, Potentialausgleich, Zündquellenvermeidung gemäß <b>Zone 0</b>
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

## Bsp.7a: Batch-Reaktor, elektrostatische Zündquelle

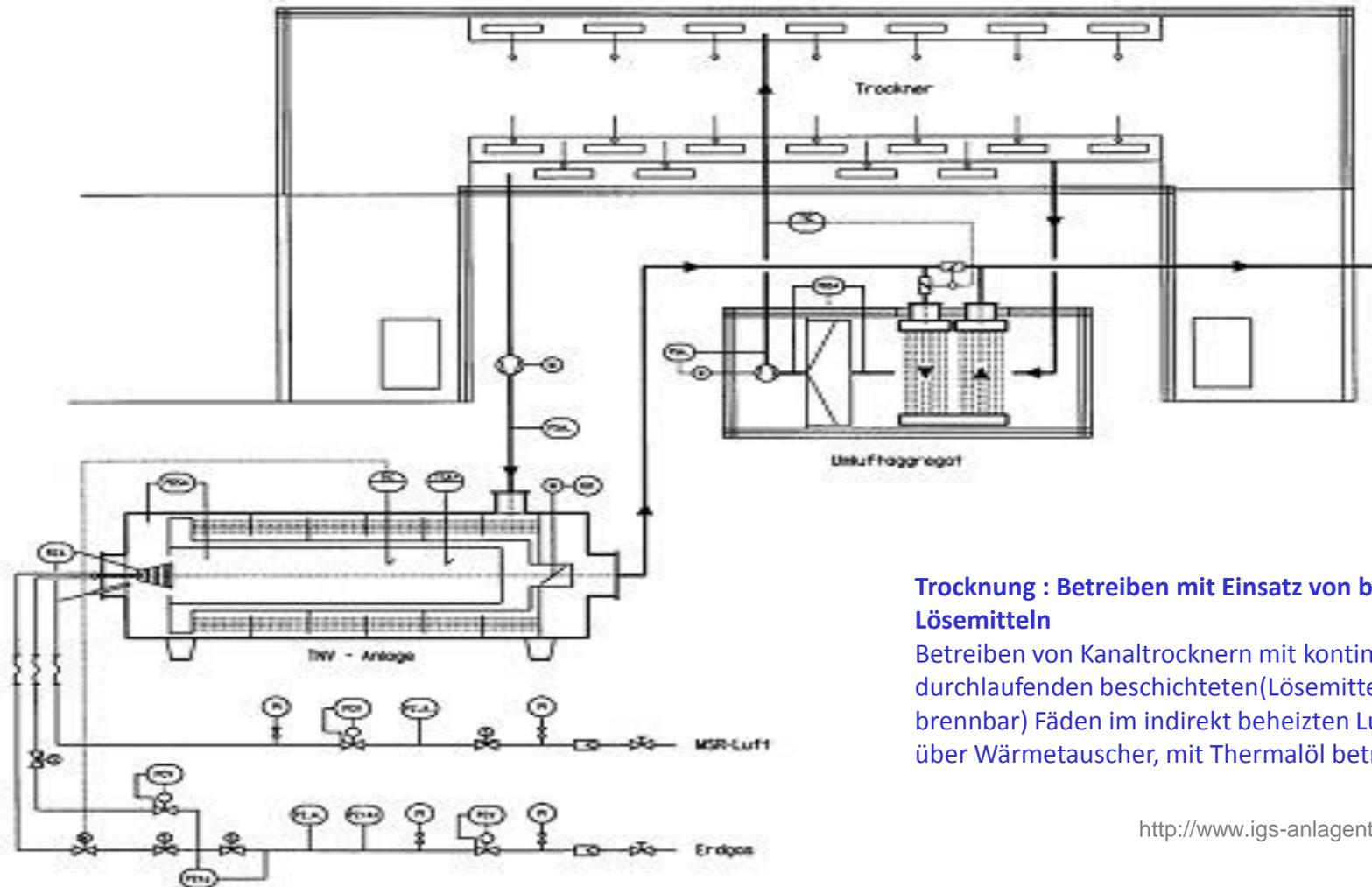
Szenario R01 unter N2-Atmosphäre. Eintrag von Feststoff- Reaktand 1 aus Einfüllsilo1 über Eintragsschnecke in den leeren RWK R01 . Zugabe von Feststoff –Reaktand 2 aus Silo 2 über Eintragsschnecke. Zugabe von Aceton. Erhitzen auf Rückflusstemperatur (56 C ), <b>Elektrostatische Aufladung durch Eintrag von Feststoff, Zündung von Ex-Gemisch</b>		Häufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Explosion, Bersten von Anlagen, <b>Trümmerflug</b> , Brand, Tod einer Person		
<b>tolerierbar</b>	Personenschaden: Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Elektrostatische Aufladung durch Eintrag von Feststoff(>1/Jahr) <b>high Demand: PDF von nachfolgender Einrichtung (1)</b>	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster,		
<b>Auswirkungs modifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung : <b>Potentialausgleich Silo-Kessel, Erdung, regelmäßige Wartung</b>		1E-2
	Personal im Gefahrenbereich		
	Versagen drucktragender Teile		
<b>Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebenen</b>		1E-3	
<b>Unabhängige Schutzebenen (IPL)</b>			
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe</b>	<del>(1) Von Restgehalt an Aceton befreien durch Anlegen von Vakuum und Anheizen des Mantels auf ca. 50 °C; Brechen des Vakuums mit Stickstoff</del>		1E-1
<b>Druckentlastung</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	FIS-A-: Zufluss von N2 überwacht mit Alarmierung und HW-Verriegelung von Zugabe aus Silo, <b>N2 –Überlagerung der Silos ,um O2-Eintrag zusammen mit Feststoff in den Reaktor zu mindern</b>		1E-2
<b>Gesamte PFD für alle IPLs</b>			1E-2
<b>Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?</b>			
	ja	1E-5	
<b>Handlungsbedarf</b>	<b>O2-Überwachung im Ausgang des N2-Stromes aus dem Reaktor auf O2 –Gehalt unter10%?</b>		

## Bsp.7b: Batch-Reaktor, Kühlwasserausfall auf Rückflusskühler

Szenario R01 unter N2-Atmosphäre. Eintrag von Feststoff- Reaktand 1 aus Einfüllsilo1 über Eintragungsschnecke in den leeren RWK R01 . Zugabe von Feststoff –Reaktand 2 aus Silo 2 über Eintragungsschnecke. Zugabe von Lösemittel(Aceton). Erhitzen auf Rückflusstemperatur (56 C ),KW-Ausfall, durchgehende Reaktion, Druckaufbau		Häufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Explosion, Bersten von Anlagen, Brand, Tod einer Person		
<b>tolerierbar</b>	Personenschaden: Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslösendes Ereignis</b>	Kühlwasserausfall auf Rückflusskühler;1/Jahr (High Demand PFD der ersten Schutzzebene einsetzen(1)	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	Kampagnenfahrweise, kritisches Zeitfenster,		
<b>Auswirkungs modifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung		
	Personal im Gefahrenbereich		
	Versagen drucktragender Teile		
<b>Auswirkungen, Eintrittshäufigkeit ohne Schutzebenen</b>		1E-1	
<b>Unabhängige Schutzebenen (IPL)</b>			
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriffe</b>	(1)(Kühlwasserüberwachung FIA mit Umschalten auf Kühlung des Mantels v.Hand-Alarmierung über TA+ im Mantel mit anschließendem Bedienungseingriff bei T>80 °C; Umschalten auf Mantelkühlung)		(1E-1)
<b>Druckentlastung</b>	Sicherheitsventil mit Auslegung für Druckanstieg bei Kühlmittelausfall		1E-02
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	TIA+S+ im Innenraum: Sicherheitstemperaturbegrenzers (Hardware) T> 100 °C schließt das Dampfventil Mantelheizung (S) Mantelheizung mit Warmwasser(WW) :Abschaltung der Kreislauf-Pumpe TIA+S+ (S) (HW-Sicherheits-Temperaturbegrenzer) S+ schließt bei Überschreiten von 100 °C das Dampfventil		1E-02
<b>Gesamte PFD für alle IPLs</b>			1E-4
<b>Häufigkeit Auswirkung mit IPLs: Risiko-Toleranzkriterien eingehalten?</b>		1E-5	
<b>handlungsbedarf</b>			

GL LOPA Enabling conditions.CCPS 2014, Table 1.1 , S.9

## Bsp.8: Kanaltrockner



### **Trocknung : Betreiben mit Einsatz von brennbaren Lösemitteln**

Betreiben von Kanaltrocknern mit kontinuierlich durchlaufenden beschichteten (Lösemittel brennbar) Fäden im indirekt beheizten Luftstrom – über Wärmetauscher, mit Thermalöl betrieben.

<http://www.igs-anlagentechnik.de>

[bild](#)

# Bsp.8: Kanaltrockner

## Sicherheitsanforderungen nach EN 1539 (2010)(Auszug)

### Durchfluss

- Begrenzung höchstdurchlässiger Durchsatz
- Überwachung des Mindest –Abluftvolumenstromes (Volumenstrom der technischen Lüftung) Alarmierung bei Unterschreiten, Alarmierung, Verriegelung der Beschickung mit brennbaren Stoffen , bis der Mindest-Volumenstrom der technischen Lüftung erreicht und überschritten ist
- Überwachung Umluft-Volumenstrom, richtige Stellung der geregelten Drosselklappen, keine manuell einstellbaren Drosselklappen
- Überwachung auf Abwesenheit von Toträumen, z.B. Strömungswächter,
- Überwachung auf Funktion der Ventilatoren,
- vor Inbetriebnahme der Heizung: Vorspülen mit mind. 5 facher Menge des Gesamtdampftraumes an Frischluft auf <20% UEG
- nach Reparatur Spülung mit Frischluft wie oben

### Ausfall der Heizung:

- Alarmierung,--Stoppen der Beschickung,
- „Weiterbetreiben der technischen Lüftung bis zur Entfernung der dampf-und gasförmigen Rückstände der brennbaren Stoffe“;
- Wiederanfahren der Heizung: nach Vorspülen-oder ohne Spülen, wenn der Abluftvolumenstrom entsprechend lange aufrechterhalten worden ist.

### Temperatur zu hoch

Schutzeinrichtung: Temperaturbegrenzung (Einrichtung unabhängig von Temperaturregelung);

- Abschalten der Heizeinrichtung

- Abschalten der Beschickung mit brennbaren Stoffen
- kein automatisches Wiederanlaufen der Heizung

### Temperatur zu tief

-Verriegelung von Untertemperatur-Überwachungseinrichtung und der Beschickung mit brennbaren Stoffen

### Ex-Schutz

- Explosionsdruckentlastung- nicht erforderlich bei „Durchlauftrocknern mit Begrenzung der Lösemitteldampf-Konzentrationen auf unter 25% der UEG in Verbindung mit zusätzlicher Gaswarneinrichtung und Verriegelungen, die die Beschickung mit brennbaren Stoffen unterbrechen und /oder den Volumenstrom der technischen Lüftung erhöhen, wenn die Konzentration auf 25% der UEG ansteigt...“.
- „in Durchlauftrocknern muss vor Erreichen der höchstzulässigen Konzentration (bei etwa 90%) der Durchsatz an Beschichtungsstoffen herabgesetzt (oder gestoppt) werden und/oder der Volumenstrom der technischen Lüftung erhöht werden“

### Versagen der Energieversorgung:

Not-Strom-versorgung für

- für Mindestvolumenstrom der technischen Lüftung
- sicherheitsbezogene Maßnahmen/Einrichtungen

EN 1539:2000,5.7.2.1.2.2(a-d),,5.7.2.1.4.3(d), , 5.7.2.2.2.2., 5.8, 5.9,

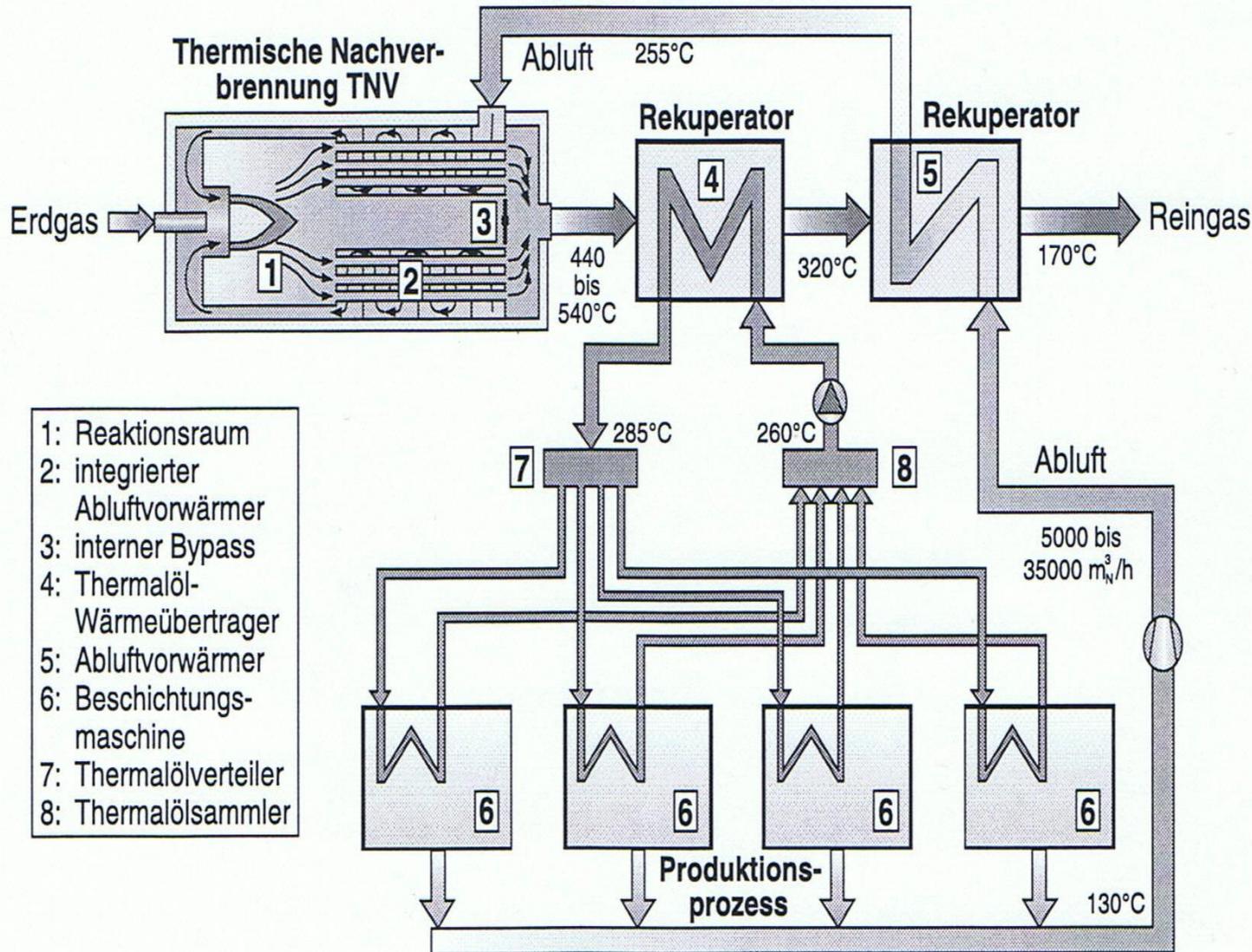
## Bsp.8: Kanaltrockner

<b>Sollfunktion:</b>	<b>Trocknung : Betreiben mit Einsatz von brennbaren Lösemitteln</b> Betreiben von Kanaltrocknern mit kontinuierlich durchlaufenden beschichteten Fäden im indirekt beheizten Luftstrom –über Wärmetauscher, mit Thermalöl betrieben.		
Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
Stand zu hoch/tief			
Druck zu hoch			Notentlastung über Notkamin, Umschaltung über UEG-Funktion
Temp.zu hoch			Zu heiße Trocknungsluft: sicherheitsgerichtete Temperaturüberwachung von max 240 C (TZ+) mit Abschaltung der Lösemittelaufgabe und der Aufheizung- Grenztemperatur noch festzulegen , Verriegelung von Thermalölheizung TZ+A+ bei Überhitzung
Ex-Gemisch & Zündquelle innen	Ausfall Ventilation des Luftstromes,	Glimmbrand zündet Ex-Gemisch. Explosion, Trümmerflug	UEG-Überwachung im Abluftstrom; bei > 25% UEG Abschaltung der Lösungszufuhr - - beide in sicherheitsrelevanter Ausführung, Not-Aus Stromkreise; Überwachung Mindestabluftstrom, durch sicherheitsgerichtete Durchfluss-Messgeräte (FZ-)mit Abschaltung der Lösemittelaufgabe und Entlüftung über Notkamin bei Erreichen > 25% UEG .Elektrische Ausrüstung im Innenraum gemäß Zonenfestlegung, Vermeidung elektrostatischer Entladung: Erdung/Potentialausgleich, Abnahme der E-Installation nach VDE100, VDE 0165
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			Äußerer Blitzschutz und Innerer Blitzschutz (Schaltschränke). Regelmäßige Überprüfung. Energieausfall: <u>Notstromversorgung für sicheres Belüften, Abschalten der Lösemittel-Zufuhr, verstärkte Absaugung über Notgebläse</u>
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

## Bsp.8: Kanaltrockner ,

Trocknung : Betreiben mit Einsatz von brennbaren Lösemitteln Betreiben von Kanaltrocknern mit kontinuierlich durchlaufenden beschichteten Fäden im indirekt beheizten Luftstrom –über Wärmetauscher, mit Thermalöl betrieben. , <b>Bildung von Ex-Gemisch durch Glimmbrand, zündet Ex-Gemisch.</b>		Eintrittshäufigkeit/ Jahr	Wahrscheinlichkeit
<b>Auswirkung</b>	Ex-Gemisch Abgas/Luft wird gezündet ; Explosion , Brand, Tod von Personen		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod von Personen	1E-6	
<b>Auslöser</b>	Ausfall Ventilation des Luftstromes <u>nach dem Anfahren</u> und Glimmbrand	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>	kritisches Zeitfenster,		
<b>Auswirkung modifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich :		
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		1E-1	
<b>PLT- Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>	, Überwachung des Mindest –Luftvolumenstromes (Volumenstrom der technischen Lüftung) Alarmierung FA-bei Unterschreiten, <u>Verriegelung der Beschickung mit brennbaren Stoffen von Hand , bis der Mindest-Volumenstrom der technischen Lüftung erreicht und überschritten ist (Unabhängig von SIF)</u>		1E-1
<b>Druckentlastung</b>	Druckentlastung über Notkamin		1E-2
<b>PLT- Schutz- Funktion(SIF)</b>	UEG-Überwachung im Abluftstrom; bei > 25% UEG Abschaltung der Dipp-Lösungszufuhr- - beide in sicherheitsrelevanter Ausführung, Überwachung Mindestabluftstrom, durch sicherheitsgerichtete Durchfluss-Messgeräte (FZ-)mit <u>Abschaltung der Lösemittelaufgabe und Entlüftung über Notkamin bei Erreichen &gt; 25% UEG</u>		1E-2
<b>Schutzmaßnahmen , keine IPL</b>	<u>Anfahrvorgänge mit 5x Luftwechsel ,Elektrische Ausrüstung im Innenraum gemäß Zonenfestlegung, Vermeidung elektrostatischer Entladung: Erdung/Potentialausgleich, Abnahme der E-Installation nach VDE100, VDE 0165, <u>Not-Aus Stromkreise, verstärkte Absaugung über Notgebläse</u></u>		
<b>Gesamt PFD für alle Schutzebenen</b>			1E-5
<b>Eintrittshäufigkeit mit Schutzebenen</b>	Kriterien der tolerierbaren Risiken erfüllt: ja	1E-6	
<b>Handlungsbedarf</b>			

## Bsp.9: Thermische Nachverbrennung, Brenner



Bei der thermisch rekuperativen Nachverbrennung wird das Rohgas über einen Rohrbündel-Wärmetauscher durch das heiße Reingas vorgewärmt und dann in der Brennkammer bei Temperaturen von 700 – 900 °C, im allgemeinen unter Zugabe von Brennstoff, verbrannt.

<http://www.igs-anlagentechnik.de/lieferprogramm>

## Bsp.9: Thermische Nachverbrennung, Brenner

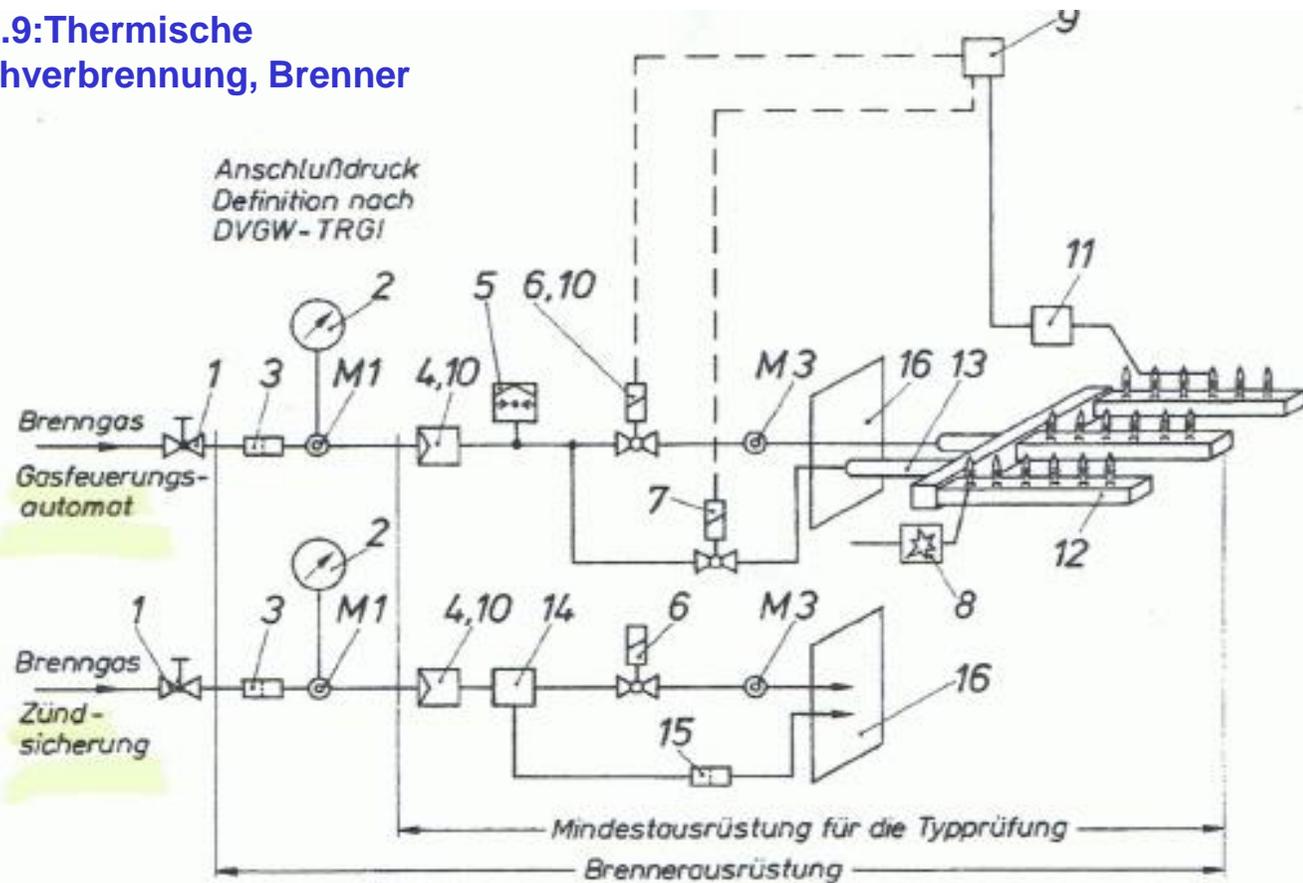


Bild 1. Beispiel für die Ausrüstung eines Gasbrenners ohne Gebläse

- |   |  |
|---|--|
| 1 Handbetätigte Absperrvorrichtung (bauseits nach DIN 4756, Ausgabe Juni 1977, Abschnitt 4.2.1) | 10 Voreinstellglied (siehe Abschnitt 3.1.2.5), z. B. kombiniert mit lfd. Nr 4 und/oder lfd. Nr 6 |
| 2 Gasdruckmesser  | 11 Flammenfühler   |
| 3 Schmutzfänger (siehe Abschnitt 3.1.2.1)   | 12 Gasbrenner  |
| 4 Gasdruckregler (siehe Abschnitt 3.1.2.2)  | 13 Zündbrenner   |
| 5 Gasdruckwächter (siehe Abschnitt 3.1.2.3)   | 14 Zündsicherung (siehe Abschnitt 3.1.2.7)   |
| 6 Selbststellglied (siehe Abschnitt 3.1.2.4)  | 15 Zündgasfilter   |
| 7 Zündgasventil   | 16 Mindestöffnung Luftzutritt (siehe Abschnitt 3.1.2.8)  |
| 8 Zündeinrichtung (siehe Abschnitt 3.1.2.6)   | M1 Meßstelle für Anschlußdruck (Definition nach TRGI)  |
| 9 Gasfeuerungsautomat (siehe Abschnitt 3.1.2.7)   | M3 Meßstelle für Gasfließdruck am Brennerkopf (siehe Abschnitt 3.1.2.9)                          |

## Bsp.9: Thermische Nachverbrennung, Brenner

<b>Sollfunktion:</b>	TNV mit Erdgasbrenner zur Verbrennung von Abluft: Rohgas wird über einen Rohrbündel-Wärmetauscher durch das heiße Reingas vorgewärmt und dann in der Brennkammer bei Temperaturen von 700 – 900 ° verbrannt.		
<b>Abweichung</b>	<b>Ursache</b>	<b>Auswirkung</b>	<b>Gegenmaßnahme</b>
Stand zu hoch			
Stand zu tief			
Druck zu hoch			
Druck zu tief			Gashochdruck-Sicherheitsabsperrventil, das die Gaszufuhr vor einer Drucküberschreitung abschaltet,
Temp.zu tief			
Temp.zu hoch			
Ex-Gemisch & Zündquelle innen	Flammenausfall während des Betriebes durch zu hohen Luftstrom: weiterer Zustrom von Erdgas und Abgas durch Wiederanlaufen,	Zündung durch heiße Brennerinnen- auskleidung (wenn Temperatur höher als Zündtemperatur), Explosion, Bersten der Brennerkammer	Pilotflamme mit unabhängiger Brenngas- und Luftversorgung verhindert Akkumulation von unverbranntem Brenngas. <u>Sicherheitskette</u> mit Flammenüberwachung von Pilotflamme und Hauptflamme schließt bei Ausfall von einer der beiden Flammen Erdgaszufuhr und Abgaszufuhr, Wiederanfahrsperrung für > 3x Anfahren mit nichtveränderbare Störabschaltung, Brenner-Luft: Mindest-Volumenstrom-Überwachung
Stoffaustritt			
Ex-Gemisch & Zündquelle außen			
Bewegte Teile			
Arbeiten (Proben, Reinigen, Instandhalten An-Abfahren)			

# Bsp.9: Thermische Nachverbrennung, Brenner

<b>Szenario:</b>	<p>TNV mit Erdgasbrenner zur Verbrennung von Abluft:          Flammenausfall während des Betriebes durch zu hohen Luftstrom: weiterer Zustrom von Erdgas und Abgas durch Wiederanlaufen, Zündung durch heiße Brenner-Innenauskleidung (wenn Temperatur höher als Zündtemperatur), Explosion, Bersten der Brennerkammer</p>	<b>Eintrittshäufigkeit/Jahr</b>	<b>Wahrscheinlichkeit</b>
<b>Auswirkung</b>	Ex-Gemisch (aus Brenngas/Luft oder Abgas/Luft) wird gezündet ; Explosion , Brand, Tod von Personen		
<b>tolerierbares Risiko</b>	Tod einer Person	1E-5	
<b>Auslöser</b>	Flammenausfall während des Betriebes: <del>keine</del> Erdgaszufuhr	1E-1	
<b>Eintrittsermöglicher</b>			
<b>Auswirkungs-modifikator</b>	Bildung von Ex-atmosphäre:		
	Entzündung :		
	Personal im Gefahrenbereich <u>kein Zugang zu Brennerraum bei Brennerbetrieb organisatorisch</u>		1E-1
	Versagen drucktragender Teile :		
<b>Eintrittshäufigkeit der Gefahrenquelle ohne Schutzebenen</b>		1E-2	
<b>PLT-Betriebssystem+ Personal-Eingriff</b>			
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF) vorgeschaltet</b>	Gasdruck-überwachung min.: schaltet Brenngaszuführung ab		1E-2
<b>PLT- Schutz-Funktion(SIF)</b>	Pilotflamme mit unabhängiger Brenngas- und Luftversorgung verhindert Akkumulation von unverbranntem Brenngas. <u>Sicherheitskette</u> mit Flammenüberwachung von Pilotflamme und Hauptflamme schließt bei Ausfall von einer der beiden Flammen Erdgaszufuhr und Abgaszufuhr, Wiederanfahrsperr für > 3x Anfahren mit nichtveränderbare Störabschaltung, Brenner-Luft: Mindest-Volumenstrom-Überwachung		1E-2
<b>Schutzmaßnahmen , nicht als IPL eingestuft</b>	Ein schnell wirksames handbetätigtes Absperrventil muss vor allen Überwachungseinrichtungen in Gasfließrichtung vorgesehen werden, um die Gaszufuhr zum Brenner schließen zu können.		
<b>Gesamte PFD für alle Schutzmaßnahmen</b>			1E-4
	Kriterien der tolerierbaren Risiken: erfüllt	1E-6	