

Für einen ganzen Standort: Kurz-HAZOP mit Kurz-LOPA

Dr.-Ing. Robert Kirchner
RCC Dresden, 27. November 2019

Mit konsequenter LOPA-Logik in weniger Zeit zu mehr Sicherheit

Dr.-Ing. Robert Kirchner
Köthen, 8. November 2019, 8:30 Uhr

Stressfaktoren in der Prozess-Sicherheit

Dr.-Ing. Robert Kirchner
Köthen, 7. November 2019, 14.30 Uhr



Erste Ergebnisse vom LOPA-Ausschuss von ProcessNet

Dr.-Ing. Robert Kirchner
November 2021 in Planung



Dr.-Ing. Robert Kirchner

- Moderation für **Risikoanalysen**
(PAAG/HAZOP, LOPA, kundenspez.)
- Betriebsoptimierte Prozess-Gefahren-Analysen
- Beratung und Methodenentwicklung zur Prozess-Sicherheits-Analyse
- Process Safety Quick Check PSQC

Referent für

LOPA, PAAG, PAAG-LOPA
bei Universität Wuppertal
und BGRCl



**VERFAHRENS- &
UMWELTECHNIK
KIRCHNER**



Ein ganzer Standort im Überblick: Kurz-HAZOP mit Kurz-LOPA

- I. Ganzer Standort
- II. Kurz-HAZOP
- III. Kurz-LOPA
- IV. Ergebnis
- V. Fazit und Ausblick



I. The process safety checked site

Founded: 1910

Employees: 1100

Products: 600, mostly inorganic

Part of a global chemical company with strict guidelines for safety management and risk analyses



Aufgabenstellung für Risiko-Analyse:

- Sicherheits-Status für “Neueinkauf” mit HAZOP/LOPA feststellen
- Zeitvorgabe: maximal 5 Jahre für vollständige Sicherheitsanalysen



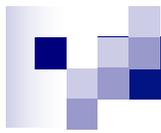
Rahmenbedingungen:

- 180 Einzelanlagen
- 3 “Schlüssel-Ingenieure”
- Zeitbudget:
0,5 Tag pro Woche
= 383 Mann-Tage =
ca. 2 Tage pro Einzelanlage



Beschluss:

- Zeitsplittung 1 + 4 Jahre
1 Jahr Quick Check
4 Jahre HAZOP/LOPAs für als kritisch identifizierte Anlagen
- 180 Einzelanlagen
→ 92 Quick Check Einheiten



Process Safety Quick Check

PSQC: 14 of 92 check units

| Check Unit | Plant Description | Check Unit | Plant Description |
|------------|-----------------------|------------|--------------------|
| CO 3 | Ash Conditioning | R 1 | Drying and Milling |
| CO 5 | Combustion | R 2 | Neutralization |
| CO 6 | Boiler Plant | R 7 | B-Solztion |
| CR 1 | Crystallisation | U 10 | Compressed Air |
| CR 2 | Potash Laye Tank | U 11 | Vacuum Plant |
| | | U 12 | Cooling Water |
| H 5 | Hydrogenchloride Gen. | | |
| H 8 | Filtration | | |
| H 16 | Hydrogen Plant | | |

(5 to 15 P&IDs per check unit)



II. Vorgehen bei HAZOP/ PAAG

1. Unterteilung der Anlage in Betrachtungseinheiten BE
2. Sollfunktionen für alle Betriebsweisen für jede BE erstellen
3. Mit Leitworten **Abweichungen** postulieren, mögliche **Ursachen** auffinden, **Auswirkungen** analysieren
4. Bei kritischen Szenarien notwendige **Gegenmaßnahmen** (und deren **Qualität** festlegen)



Ziel von PAAG/HAZOP

Anlagenrisiken ermitteln/identifizieren,
und zwar

systematisch und vollständig

→ “endlose” Liste von Szenarien



Rahmen bei HAZOP/ PAAG

1. Kreativer und kritischer Betrachtungsprozess
2. Ehrliche und offene Atmosphäre
3. Team von Fachleuten
4. Vollständige Planungsunterlagen oder Anlagendokumentation liegen vor
5. Statusfeststellung, kein neues Engineering



Vorgehen Kurz - HAZOP

1. Team (ohne Moderator) beschreibt Prozessschritte der Einheit und ihre Gefahren im 10 Punkte umfassenden Formblatt
2. Moderator bekommt ausgefülltes Formblatt und hinterfragt Prozess und Gefährdungen
3. Team und Moderator entwickeln Formblattinhalt zur einvernehmlichen Beschreibung von Prozess und Gefahren weiter



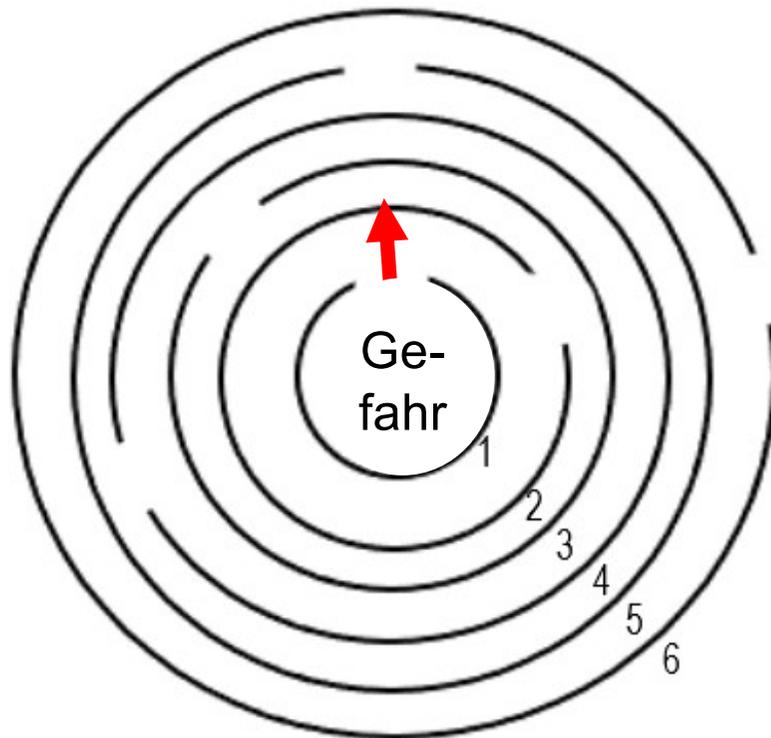
III. Vorgehen bei LOPA

1. Unterteilung der Anlage in Betrachtungseinheiten BE
2. Untersuchung von Worst Case Szenarien
3. Festlegung von Zielhäufigkeiten in Zehnerpotenzraster
4. Bewertung von Schutzebenen mit Zehnerpotenzraster

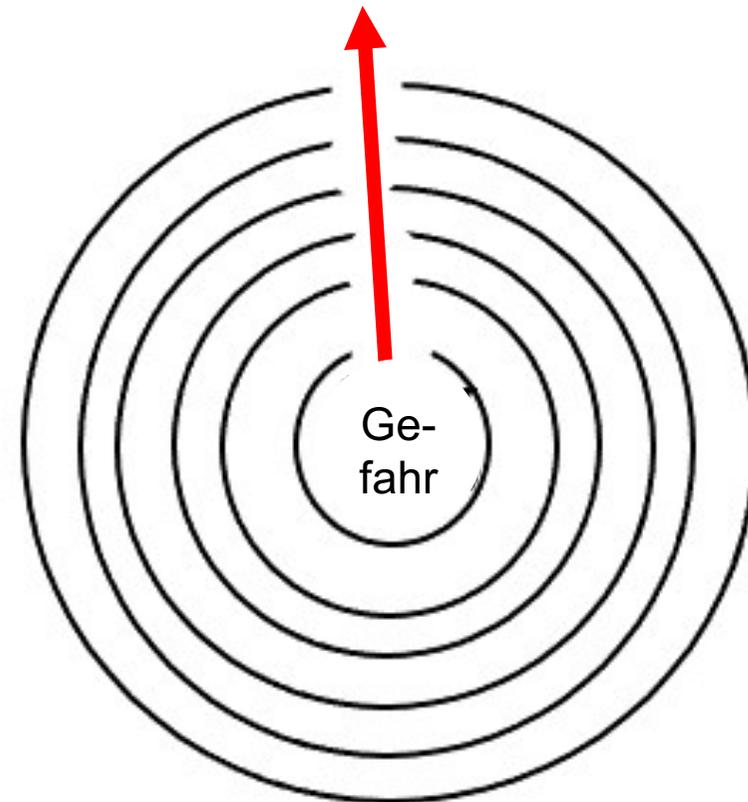
Dynamische LOPA - Zwiebel



Mensch / Umwelt / Vermögen



Mensch / Umwelt / Vermögen





Schutzebenen

1. Druckfeste Hülle
2. Tatsächliches Mitarbeiterverhalten
3. Anwesenheit im Gefahrenbereich
4. Definierter Einsatz von Gas-Sensoren mit klarer Reaktionskette
5. Reaktionskette und Reaktionszeit bei Alarmen
6. PLT-Schutzeinrichtung



Abschätzung der Ereigniswahrscheinlichkeit EW

$EW < IEF * PFD \text{ (Schutzebene 1)} * PFD \text{ (Schutzebene 2)}$

$= 1 / 10 \text{ Jahren} * 0,1 * 0,01 = 1/10.000 \text{ Jahre} = 10^{-4} / \text{Jahr}$

$$-\log EW = \sum CP = 1 + 1 + 2 = 4$$

IEF = Initiating Event Frequency

PFD = Probability of Failure on Demand



LOPA-Formel

$$TF \leq \sum CP$$

Bewertung der
Schadenshöhe im
Worst Case Szenario
TF = 4, 5,....oder 10

Bewertung der
vorhandenen
Schutzschichten



Übliche LOPA-Ergebnis – Übersicht

| Fall | Abweichung | TF | Creditpoints CP für Schutzebenen | | | | | | | TF - \sum CP |
|---------|-----------------------|-----|-------------------------------------|-----|----|---|---|---|---|----------------|
| | | | A | B | C | D | E | F | G | |
| W 37.P1 | Druck zu hoch | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | - 1 |
| K 42.T2 | Temperatur zu hoch | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | ... | ... | .. | ... | .. | | | | | ... |
| | | | . | | . | | | | | |
| R 37.Z1 | Zeitpunkt zu früh | 8 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |



Rahmen bei LOPA

1. Kreativer und kritischer Betrachtungsprozess
2. Ehrliche und offene Atmosphäre
3. Team von Fachleuten
4. Vollständige Planungsunterlagen oder Anlagendokumentation liegen vor
5. Statusfeststellung, kein neues Engineering, aber gute Basis für weiteres Engineering



Vorgehen Kurz - LOPA

1. Moderator entwirft zwei bis vier Worst Case Szenarien WCS
2. Worst Case Szenarien werden im Team diskutiert und weiterentwickelt
3. Vier Worst Case Szenarien werden in LOPA-Zehnerpotenzraster bewertet
4. Bewertung der Worst Case Szenarien bestimmt Risiko-Rang der Einheit beim Vergleich mit den übrigen 97 Einheiten



IV. Process Safety Check Result 1: Risk Evaluation

Consequence
Severity
Classes:

A,B,C,D,E

Frequency
Classes:

S,T,U,V,W,X,Y,Z

| Check Unit | Plant Description | Worst Case Scenarios Risk Evaluation | | | |
|------------|----------------------------|--------------------------------------|----|----|----|
| | | | | | |
| CO 3 | Ash Conditioning | CU | DW | EW | ES |
| CO 5 | Combustion | AV | AU | BV | BX |
| CO 6 | Boiler Plant | AT | AT | AT | EV |
| CR 1 | Crystallisation | BX | BX | BV | AX |
| CR 2 | Potash Lye Tank | BW | DW | DW | EW |
| H 5 | Hydrogenchlorid Generation | AU | BX | DV | EV |
| H 8 | Filtration | BT | CV | DW | - |
| H 16 | Hydrogen Plant | AW | AW | AX | AX |
| R 1 | Drying and Milling | AT | BT | DV | EW |
| R 2 | Neutralization | AW | AW | BU | BU |
| R 7 | B-Solution | BU | EV | - | - |
| U 10 | Compressed Air | CT | - | - | - |
| U 11 | Vacuum | EW | EU | - | - |
| U 12 | Cooling Water | CX | AT | BF | CU |



Process Safety Check Result 2: Check Unit Risk Ranking

Consequence
Severity
Classes:

A,B,C,D,E

Frequency
Classes:

S,T,U,V,W,X,Y,Z

| Check Unit | Plant Description | Worst Case Scenarios Risk Evaluation | | | | Ranking | |
|------------|---------------------------|--------------------------------------|------|-----|-----|---------|----|
| | | rot | gelb | | | | |
| CO 5 | Combustion | A V | A U | B V | B X | 14 | 4 |
| CR 1 | Crystallization | B X | B X | B V | A X | 12 | 5 |
| H 16 | Hydrogen Plant | A W | A W | A X | A X | 10 | 10 |
| R 2 | Neutralization | A W | A W | B U | B U | 10 | 8 |
| H 5 | Hyrogenchlorid Generation | A U | B X | D V | E V | 9 | 2 |
| CR 2 | Potash Lye Tank | B W | D W | D W | E W | 4 | 4 |
| U 12 | Cooling Water | C X | A T | B F | C U | 3 | 12 |
| CO 6 | Boiler Plant | A T | A T | A T | E V | | 15 |
| R 1 | Drying and Milling | A T | B T | D V | E W | | 11 |
| H 8 | Filtration | B T | C V | D W | - | | 9 |
| CO 3 | Ash Conditioning | C U | D W | E W | E S | | 5 |
| R 7 | B-Solution | B U | E V | - | - | | 4 |
| U 11 | Vacuum | E W | E U | - | - | | |
| U 10 | Compressed Air | C T | - | - | - | | |



Ergebnisse

1. 92 von 92 Units = 368 WCS
Violett: 0,3 %
Rot: 9,8 %
Gelb: 35,9 %
Grün: 54,0 %
2. Ansätze zu Sofortverbesserungen bei 27 Einheiten gefunden
3. Sicherheitsorientierte Einarbeitung der Jungingenieure/innen
4. Dauer: 2017 + 2018 statt geplantem einem Jahr wegen Personalausfällen



Prüfung der PQSC-Ergebnisse

1. Prüfung einzelner Ergebnisse in Diplomarbeit
2. Grundsätzliche Revalidierung von violett, rot und “starkgelb” bewerteten Szenarien
3. Für 30 % der Einheiten vollständige HAZOP/LOPA in den nächsten Jahren



V. Fazit und Ausblick

1. PQSC mit LOPA und HAZOP/PAAG-Elementen ist Antwort auf modernen Zeit- und Kompetenzmangel
2. PQSC mit LOPA und HAZOP/PAAG-Elementen führt zu schnellster Aufdeckung akuter Sicherheitslücken



Seit 1990

Beratung und Projektbegleitung

Risikoanalysen u.a. LOPA, PAAG

Beratung Prozess-Sicherheit

Prozess-Simulation

Beratung Umweltschutz & Recht

Thermische Verfahrenstechnik

in

Anlagenbau & Anlagenplanung

Chemie & Pharma & Solar

Öl & Gas

Lackherstellung & Lackierung

Recycling & Umweltschutz & Energie



**VERFAHRENS- &
UMWELTECHNIK
KIRCHNER**

www.umweltechnik-kirchner.de