

**ERGEBNISPAPIER**

# Methodenvergleich zur SIL-Klassifizierung

Sind vorhandene Regeln ausreichend, um ein einheitliches Niveau von Sicherheitskonzepten zu gewährleisten?



© Conventa-Partita

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Einführung</b>                      | <b>4</b>  |
| <b>2 Problemstellung und Zielsetzung</b> | <b>5</b>  |
| <b>3 Vorgehensweise</b>                  | <b>6</b>  |
| <b>4 Ergebnisse</b>                      | <b>8</b>  |
| <b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>    | <b>9</b>  |
| <b>Anhang und Literaturverzeichnis</b>   | <b>10</b> |

**IMPRESSUM****Herausgeber**

ProcessNet-Arbeitsausschuss Risikomanagement

**Verantwortlich im Sinne des Presserechts**

DECHEMA e.V.

Dr. Andreas Förster

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main

ISBN: 978-3-89746-203-8

Stand November 2017

## 1 Einführung

Das vorliegende Ergebnispapier wurde vom ProcessNet-Arbeitsausschuss Risikomanagement erarbeitet. Der Arbeitsausschuss beschäftigt sich mit dem Risikobegriff, der Risikoermittlung und -bewertung in der Prozessindustrie.

Das Ergebnispapier richtet sich an Anlagenbauer, Betreiber und Behörden und soll zeigen, inwiefern ein einheitliches Sicherheitsniveau innerhalb der Prozessindustrie gewährleistet ist.

Der Risikobegriff in der verfahrenstechnischen Industrie hat in den vergangenen Jahren durch die zunehmende Internationalisierung, Harmonisierung der Standards und stärkere Selbstverpflichtung der Unternehmen an Bedeutung gewonnen. Im Vordergrund stehen dabei die Risiken, die für Personen, Umwelt und Produktionseinrichtungen aus stoff- und prozessbedingten Gefahrenpotentialen entstehen können. Die europäischen Richtlinien und weitere internationale Normen fordern zunehmend quantitative Risikobetrachtungen, sodass die qualitative bzw. deterministische Risikobetrachtung in der heutigen Zeit als Risikobewertung nicht immer ausreicht. Das Spektrum der Risikobetrachtungen wird im Arbeitsausschuss analysiert und diskutiert. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den Bewertungs- und Akzeptanzkriterien sowie der Diskussion einer sinnvollen Anwendung (semi-)quantitativer Ansätze zur Risikobetrachtung in Deutschland.

In Deutschland sind keine Risikoakzeptanzkriterien definiert. Jedoch sind Bewertungs- und Akzeptanzkriterien zum gesellschaftlichen Konsens und zur Wahrung der Planungssicherheit für die verfahrenstechnische Industrie von Bedeutung.

In Fällen, in denen diese Kriterien nicht eindeutig festgelegt sind, ergibt sich für die Anwender die Notwendigkeit, entsprechende eigene Kriterien zu verwenden. Für dieses Ergebnispapier wurde beispielhaft der Einfluss unterschiedlicher Bewertungskriterien auf das Niveau von Sicherheitskonzepten untersucht. Dies erfolgte unter Berücksichtigung des Standes der Sicherheitstechnik auch mit Unterstützung von unabhängigen Sicherheits-Beratungsfirmen.

Das Ergebnispapier entstand in Zusammenarbeit folgender Teilnehmer:

Chemische Industrie: Axalta Coating, Bayer, BASF, Covestro, Evonik, Merck

Anlagenbauer: Linde, thyssenkrupp, Air Liquide

Beratungsfirmen: DNV GL, Weyer Gruppe, TÜV SÜD, CMK Consulting

## 2 Problemstellung und Zielsetzung

Nach der DIN EN 61511 ist die Durchführung von Risikoanalysen für die Festlegung der Anforderungen an Einrichtungen der funktionalen Sicherheit gefordert. Dies beinhaltet die SIL-Klassifizierung von PLT-Sicherheitseinrichtungen. Ein Nachteil der Richtlinie ist, dass keine Vorgaben bezüglich Methode, Risikoparameter und -kriterien gemacht werden. Als Methoden haben sich im Wesentlichen der Risikograph, Klassifizierung anhand Risikomatrizen oder LOPA (Layer of Protection Analysis) etabliert. Die jeweils verwendeten Risikoparameter und -kriterien werden weitgehend durch den Anwender firmenspezifisch festgelegt. Diese sind beispielsweise

- » Eintrittshäufigkeiten
- » Kriterien zur Beurteilung des Schadensausmaßes
- » akzeptiertes Risiko
- » Berücksichtigung von risikomindernden Einrichtungen / Maßnahmen (IPL)

Die firmenspezifisch verwendeten Methoden und Risikoparameter werfen folgende Fragen auf:

- » Kommen wir trotz unterschiedlicher Methoden zu den gleichen sicherheitstechnischen Lösungen?
- » Welche Bandbreite an Zuverlässigkeitsanforderungen an die sicherheitstechnischen Maßnahmen ergibt sich bei unterschiedlichen risikobasierten, methodischen Ansätzen?

Ziel ist es, diese durch vergleichende Untersuchung zu klären.

### 3 Vorgehensweise

Um diese Fragen zu beantworten, wurde ein „Round Robin Test“ („Ring-Vergleich“) durchgeführt. Dazu wurden im ProcessNet-Arbeitsausschuss Risikomanagement für einen klar definierten Modellfall die Anforderungen an jeweils 3 verschiedene sicherheitstechnische Maßnahmepakete von Teilnehmern aus verschiedenen Unternehmen anhand ihrer firmenspezifischen Methode definiert und die Ergebnisse verglichen.

**Modellfall:**

Ermittlung des Sicherheitskonzeptes – insbesondere Definition der erforderlichen SIL-Klassifizierung für die Temperaturabsicherung TS02LL und die Druckabsicherung PS03HH. Sowohl TS02LL als auch PS03HH schließt XV01.

Dabei soll keine „Musterlösung“ erarbeitet werden, sondern die Teilnehmer sollen die Klassifizierung anhand der Methode(n) und mit den Risikoparametern und -kriterien durchführen, wie sie in ihrem Unternehmen üblicherweise angewandt werden.

Für die Druckabsicherung werden zwei Varianten des Sicherheitskonzeptes unterschieden.

- » Variante 1: PSV01 ist dimensioniert für die „volle Menge“
- » Variante 2: PSV01 ist nur ausgelegt für „Brand“ und „Undichtigkeit XV01“

Alle Ventile sind „fail safe closed“ ausgeführt.

Der Modellfall ist in Abbildung 1 dargestellt. Tabelle 1 gibt einen Ausschnitt einer HAZOP-Analyse für den Modellfall wieder.

**Randbedingungen:**

Massenstrom 100 t/h  
 Stoffzusammensetzung: Kohlenwasserstoffe C1 bis C5  
 Volumen 10D01 = 20m<sup>3</sup>  
 Flüssigvolumen 10D01 = 4m<sup>3</sup>

**Bedingungen auf der Hochdruck-Seite:**

Betriebsbedingungen: 26barg, -50°C  
 Mechanische Auslegungsbedingungen: 30barg bei -70°C bis +50°C  
 Material: Edelstahl

**Bedingungen auf der Niederdruck-Seite:**

Betriebsbedingungen: 7barg, +5°C  
 Mechanische Auslegungsbedingungen: 10barg bei -10°C bis +50°C  
 Material: C-Stahl

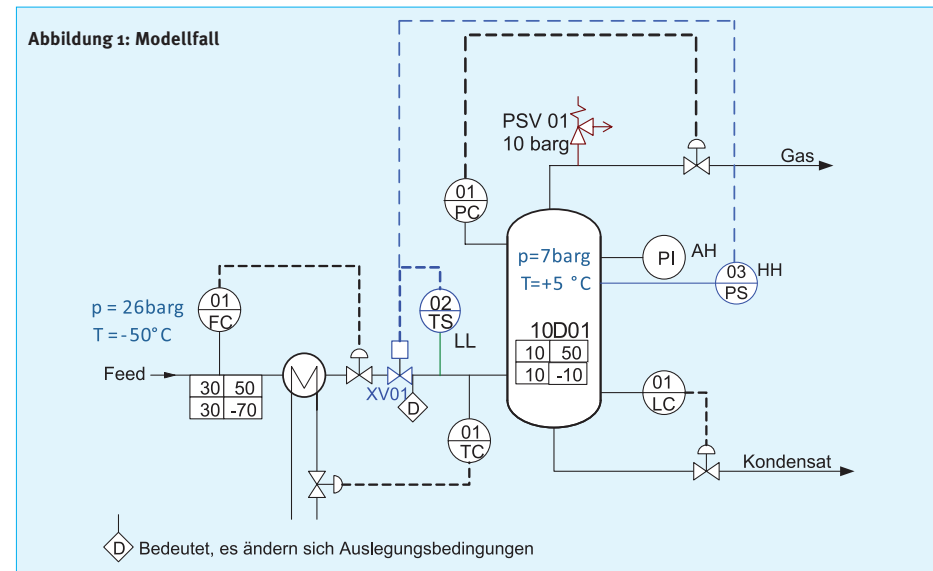


Tabelle 1: Ausschnitt aus HAZOP Analyse

| Leitwort              | Ursache   | Auswirkung   | Gegenmaßnahme  |
|-----------------------|---|--|--|
| höherer Druck         | Regelkreisfehler PC01 – Ventil geschlossen<br>ODER<br>Regelkreisfehler FC01 – Ventil voll offen | Druck übersteigt zulässigen Betriebsüberdruck, Behälterversagen, unkontrollierte Stoff-Freisetzung, Risiko von Brand und Explosion, mögliche Todesfälle  | » PAH Druck-hoch Alarm<br>» PS03HH Druck-hoch Sicherheitsschaltung<br>» PSV01 (nicht verfügbar für Variante 2) |
| niedrigere Temperatur | Regelkreisfehler PC01 – Ventil geschlossen<br>ODER<br>Ausfall Wärmemedium (z.B. Ausfall Pumpe)  | Temperatur in 10D01 sinkt unterhalb Materialeinsatztemperatur, Kaltversprödung, mögliches Behälterversagen, unkontrollierte Stoff-Freisetzung, Risiko von Brand und Explosion, mögliche Todesfälle | » TS02LL Temperatur-tief Sicherheitsschaltung  |

Das Beispiel macht keine Vorgaben, welche Schadensausmaßklasse oder Eintrittshäufigkeit angenommen werden soll bzw. welche Risikoreduzierungsstufe erreicht werden soll. Es sollte ein risikoorientierter Ansatz gewählt werden – darüber hinaus wurde die Methode freigestellt. Die verwendeten Methoden basieren auf Regelwerken oder weiterentwickelten unternehmensinternen Ansätze wie:

- » Risikograph nach VDI 2180
- » Unternehmensinterne Risikomatrizen
- » LOPA nach CCPS mit unternehmensinternen Ziel-Risiken

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 2 dargestellt. Aus den Ergebnissen kann entnommen werden:

- » Bei Wahl einer Druckentlastung mittels Sicherheitsventil (Variante 1; mechanische Lösung) reichte überwiegend – in 11 von 18 Fällen – die Installation eines Sicherheitsventils, das für die volle Menge ausgelegt ist, aus. Sieben Teilnehmer forderten eine zusätzliche Druck-Hoch-Abschaltung (PLT-Lösung) als SIL1 System.
- » Bei Wahl der Druck-Hoch-Abschaltung (PLT-Lösung) als alleinige Absicherung (Variante 2) wurde überwiegend – in 13 Fällen – ein SIL-3-System gefordert. In fünf Fällen wurde ein SIL-2-System als ausreichend erachtet.
- » Bei der Auslegung der Temperatur-Tief-Abschaltung wurde in 16 von 18 Fällen ein SIL-3-System gefordert. In zwei Fällen wurde die Temperaturabsicherung als SIL-2-System klassifiziert.

**Tabelle 2: Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer und Methoden**

| Teilnehmer | Methode | Anforderungen an die Temperaturabsicherung | Anforderungen an die Druckabsicherung Variante 1 mit SV | Anforderungen an die Druckabsicherung Variante 2 ohne SV |
|------------|---------|--|---|--|
| 1          | A       | SIL 2                                      | no SIL  | SIL 2  |
| 1          | C       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 2          | A       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 3          | A       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 4          | A       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |
| 5          | B       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |
| 5          | C       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |
| 6          | A       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |
| 7          | A       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 7          | C       | SIL 2                                      | no SIL  | SIL 2  |
| 8          | B       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 9          | A       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 3  |
| 10         | C       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |
| 10         | C       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 2  |
| 10         | A       | SIL 3 (oder 2 x SIL2)                      | SIL 1   | SIL 3 (oder 2 x SIL 2)                                   |
| 11         | B       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 2  |
| 12         | A       | SIL 3                                      | no SIL  | SIL 2  |
| 13         | C       | SIL 3                                      | SIL 1   | SIL 3  |

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des durchgeführten Ring-Vergleichs zeigen:

- » Alle Lösungen liegen – obwohl keine einschränkenden Vorgaben gemacht worden sind – sehr eng zusammen.
- » Die Abweichungen können auf Grund der jeweiligen methodenspezifischen Annahmen sowie der unterstellten Randbedingungen nachvollzogen werden.
- » Der Unterschied beträgt maximal „eine Sicherheitsanforderungsstufe“. Eine derartige geringe Bandbreite ergibt sich typischerweise ebenfalls bei Anwendung einer fest vorgegebenen Methode in verschiedenen Teams.
- » Es gibt keinen Methodenansatz, der systematisch zu einer höheren oder niedrigeren „Sicherheitsanforderungsstufe“ kommt.

**Fazit:**

Es zeigte sich, dass die unterschiedlichen Methoden innerhalb der eigenen Schwankungsbreite zu gleichen Ergebnissen führen. Schlussfolgernd wird keine Notwendigkeit gesehen, eine einheitliche Risikobewertungsmethode zur Festlegung der Anforderungen an Einrichtungen der funktionalen Sicherheit zu entwickeln.

**Anmerkung:**

Im vorliegenden Beispiel konnten nicht alle Randbedingungen, die zur Entscheidungsfindung notwendig sind, umfassend vorgegeben werden. Von daher mussten diese von den jeweiligen Teilnehmern eigenständig angenommen werden. Diese Randbedingungen und deren unternehmensspezifische Interpretation waren vornehmlich für die unterschiedlichen Einstufungen ausschlaggebend. Vor diesem Hintergrund sollte ein mehrheitlicher Lösungsansatz nicht als Musterlösung herangezogen werden.

## ANHANG

**Begriffsdefinitionen**

|      |  |
|------|--|
| IPL  | Unabhängige Schutzebene                    |
| PLT  | Prozessleittechnik                         |
| SIF  | Realisierte sicherheitstechnische Funktion |
| SIL  | Sicherheitsintegritätslevel                |
| SIS  | Sicherheitstechnisches System              |
| LOPA | Layer of Protection Analysis               |
| CCPS | Center for Chemical Process Safety         |

**Literatur**

VDI/VDE-Richtlinie 2180 Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik

Merkblatt Roo2 der BG RCI Maßnahmen der Prozesssicherheit

DIN EN 61511 Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie



Gesellschaft für Chemische Technik  
und Biotechnologie e.V.  
Theodor-Heuss-Allee 25  
60486 Frankfurt am Main  
Phone: 069 7564-0  
Fax: 069 7564-201  
E-mail: [info@dechema.de](mailto:info@dechema.de)

ISBN: 978-3-89746-203-8

[www.dechema.de](http://www.dechema.de)