

VCI-LEITFADEN

# Bewährte betriebliche Umsetzung und Lösungen im Sinne der TRGS 725 im Explosionsschutz

## **Rechtliche Hinweise**

Dieser Leitfaden entbindet in keinem Fall von der Verpflichtung zur Beachtung der gesetzlichen Vorschriften. Der Leitfaden wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen die Verfasser und der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben, Hinweise, Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können deswegen keine Ansprüche weder gegen die Verfasser noch gegen den Verband der Chemischen Industrie e.V. geltend gemacht werden.

Das Urheberrecht dieses Leitfadens liegt beim VCI. Die vollständige und auszugsweise Verbreitung des Textes ist nur gestattet, wenn Titel und Urheber genannt werden.



Responsible Care – ein Beitrag zur  
Nachhaltigkeitsinitiative Chemie<sup>3</sup>

**CHEMIE<sup>3</sup>**  
DIE NACHHALTIGKEITSINITIATIVE  
DER DEUTSCHEN CHEMIE

Getragen von:  
Wirtschaftsverband VCI,  
Gewerkschaft IG BCE und  
Arbeitgeberverband BAVC

Dieses Dokument wurde von den Mitgliedern der VCI-Taskforce „TRGS 725“ innerhalb des VCI-Fachausschusses „Anlagensicherheit“ erarbeitet:

Dr. Malte Gerhold, Bayer  
Dr. Hans-Jürgen Gross, Bayer  
Dr. Ute Hesener, Covestro  
Christian Demski, Dow  
Martin Herrmann, Evonik  
Jochen Schäfer, Euroapi  
Andreas Sellmeier, BASF  
Hans-Christian Simanski, Evonik  
Dr. Thomas Zimmermann, Merck  
Dr. Michael Dzieia, Merck  
Rainer Hubert Wengler, Wacker Chemie

#### **Ansprechpartner:**

#### **Dipl.-Ing. Thilo Höchst**

Abteilungsleiter Umweltschutz, Anlagensicherheit, Verkehr  
Bereich Wissenschaft, Technik und Umwelt  
T +49 (69) 2556-1507 | E [hoechst@vci.de](mailto:hoechst@vci.de)

#### **Verband der Chemischen Industrie e.V. – VCI**

Mainzer Landstraße 55  
60329 Frankfurt

[www.vci.de](http://www.vci.de) | [www.ihre-chemie.de](http://www.ihre-chemie.de) | [www.chemiehoch3.de](http://www.chemiehoch3.de)

[LinkedIn](#) | [X](#) | [YouTube](#) | [Facebook](#)

[Datenschutzhinweis](#) | [Compliance-Leitfaden](#) | [Transparenz](#)

- Registernummer des EU-Transparenzregisters: 15423437054-40
- Der VCI ist unter der Registernummer R000476 im Lobbyregister, für die Interessenvertretung gegenüber dem Deutschen Bundestag und gegenüber der Bundesregierung, registriert.

*Der VCI und seine Fachverbände vertreten die Interessen von rund 2.300 Unternehmen aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie und chemienaher Wirtschaftszweige gegenüber Politik, Behörden, anderen Bereichen der Wirtschaft, der Wissenschaft und den Medien. 2023 setzten die Mitgliedsunternehmen des VCI rund 245 Milliarden Euro um und beschäftigten über 560.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.*

## Inhaltsverzeichnis

### Bewährte betriebliche Umsetzung und Lösungen im Sinne der TRGS 725 im Explosionsschutz 1

1. Einleitung .....	4
2. Ziel des Leitfadens .....	5
3. Allgemeine Hinweise .....	6
4. Erläuterungen zur Umsetzung der „Anforderungen an das PLS“ .....	7
5. Beispiele zur bewährten betrieblichen Umsetzung .....	10
5.1 Prozessbehälter .....	10
5.2 Kreiselpumpe .....	36
5.3 Mühle .....	45
5.4 Inertisierte Tanks mit Belüftungsarmaturen entsprechend TRGS 509 .....	54
5.5 IBC mit Rührwerk .....	65
5.6 Schaufeltrockner .....	70
5.7. Tauchpumpe .....	77
5.8 Pastillierband .....	83
5.9 Abfüllung in Gebinde mit $V \leq 1000l$ .....	87
5.10 Zentrale Lösemittelversorgung .....	96
Literaturverzeichnis .....	98

# 1. Einleitung

Die TRGS 725 konkretisiert Anforderungen an die Zuverlässigkeit von MSR- (Mess- und Regel) Einrichtungen, welche als Maßnahmen im Explosionsschutz eingesetzt werden. Diese MSR-Einrichtungen können abhängig von den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung und dem eingesetzten Betriebskonzept einer Anlage die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen in Gänze darstellen oder diese in Teilen abdecken, z.B. ergänzt durch technische Installationen, organisatorische Maßnahmen oder Prozessbedingungen. MSR-Einrichtungen im Explosionsschutz sind sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen im Sinne der TRBS 1115.

Nehmen die MSR-Einrichtungen nur eine Teilaufgabe wahr, sind sie in die Gesamtheit der Explosionsschutzmaßnahmen einzubetten, um so den sicheren Betrieb einer Anlage zu gewährleisten. Die TRGS 725 stellt dafür den Zusammenhang zu anderen Teilen des TRGS-Regelwerks her, welche jedoch keine direkten Anforderungen an die erforderliche Zuverlässigkeit von MSR-Einrichtungen enthalten.

Der Anwendungsbereich der TRGS 725 gilt allgemein für „mechanische, pneumatische, hydraulische elektrische, elektronische als auch programmierbare elektronische MSR-Einrichtungen“, und umfasst damit auch Einrichtungen der inzwischen fast ausschließlich elektronischen Prozessleittechnik (PLT).

Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit werden in der TRGS 725 durch Klassifizierungsstufen K1 bis K3 ausgedrückt. Bei der Ermittlung der Anforderungen an die Zuverlässigkeit der MSR-Einrichtungen kann ein ggfs. bestehendes Betriebskonzept im Sinne der TRGS 721 eine wichtige Rolle spielen und stellt in diesem Fall die Basis für das Explosionsschutzkonzept einer Anlage dar. Die Anforderungen an die MSR-Einrichtungen werden durch den Anteil der MSR-Einrichtungen am Gesamtkonzept des Explosionsschutzes bestimmt. Wird dies bei der Ermittlung der erforderlichen Zuverlässigkeit nicht beachtet, können daraus überhöhte Anforderungen an die MSR-Einrichtungen resultieren. Somit kann die Bewertung unterschiedlicher Betriebskonzepte zu unterschiedlichen Klassifizierungsstufen und damit zu unterschiedlichen Zuverlässigkeitsanforderungen an die MSR-Einrichtungen führen. Um hierzu Hilfestellungen zu geben, werden in dem Leitfaden typische Anwendungsfälle aus der Praxis von MSR-Einrichtungen beschrieben, welche als Ganzes oder als Teil eines Explosionsschutzkonzeptes einer Anlage eingesetzt werden. Um die Anforderungen an die Zuverlässigkeit von MSR-Einrichtungen zu ermitteln, ist daher zunächst festzulegen, welcher Anteil des Explosionsschutzkonzeptes von den MSR-Einrichtungen übernommen werden soll. Dazu wird – wo notwendig – das Betriebskonzept mit dargestellt. Darauf aufbauend werden mögliche Lösungen in Form von MSR-Einrichtungen erläutert. Die hier aufgeführten Beispiele dienen der Orientierung und ersetzen nicht die erforderliche individuelle Gefährdungsbeurteilung und die Übertragung auf die konkrete Anwendung.

Mit der Überarbeitung der TRGS wurde der Begriff „Betriebskonzept“ in die Technische Regel aufgenommen. Die Anforderungen an das Betriebskonzept sind in der TRGS 722 beschrieben. Das Betriebskonzept bildet den Ausgangspunkt für die Festlegung von Explosionsschutzmaßnahmen inkl. sicherheitsrelevanter MSR-Einrichtungen für den Explosionsschutz (Ex-Einrichtungen).

Weitere Verbesserungen sind

- die klare Trennung innerhalb des Dokumentes zwischen der Umsetzung nach den Methoden der funktionalen Sicherheit und nach dem Konzept der TRGS 725

sowie

- die Aufnahme von orientierenden Beispielen, die weitere Hilfestellung zur Anwendbarkeit geben sollen.

Darüber hinaus stellt die Neufassung der TRGS auch klar, dass

- insbesondere für die Realisierung von K1 Maßnahmen bewährte Geräte eine ausreichende Zuverlässigkeit besitzen.

Dies stellt eine deutliche Vereinfachung gegenüber den Anforderungen der Betriebsbewahrung im Sinne der NAMUR dar.

und

- zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Funktionseinheiten einer Ex-Einrichtung auch deren Klassifizierung im Sinne der funktionalen Sicherheit verwendet werden kann (z.B. SIL-cl).

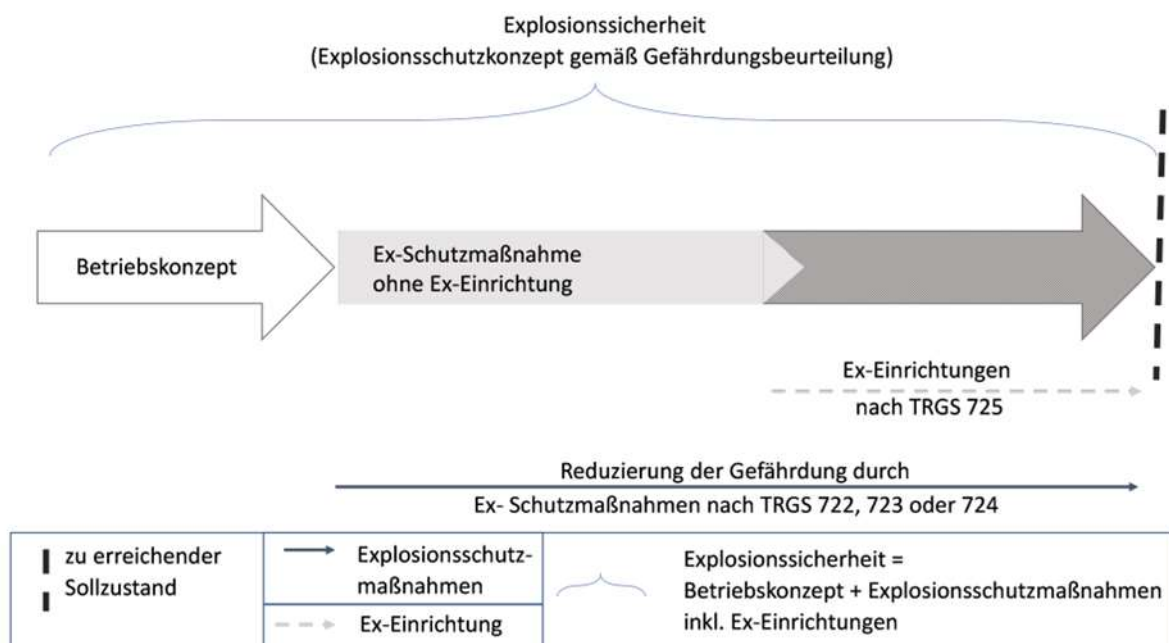
## 2. Ziel des Leitfadens

Dieser Leitfaden soll den VCI-Mitgliedsfirmen eine Hilfestellung bei der Anwendung der TRGS 725 zum Einsatz von Ex-Einrichtungen als ein Teil des Explosionsschutzkonzeptes geben. Den Erstellern von Explosionsschutzkonzepten werden Beispiele gezeigt, welche als bewährte Lösungen in der Praxis von Bestandsanlagen Anwendung finden. Die hier beschriebenen Beispiele basieren auf einer im Einzelfall durchgeführten Gefährdungsbeurteilung, bei der die notwendigen Klassifizierungsstufen ermittelt wurden.

### 3. Allgemeine Hinweise

Im Explosionsschutz ist für die Gefährdungsbeurteilung sowohl das Auftreten der explosionsfähigen Gemische als auch das Auftreten der wirksamen Zündquelle zu bewerten. Nur ein zeitgleiches Auftreten beider Bedingungen am gleichen Ort führt zu einem Ereignis. Das Betriebskonzept bildet den Startpunkt der Gefährdungsbeurteilung. Das Betriebskonzept kann auch betriebliche MSR-Einrichtungen enthalten.

Die folgenden Beispiele dienen primär der Ermittlung von Ex-Einrichtungen. Daher kann es sein, dass die Vollständigkeit hinsichtlich der Festlegung von Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung, wie beispielsweise zu Erdung, Blitzschutz oder Verwendung geeigneter Geräte, nicht immer gegeben ist. Insofern sind die Beispiele grundsätzlich hinsichtlich Vollständigkeit und Übertragbarkeit vor einer etwaigen Anwendung zu überprüfen.



**Abbildung 1: Explosionsschutzkonzepte unter Verwendung eines Betriebskonzeptes**

Zur allgemeinen Übersicht über die Vorgehensweise der Gefährdungsbeurteilung siehe auch Abbildung 2 TRGS 725. Basierend auf den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung sind die erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen festzulegen. Diese können auch Ex-Einrichtungen enthalten.

Es werden in diesem Leitfaden die Begriffe und Inhalte der TRGS 725 verwendet, weshalb auf eine gesonderte Begriffsdefinition verzichtet wird. Hierfür sei auf das Kapitel 2 „Begriffsbestimmungen“ der TRGS 725 verwiesen. In der neuen TRGS wurden die ursprünglichen Begriffsdefinitionen zum Ausfallverhalten der Ex-Einrichtung durch entsprechende Klassen der Zuverlässigkeit ersetzt (ausreichend, hoch, sehr hoch).

Ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung die Notwendigkeit einer höheren Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung, kann diese in der Regel durch Redundanz verbessert werden.

Darüber hinaus kann auch für eine Funktionseinheit von einer höheren Zuverlässigkeit ausgegangen werden, wenn diese z.B. eine Sonderzulassung bzw. eine Bauartzulassung hat (z.B. Druckschalter für Feuerungsanlage, Standsonde mit DIBt Zulassung), nach einer Norm zur funktionalen Sicherheit durch den Hersteller bewertet wurde oder die Zuverlässigkeit in einer Einzelfallbetrachtung nachgewiesen wurde.

Für Funktionseinheiten von Ex-Einrichtungen, welche betriebsbewährt sind, kann eine Bewertung nach Anhang 3 der TRGS 725 durchgeführt werden, um die Eignung für eine Maßnahme nachzuweisen und nach Tabelle 4 der TRGS 725 einzuordnen.

PLS können als komplexe Systeme für eine K1 Maßnahme eingesetzt werden, wenn die Bedingungen der TRGS 725 für Prozessleitsysteme erfüllt werden. Darüber hinaus können grundsätzlich von der TRGS 725 abweichende Lösungen im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden, wenn diese ein gleichwertiges Niveau der Sicherheit erreichen.

Ein PLS als eine komplexe Funktionseinheit, welche ein- und ausgangsseitig mit zwei parallelen Funktionseinheiten K1 kombiniert ist, kann eine zu K2 gleichwertige Sicherheit erreichen.

Dabei sind die im Kapitel 4.2.3 der TRGS 725 in den Absätzen 5, 6 und 7 genannten zusätzlichen Anforderungen für die Verwendung von Prozessleitsystemen zu berücksichtigen. Dies ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung durch den Betreiber zu überprüfen. Weitere Hinweise zu Anforderungen an das PLS finden sich in der Namur Empfehlung 138.

Die in diesem Leitfaden dargestellten Beispiele gehen auf Realisierungen von Maßnahmen mit unterschiedlicher Gesamteinstufung der erforderlichen Klassifizierungsstufe ein.

Die Darstellung der in diesem Leitfaden beschriebenen Beispiele setzt sich aus mehreren Teilen zusammen. Neben einer Beschreibung der Randbedingungen für das jeweilige Beispiel werden das realisierte Explosionsschutzkonzept und der als Ex-Einrichtung realisierte Teil beschrieben. Das Beispiel wird zusätzlich in einer Skizze dargestellt. Ergänzend wird auch die Ex-Einrichtung in einem Schaltbild beschrieben. Um die technischen, inklusive der im PLS realisierten Maßnahmen sowie die organisatorischen Maßnahmen darzustellen, erfolgt eine Darstellung als Pfeilschreibweise der Wirkungskette. Die Zuordnung zu den Klassifizierungsstufen erfolgt mit Hilfe der Abbildungen zu Zonen- und Zündquellenreduzierung der TRGS 725 (Abbildung 3 bis 8).

Anforderungen an die Prüfungen von Ex-Einrichtungen sind in Anhang C der TRBS 1115 beschrieben.

## 4. Erläuterungen zur Umsetzung der „Anforderungen an das PLS“

Die technische Ausführung und der Betrieb von K1 Maßnahmen richten sich nach den Anforderungen der TRGS 725. Diese Anforderungen können jedoch auch durch andere betrieblich bewährte PLT Ausführungen und Betriebsweisen erfüllt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung des Betreibers dies ergibt. Eine Implementierung ist auch gemäß des sogenannten BPCS Protection Layer nach IEC 61511 oder entsprechend der NAMUR Empfehlung 138 möglich, auch wenn deren Anforderungen über die Anforderungen der TRGS 725 hinaus gehen.

Die Anforderungen an die erforderlichen Klassifizierungsstufen von Ex-Einrichtungen werden von der Bewertung des Auftretens explosionsfähiger Gemische und dem Wirksamwerden der Zündquelle bestimmt (Tabelle 1, TRGS 725).



## Tabelle:

Zone auf Basis des Betriebskonzepts Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone 0/20	Zone 1/21	Zone 2/22	keine Zone
	Erforderliche Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme			
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	sehr hoch	hoch	ausreichend	-
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	hoch	ausreichend	-	-
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	ausreichend	-	-	-
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	-	-	-	-

Um die benötigte Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme zu erreichen, kann ggfs. eine zusätzliche Ex-Einrichtung erforderlich sein. Grundsätzlich können in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeit die folgenden Klassifizierungsstufen einer Ex-Einrichtung erreicht werden.

## Tabelle:

Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung	sehr hoch	hoch	ausreichend
erzielbare Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtung	K3	K2	K1

## 5. Beispiele zur bewährten betrieblichen Umsetzung

### 5.1 Prozessbehälter

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Prozessbehälter	5.1.1 - Stickstoff ausreichend verfügbar - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Abgasnetz Zone 1 - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung (PC), Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.1.2 Stickstoff ausreichend verfügbar - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Abgasnetz Zone 1 - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebskonzept</li> </ul>
	5.1.3 - Stickstoff ausreichend verfügbar - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Abgasnetz Zone 0 - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung (PC) mit hoher Zuverlässigkeit, Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>
	5.1.4 - Stickstoff ausreichend verfügbar - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Abgasnetz Zone 0 - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>zwei K1 Maßnahmen im PLS</li> <li>1. Ex-Einrichtung: Druckregelung (PC) im PLS, Klassifizierungsstufe K1</li> <li>2. Ex-Einrichtung: Druckmessung (PS-) mit Schaltung im PLS, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.1.5 - Stickstoff ausreichend verfügbar - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Abgasnetz Zone 0  - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>Ex-Einrichtung: Druckmessung (PZ-) mit Schaltung in SSPS + Alarm im PLS mit zusätzlicher organisatorischer Maßnahme, Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>
	5.1.6 - Stickstoff ausreichend verfügbar - Abgasnetz Zone 0 - Ausfall führt nicht unmittelbar zu Ex-Gemisch - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>zwei K1 Maßnahmen</li> <li>1. Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung (PC), Klassifizierungsstufe K1</li> <li>2. Ex-Einrichtung: Druckmessung (PIA-) im PLS mit organisatorischer Maßnahme</li> </ul>
	5.1.7 - Stickstoff ausreichend verfügbar	Inertisierung

	- Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall (Heizmantel) - Zone 0 → Zone 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Einrichtung: Druckregelung (PC) im PLS, Klassifizierungsstufe K1</li> <li>Zündquellenvermeidung (Heizmantel)</li> <li>• Betriebskonzept</li> <li>• Ex-Einrichtung: Temperaturmessung (TS+) mit Schaltung, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
--	---	---

## 5.1.1 Prozessbehälter mit Inertisierung über Druckregelung

### 5.1.1.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht;
- vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 1,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 1 eingeteilt, da gelegentlich die Sauerstoffkonzentration überschritten werden kann („sauerstoffarm“). Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 2 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 2 keine Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden.

### 5.1.1.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

##### Erstinertisierung

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechselerfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

##### Aufrechterhaltung der Inertisierung

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

##### Inertisierungseinrichtung

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen mechanischen Druckregler mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall ist nicht ausgeschlossen, kommt aber nicht häufig vor und wird erkannt. Bei dem mechanischen Druckregler (PC1) und dem Druckhalteventil (PC2) handelt es sich um eine Armatur, welche sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt hat. Die Zuverlässigkeit der Armaturen wird als „ausreichend“ bewertet.

### 5.1.1.3 Bewertung von Abweichungen

Aufgrund der durchgeführten Erstinertisierung ist zunächst von einem inerten Zustand auszugehen. Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden. Der Überdruck im Behälter wird mittels mechanischer Druckregelung (PC1) eingestellt. Ein Ausfall der zentralen Stickstoffversorgung wird erkannt. Die Ex-Einrichtung Druckregler (PC1) wird regelmäßig funktionsgeprüft.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PC1) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

### 5.1.1.4 Fazit

Auf Grund der Erstinertisierung des Behälters und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe von K1. Diese Anforderung wird durch den mechanischen Druckregler (PC1) erfüllt.

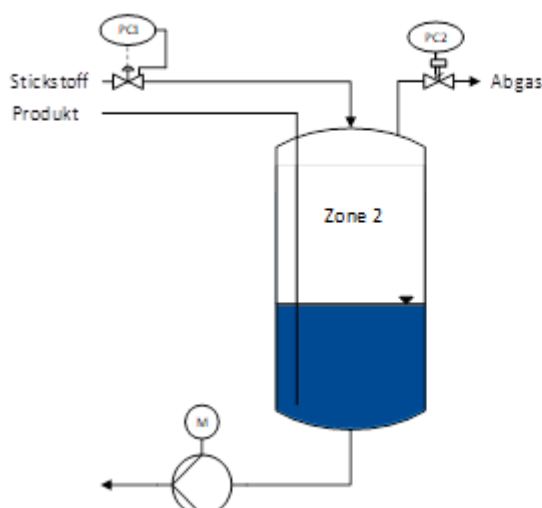
### 5.1.1.5. Lösung

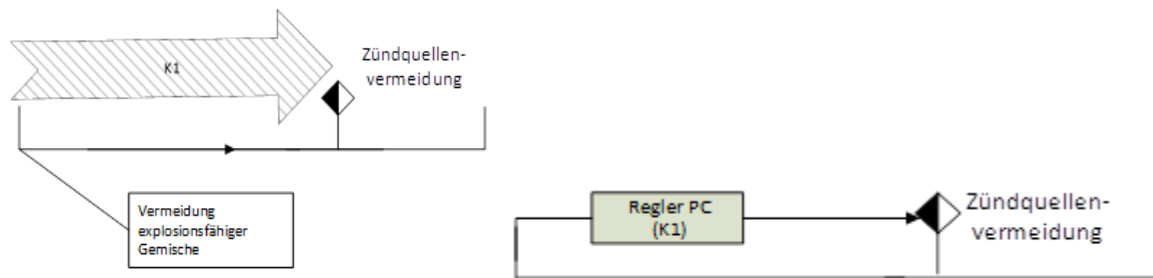
**Betriebskonzept:** Keines

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Die Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme mit dem Ziel die Zone 2 zu erreichen.

**Ex-Einrichtung:** Als Ex-Einrichtung wird hier die Druckregelung des Behälterdrucks definiert, die mit dem mechanischen Druckregler (PC1) erfolgt. Die Ex-Einrichtung hat eine ausreichende Zuverlässigkeit und wird in Verbindung mit der Dichtheit der Anlage und der Verfügbarkeit des Stickstoffs in K1 zur Aufrechterhaltung der Inertisierung als ausreichend erachtet.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Zielzone
	Ex-Einrichtung	
Zone 1 / 21	hoch	Keine Zone
	ausreichend + K1	
	K2	
	ausreichend K1	Zone 2 / 22





## 5.1.2 Prozessbehälter mit Stickstoffüberlagerung aus Qualitätsgründen (Betriebskonzept)

### 5.1.2.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 1,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung;
- Das Produkt weist nach Sauerstoffkontakt Verfärbungen auf, es erfolgen tägliche Qualitätstests.

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 1 eingeteilt, da gelegentlich die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann („sauerstoffarm“).

Das System wird aus Qualitätsgründen vor Inbetriebnahme mit Stickstoff inertisiert. Die Inertisierung wird während des Betriebes aufrechterhalten (siehe Aufrechterhaltung der Inertisierung)

Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass aufgrund der Inertisierungsmaßnahmen, obwohl die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt, ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch nur im seltenen Fehlerfall auftreten kann. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Das Betriebskonzept basiert auf der regelmäßigen Qualitätskontrolle des gehandhabten Produktes.

### **5.1.2.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

#### **Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische Erstinertisierung**

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechselerfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

#### **Aufrechterhaltung der Inertisierung**

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

#### **Inertisierungseinrichtung**

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen mechanischen Druckregler mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall ist nicht ausgeschlossen, kommt aber nicht häufig vor und wird erkannt. Bei dem mechanischen Druckregler und dem Druckhalteventil handelt es sich um eine Armatur, welche sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt haben. Die Zuverlässigkeit der Armaturen wird als „ausreichend“ bewertet.

### **5.1.2.3 Bewertung von Abweichungen**

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels mechanischer Druckregelung (PC1) eingestellt. Ein Ausfall der zentralen Stickstoffversorgung wird erkannt.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PC1) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

### 5.1.2.4 Fazit

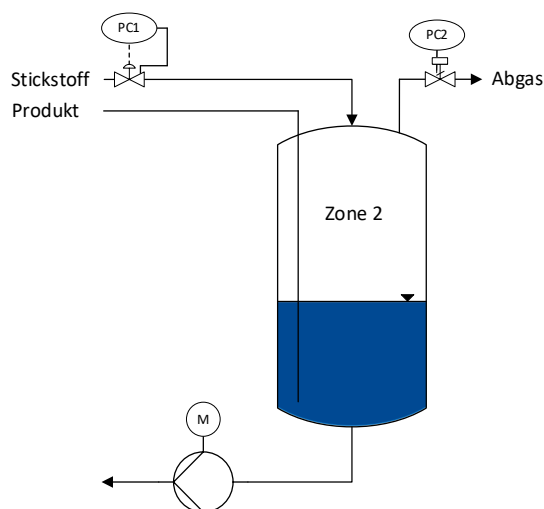
Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes ein Auftreten explosionsfähiger Gemische hinreichend sicher ausgeschlossen (Zielzone 2).

### 5.1.2.5 Lösung

#### Betriebskonzept:

Der Behälter wird aus Qualitätsgründen inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung und Dichtheitsprüfung erfolgt vor der Inbetriebnahme mit dem Ziel, das System sauerstofffrei zu halten und Verfärbungen des Produktes zu vermeiden. Die Druckregelung des Behälterdrucks erfolgt mit einem mechanischen Druckregler (PC1) und einer mechanischen Druckhaltearmatur (PC2). Ein Ausfall des Betriebskonzeptes wird bei den regelmäßigen Qualitätsproben festgestellt. Somit kann die Zone nach Betriebskonzept auf Zone 2 festgelegt werden.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung		
<b>Keine Maßnahme nach TRGS 725</b>			
Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall	ausreichend	K1	
		K2	
Zündquelle im seltenen Fehlerfall **		ausreichend	
		K1	
* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen			
** im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen			







## 5.1.3 Prozessbehälter mit Inertisierung über mechanische Druckregelung

### 5.1.3.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem Zone 0,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben und wurde in eine Zone 0 eingeteilt, da über lange Zeiträume die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen im Normalbetrieb nicht auftreten.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 2 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 2 keine Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden.

### 5.1.3.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

##### Erstinertisierung

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechselerfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

##### Aufrechterhaltung der Inertisierung

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

##### Inertisierungseinrichtung

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen, wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen mechanischen Druckregler (PC1) mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils (PC2) im Überdruck gehalten. Die Verfügbarkeit der Stickstoffversorgung wird als ausreichend definiert. Ein Stickstoffausfall wird aber unmittelbar erkannt, so dass zeitnah Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Der ordnungsgemäß installierte mechanische Druckregler (PC1) erfüllt die grundlegenden Sicherheitsprinzipien (hier: Sicherheitsstellung offen) und wird regelmäßig funktionsgeprüft. Durch Auswahl und Einbau der mechanischen Druckreglung (PC1) wird eine hohe Zuverlässigkeit des Reglers erreicht. Bei dem Druckhalteventil (PC2) handelt es sich um eine Armatur, über die keine Betriebserfahrungen vorliegen.

### 5.1.3.3 Bewertung von Abweichungen

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels mechanischer Druckhaltearmatur (2) gehalten.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt.

Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC 2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da der Stickstoff durch die Ex-Einrichtung Druckregler (PC 1) mit hoher Verfügbarkeit zur Verfügung gestellt wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

### 5.1.3.4 Fazit

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem häufigen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit die Anforderung einer Klassifizierungsstufe K2. Diese Anforderung wird durch den mechanischen Druckregler (PC1) mit hoher Zuverlässigkeit erfüllt.

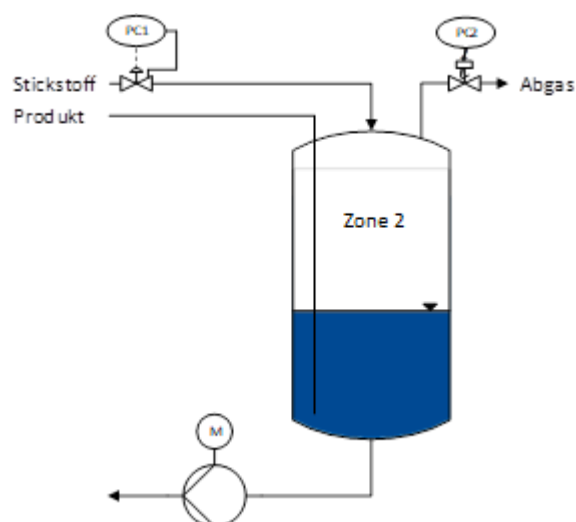
### 5.1.3.5 Lösung

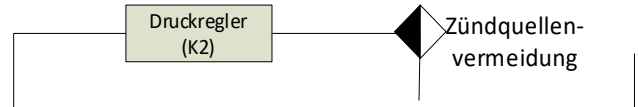
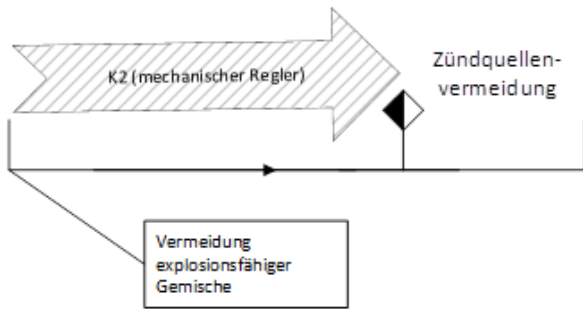
**Betriebskonzept:** Keines

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Die Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme mit dem Ziel die Zone 2 zu erreichen.

**Ex-Einrichtung:** Als Ex-Einrichtung wird hier der mechanische Druckregler (PC 1) des Behälters definiert. Die Ex-Einrichtung hat eine hohe Zuverlässigkeit und wird in Verbindung mit der Dichtigkeit der Anlage und der Verfügbarkeit des Stickstoffs in K2 zur Aufrechterhaltung der Inertisierung als ausreichend erachtet.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
		K3	Zone 2 / 22
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
	ausreichend	K1	Zone 1 / 21





## 5.1.4 Prozessbehälter mit Inertisierung über Druckregelung und zusätzliche Überwachung im PLS

### 5.1.4.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 0,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 0 eingeteilt, da über lange Zeiträume die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 2 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 2 keine Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden.

### 5.1.4.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

##### Erstinertisierung

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechselerfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach

dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

### **Aufrechterhaltung der Inertisierung**

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

### **Inertisierungseinrichtung**

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen Druckregler (PCS-A-1) mit Armatur (Y001) mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils (PC2) im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden, wird aber erkannt, so dass zeitnah Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Bei der Armatur Y001 handelt es sich um eine Armatur, die sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt haben. Die Zuverlässigkeit der Armaturen wird als „ausreichend“ bewertet. Bei dem Druckhalteventil (PC2) handelt es sich um eine Armatur, über die keine Betriebserfahrungen vorliegen.

#### **5.1.4.3 Bewertung von Abweichungen**

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels Druckregelung im PLS (PCS-A-1) und Armatur (Y001) eingestellt. Ein Ausfall der zentralen Stickstoffversorgung wird erkannt. Bei einem Druckabfall im Behälter öffnet die Druckregelung das Druckhalteventil. Die Ex-Einrichtung Druckregler (PCS-A-1) mit (Y001) wird regelmäßig funktionsgeprüft. Als zweite Ex-Einrichtung wird eine Druckmessung (PS-3) im PLS mit Abschaltung der Entleerpumpe als Erzeuger des Unterdrucks verwendet. Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PCS-A-1) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

#### **5.1.4.4 Fazit**

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem häufigen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit die Anforderung einer Klassifizierungsstufe K2. Diese Anforderung wird durch den Druckregler (PCS-A-1) und die Abschaltung der Pumpe (PS-3) erfüllt.

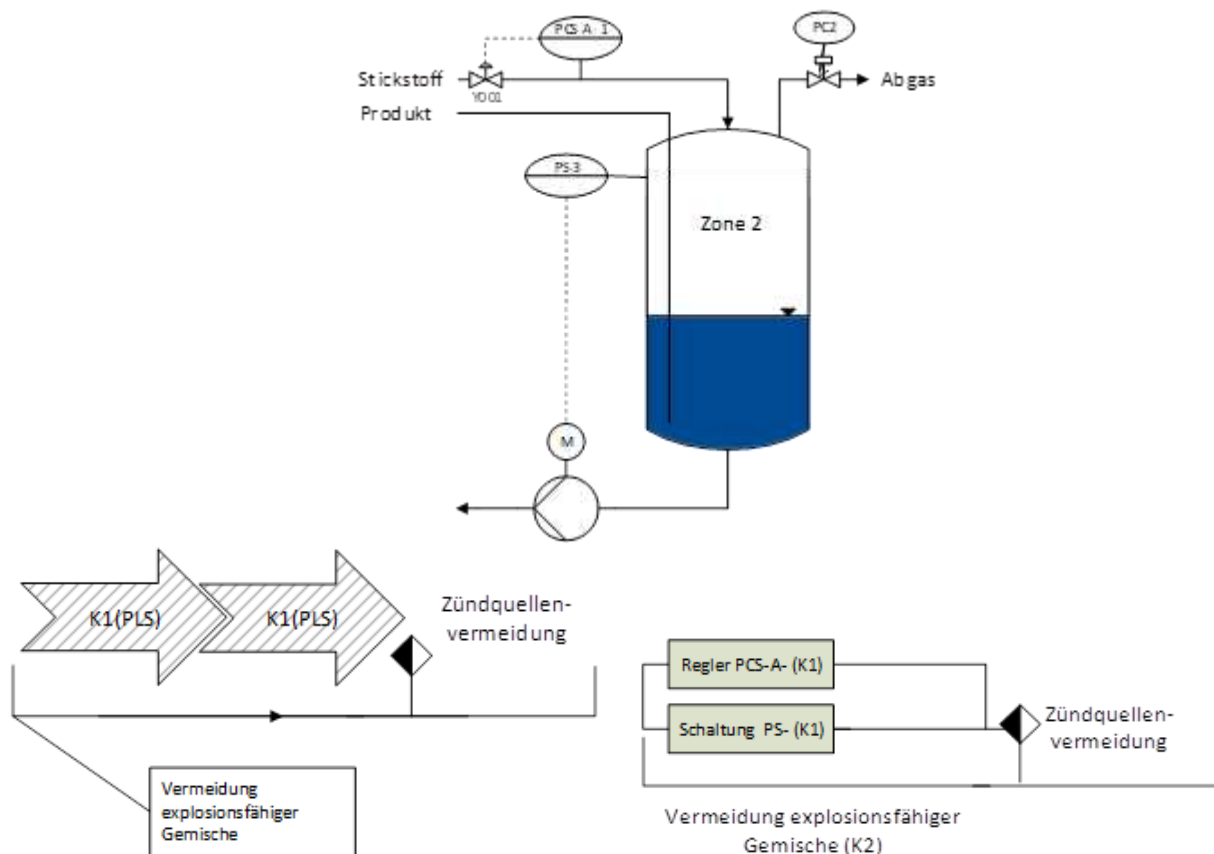
### 5.1.4.5 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung und Dichtheitsprüfung erfolgen vor der Inbetriebnahme.

**Ex-Einrichtung:** Die Druckregelung des Behälterdrucks erfolgt mit einem Druckregler (PCS-A-1) im PLS mit ausreichender Verfügbarkeit (kann mit Alarm kombiniert werden). Die Inertisierung wird zusätzlich durch eine Druckmessung (PS-3) und Schaltung im PLS mit ausreichender Verfügbarkeit überwacht. Die Drucküberwachung schaltet die Pumpe als Unterdruckerzeuger rechtzeitig ab.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch	+ K1	Zone 2/22
	ausreichend	+ K2	
	ausreichend	K1	Zone 1/21



## 5.1.5 Prozessbehälter mit Inertisierung über Druckregelung in PLS und SSPS (gemeinsame Nutzung eines Sensors)

### 5.1.5.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 0,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 0 eingeteilt, da über lange Zeiträume die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 2 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 2 keine Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden.

### 5.1.5.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

##### Erstinertisierung

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechslerverfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach



dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

### **Aufrechterhaltung der Inertisierung**

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

### **Inertisierungseinrichtung**

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über eine Druckregelung (PCZ-A-1) mit Armatur (Y001) im PLS mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils (PC 2) im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden, wird aber erkannt, so dass zeitnah Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Bei der Armatur (Y001) handelt es sich um eine Armatur, welche sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt haben. Die Zuverlässigkeit der Armaturen wird als „ausreichend“ bewertet. Bei dem Druckhalteventil (PC 2) handelt es sich um eine Armatur, über die keine Betriebserfahrungen vorliegen.

#### **5.1.5.3 Bewertung von Abweichungen**

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels einer Druckregelung im PLS (PCZ-A-1) und Y001 unter Mitbenutzung des hochzuverlässigen Drucksensors der Überwachung eingestellt. Durch eine organisatorische Maßnahme wird der Behälterdruck mittels der Druckanzeige mit Alarm im PLS (PCZ-A-1) überwacht. Dadurch wird mit ausreichender Verfügbarkeit ein Sauerstoffeintrag ausgeschlossen bzw. sichergestellt, dass in ausreichend kurzer Zeit Gegenmaßnahmen getroffen werden können. Diese Drucküberwachung wird als Ex-Einrichtung regelmäßig funktionsgeprüft. Als zweite Ex-Einrichtung (PCZ-A-1) verfügt der Behälter über eine Druckmessung und Schaltung in einer SSPS. Diese schaltet die Pumpe als Unterdruckerzeuger rechtzeitig ab.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PCZ-A-1) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler (PCZ-A-1) und Armatur Y001 ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt (A-) und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

#### **5.1.5.4 Fazit**

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem häufigen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit die Anforderung einer

Klassifizierungsstufe K2. Diese Anforderung wird durch die Drucküberwachung mit Alarmierung im PLS und organisatorischer Maßnahme (PC Z-A-1) im PLS und Abschaltung der Pumpe (PCZ-A-1) in der SSPS unter gemeinsamer Verwendung des hochverfügbaren Drucksensors erfüllt.

### 5.1.5.5 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung und Dichtheitsprüfung erfolgen vor der Inbetriebnahme.

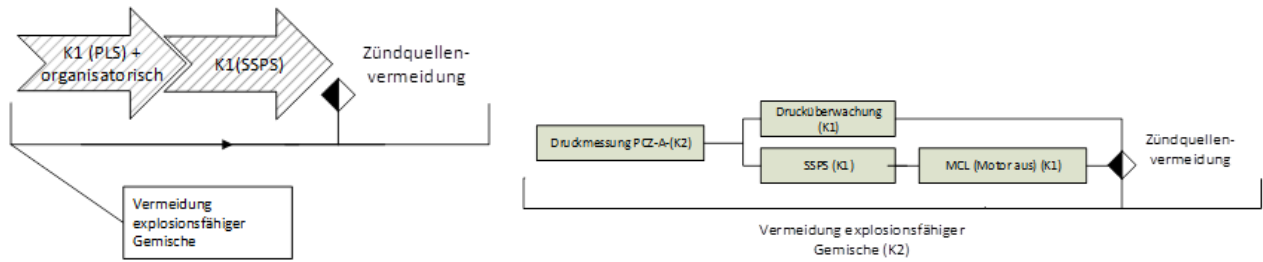
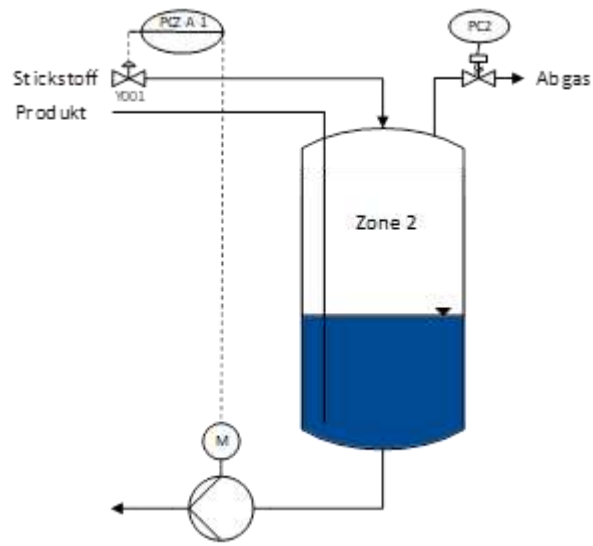
### Ex-Einrichtung:

Die Inertisierung wird durch eine Druckmessung mit hochzuverlässigem Drucksensor und Schalung in einer SSPS (PCZ-A-1) überwacht. Diese Drucküberwachung schaltet die Pumpe als Unterdruckerzeuger rechtzeitig ab.

Organisatorische Maßnahme: Es wird durch eine organisatorische Maßnahme in Verbindung mit der Überwachung der Druckmessung (im PLS) mit einem Alarm sichergestellt, dass bei Ausfall der Stickstoffversorgung kein Sauerstoffeintrag zu unterstellen ist bzw. Gegenmaßnahmen in ausreichend kurzer Zeit getroffen werden können.

Anmerkung: In der Mindestanforderung genügt auch eine Ausführung der Ex-Einrichtungen im PLS, wie in anderen Beispielen dargestellt.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
		K3	
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend +	K1	
		K2	
ausreichend		Zone 1 / 21	
	K1		



## 5.1.6 Prozessbehälter mit Inertisierung über mechanische Druckregelung plus Überwachung

### 5.1.6.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 0,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 0 eingeteilt, da über lange Zeiträume die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 2 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 2 keine Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden.

### 5.1.6.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

##### Erstinertisierung

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechselperfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach

dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit

### **Aufrechterhaltung der Inertisierung**

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

### **Inertisierungseinrichtung**

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen mechanischen Druckregler (PC1) mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils (PC2) im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall ist nicht ausgeschlossen, kommt aber nicht häufig vor und wird erkannt. Bei dem mechanischen Druckregler (PC1) handelt es sich um eine Armatur, welche sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt haben. Die Zuverlässigkeit der Armaturen wird als „ausreichend“ bewertet. Bei dem Druckhalteventil (PC2) handelt es sich um eine Armatur, über die keine Betriebserfahrungen vorliegen.

#### **5.1.6.3 Bewertung von Abweichungen**

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels mechanischer Druckregelung (PC1) eingestellt. Ein Ausfall der zentralen Stickstoffversorgung wird erkannt. Die Ex-Einrichtung Druckregler (PC1) wird regelmäßig funktionsgeprüft.

Durch eine organisatorische Maßnahme wird der Behälterdruck mittels der Druckanzeige mit Alarm im PLS (PIA-3) überwacht. Dadurch wird mit ausreichender Verfügbarkeit ein Sauerstoffeintrag ausgeschlossen bzw. sichergestellt, dass in ausreichend kurzer Zeit Gegenmaßnahmen getroffen werden können.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PC1) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

#### **5.1.6.4 Fazit**

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem häufigen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit die Anforderung einer

Klassifizierungsstufe K2. Diese Anforderung wird durch den mechanischen Druckregler (PC1) mit ausreichender Zuverlässigkeit und die organisatorische Maßnahme (PIA-3) erfüllt.

### 5.1.6.5 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

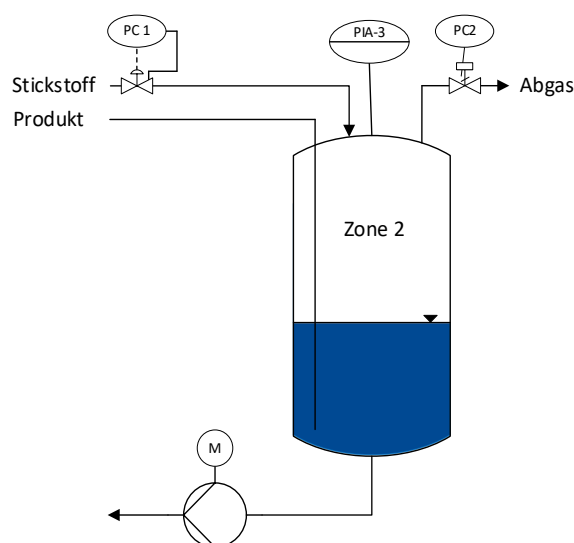
#### Explosionsschutzkonzept:

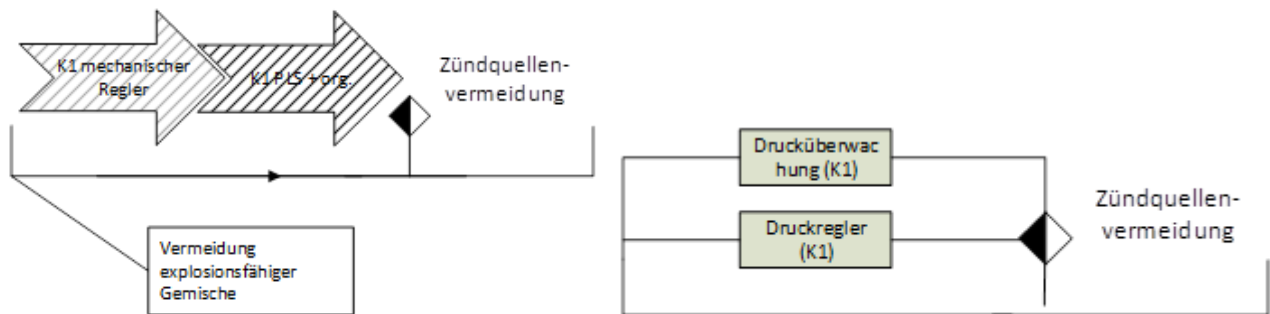
Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung und Dichtheitsprüfung erfolgen vor der Inbetriebnahme.

Ex-Einrichtung (K1): Druckregelung des Behälterdrucks mit einem mechanischen Druckregler (PC1) mit ausreichender Verfügbarkeit.

Organisatorische Maßnahme: Durch eine organisatorische Maßnahme wird in Verbindung mit der Überwachung durch die Druckanzeige (im PLS) sichergestellt, dass bei Ausfall der Stickstoffversorgung kein Sauerstoffeintrag zu unterstellen ist bzw. Gegenmaßnahmen in ausreichend kurzer Zeit getroffen werden können.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
		K3	
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend +	K1	
		K2	
	ausreichend		Zone 1 / 21
	K1		





## 5.1.7 Prozessbehälter mit Inertisierung über Druckregelung bei Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall

### 5.1.7.1 Prozessbeschreibung

#### Randbedingungen:

- technisch dicht; vakuumfest;
- geschlossen betrieben;
- Abgassystem sauerstoffarm, Zone 0,
- maximaler Druck des Abgassystems im Normalbetrieb < Prozessdruck;
- dauerhaft flüssigkeitsgefüllte Produktleitungen;
- keine weiteren prozessspezifischen Sauerstoffquellen, wie Oxidatorfreisetzung aus dem Produkt oder durch Produktförderung
- Beheizung mittels Heizmantel (Dampf)

#### Beschreibung:

Ein Prozessbehälter (vakuumfest, ohne Unterdrucksicherung) wird über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Der Behälter soll im leichten Überdruck betrieben werden. Der Behälter ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Er kann dauerhaft im Überdruck betrieben werden und die Druckhaltung wird z.B. nicht durch Öffnen von Mannlöchern betriebsmäßig gestört. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben. Das Abluftsystem wurde in eine Zone 0 eingeteilt, da über lange Zeiträume die Sauerstoffgrenzkonzentration überschritten werden kann. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Behälter eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Behälter über dem Flammpunkt liegt. Der Behälter ist mit einem Heizmantel (Dampf) ausgestattet. Dampftemperatur aus dem Werksnetz liegt oberhalb der Zündtemperatur des im Prozessbehälter gehandhabten Stoffes. Die Temperatur des Heizmantels wird über eine Temperaturregelung im PLS geregelt. Das Einhalten der Temperatur ist für das Produkt qualitätsrelevant und wird über regelmäßige Kontrollen sichergestellt.

Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 1 eingeteilt werden kann und
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 1 sowie
- Prozessbezogene bzw. betriebliche oder nicht gerätespezifische Zündquellen sind nur im Fehlerfall (Heizmantel mit Dampfbeaufschlagung) oder seltenen Fehlerfall möglich, so dass für die Zielzone 1 Anforderungen zur Zündquellenvermeidung abgeleitet werden. Weitere prozessbezogene Zündquellen sind ausgeschlossen.

### **5.1.7.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

#### **5.1.7.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische**

##### **Erstinertisierung**

Der Behälter ist vakuumfest ausgeführt. Eine Erstinertisierung wird organisatorisch im Druckwechslerverfahren mit Stickstoff durchgeführt. Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und sie entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

##### **Aufrechterhaltung der Inertisierung**

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung erfolgt mit Hilfe einer Stickstoffüberlagerung im Überdruck. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung wird erkannt.

##### **Inertisierungseinrichtung**

Der Behälter ist an ein Stickstoffnetz angeschlossen und wird nach erfolgreicher Erstinertisierung über einen Druckregler im PLS (PC1) mit Armatur (Y001) mit Stickstoff beaufschlagt und mittels eines mechanischen Druckhalteventils (PC2) im Überdruck gehalten. Der Stickstoff steht im Normalbetrieb zur Verfügung. Ein Stickstoffausfall ist nicht ausgeschlossen, kommt aber nicht häufig vor und wird erkannt. Der Druckregler (PC1) und die Armatur (Y001) haben sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt. Deren Zuverlässigkeit wird als „ausreichend“ bewertet. Bei dem Druckhalteventil (PC2) handelt es sich um eine Armatur, über die keine Betriebserfahrungen vorliegen.

#### **5.1.7.2.2 Zündquellenvermeidung**

Die Dampftemperatur aus dem Werksnetz liegt oberhalb der Zündtemperatur des im Prozessbehälter gehandhabten Stoffes. Die Temperatur des Heizmantels wird über eine Temperaturregelung (TC 3) mit der Armatur (Y003) eingestellt (siehe Betriebskonzept).



### 5.1.7.3 Bewertung von Abweichungen

Der inertisierte Zustand des Behälters kann durch Rückströmung aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck durch Abpumpvorgänge) aufgehoben werden.

Der Überdruck im Behälter wird mittels Druckregelung im PLS (PC1) mit Armatur Y001 eingestellt. Ein Ausfall der zentralen Stickstoffversorgung wird erkannt. Die Ex-Einrichtung Druckregler (PC1) mit Armatur (Y001) wird regelmäßig funktionsgeprüft.

Ein zeitgleicher Ausfall von zentralem Stickstoff und der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) bei gleichzeitigen Entnahmevorgängen wird nicht unterstellt. Ein alleiniger Ausfall der Druckhaltearmatur Abluft (PC2) führt ebenfalls nicht zu einem unsicheren Zustand, da auf Grund des unabhängigen Druckreglers (PC1) über die Armatur (Y001) in diesem Fall kontinuierlich Stickstoff eingespeist wird. Der Volumenstrom des Stickstoffs über den Druckregler ist größer als der maximale Förderstrom der Pumpe.

Bei zentralem Stickstoffausfall ist auf Grund der vorliegenden Dichtheit in einem begrenzten Zeitraum nicht mit einem gefährlichen Eintrag von Luft zu rechnen, da ein Stickstoffausfall erkannt und Gegenmaßnahmen zeitnah eingeleitet werden.

Die Dampftemperatur aus dem Werksnetz liegt oberhalb der Zündtemperatur des im Prozessbehälter gehandhabten Stoffes. Somit muss der Heizmantel als potenzielle Zündquelle mit ausreichender Zuverlässigkeit abgesichert werden. Dies erfolgt über eine Temperaturüberwachung K1 (TS+4) im PLS und Abschaltung der Dampzufuhr und die Armatur (Y003) mit hoher Verfügbarkeit.

### 5.1.7.4 Fazit

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem häufigen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 1 ergibt sich damit die Anforderung einer Klassifizierungsstufe K1. Diese Anforderung wird durch den Druckregler (PC1) mit ausreichender Verfügbarkeit erfüllt.

Um den Prozessbehälter bei einer Zielzone 1 sicher betreiben zu können, müssen Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall ausgeschlossen werden. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Vermeidung der Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall ergibt sich damit die Anforderung einer Klassifizierungsstufe K1. Diese Anforderung wird durch die ausreichend verfügbare Temperaturüberwachung (TS4+) mit Abschaltung der Dampzufuhr über die Armatur (Y003) mit hoher Verfügbarkeit erfüllt. Die Anforderung hoher Verfügbarkeit der Armatur Y003 ergibt sich auf Grund ihrer Mitbenutzung.

### 5.1.7.5 Lösung

#### **Betriebskonzept:**

Die Temperatur des Produktes im Behälter wird aus Qualitätsgründen geregelt. Ein Ausfall des Betriebskonzeptes wird bei den regelmäßigen Qualitätskontrollen festgestellt.

#### **Explosionsschutzkonzept:**

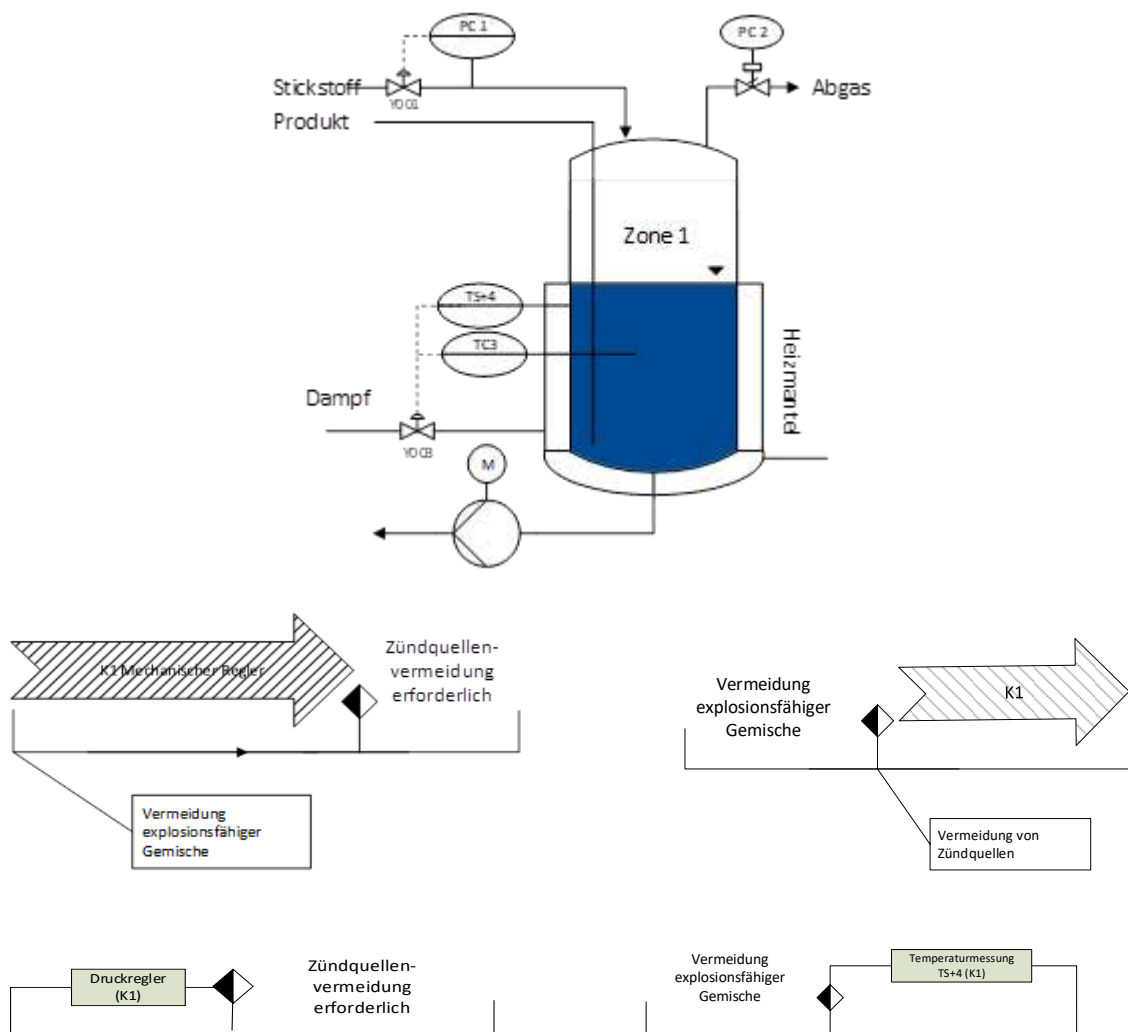
Reduzierung der Zone 0 auf Zone 1. Der Behälter wird inertisiert im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung und Dichtheitsprüfung erfolgen vor der Inbetriebnahme.

Ex-Einrichtung (K1): Druckregelung des Behälterdrucks erfolgt mit einem Druckregler im PLS (PC1) mit ausreichender Verfügbarkeit.

Die Zündquelle (Heizmantel) muss mit ausreichender Zuverlässigkeit ausgeschlossen werden. Dies erfolgt über eine Temperaturüberwachung K1 (TS+4) im PLS und Abschaltung Dampffzufuhr und mit einer Armatur mit hoher Verfügbarkeit (Y003).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone	Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung				Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone	Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig)	hoch		Keine Zündquelle im seltenen Fehlerfall**
	hoch	K1			ausreichend	K1	
	ausreichend	K2			K2		
		K3					
	hoch		Zone 2 / 22	Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall *	ausreichend		
	ausreichend	K1			ausreichend	K1	
	ausreichend	K2					
	ausreichend	K1	Zone 1 / 21				

\* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen  
 \*\* Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen nicht ausgeschlossen



## 5.2 Kreiselpumpe

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Kreiselpumpe	5.2.1 - Vermeiden expl. Gemisch im Innern der Pumpe - Zone 0 → keine Zone	Flüssigkeitserhaltung im Inneren der Pumpe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebskonzept</li> <li>• Siphon</li> <li>• Ex-Einrichtung: Trockenlaufschutz (FS-) in PLS, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.2.2 - Vermeiden expl. Gemisch im Innern der Pumpe - Zone 0 → keine Zone	Flüssigkeitserhaltung im Inneren der Pumpe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siphon</li> <li>• Ex-Einrichtung: Trockenlaufschutz (LZ-) in SSPS; Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>
	5.2.3 - Vermeiden expl. Gemisch im Innern der Pumpe - Zone 1 → keine Zone	Flüssigkeitserhaltung im Inneren der Pumpe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebskonzept</li> <li>• Siphon</li> </ul>
	5.2.4 - Vermeiden expl. Gemisch im Innern der Pumpe - Zone 1 → keine Zone	Flüssigkeitserhaltung im Inneren der Pumpe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siphon</li> <li>• Ex-Einrichtung: Trockenlaufschutz (FS-) in PLS, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>

### 5.2.1 Kreiselpumpe mit Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches und Abschaltung durch Durchflussüberwachung

#### 5.2.1.1 Prozessbeschreibung

Eine Kreiselpumpe fördert innerhalb einer kontinuierlich betriebenen Anlage Flüssigkeit aus einem Behälter in einen höher liegenden Behälter über Rohrleitungen. Verfahrensbedingt wird die Anlage so betrieben, dass die Behälter nicht vollständig entleert werden. Oberhalb der Flüssigkeit im Behälter kann sich ohne Maßnahmen zeitlich überwiegend ein explosionsfähiges Gemisch (Zone 0) bilden. Die Pumpe befindet sich prozesstechnisch im Hauptstrom der Anlage, so dass das Hauptaugenmerk des Betriebes auf der Qualität und Fördermenge des Produktes liegt, und daher Abweichungen vom Sollzustand der Anlage anhand der visualisierten Betriebsdaten sehr schnell erkannt werden (Betriebskonzept). Allein durch diese Randbedingungen kann angenommen werden, dass die Pumpe im störungsfreien Betrieb flüssigkeitsgefüllt betrieben wird. Das An- und Abfahren der Anlage erfolgt nur selten. Für das An- und Abfahren liegt eine separate Betriebsanweisung vor. Eine Inbetriebnahme der Pumpe erfolgt entsprechend der in der Betriebsanleitung vorgegebenen Randbedingungen nach Betriebsanweisung, so dass auch für diese Betriebszustände ein flüssigkeitsgefüllter Betrieb unterstellt werden kann.

Die Pumpe befindet sich im Tiefpunkt der Installation. Die Pumpe ist nicht selbstansaugend. Wenn es im Rahmen von Betriebsstörungen dazu kommt, dass die Behälter entleert werden, bleibt die Pumpe durch die Anordnung im Siphon weitestgehend flüssigkeitsgefüllt. Würde die Pumpe bei Versagen des Betriebskonzeptes dennoch weiter betrieben, wird die in der Pumpe verbleibende Flüssigkeit durch den damit verbundenen Energieeintrag erwärmt (Wärmeeintrag durch Verlustleistung). Anhand der Verlustleistung, der verbleibenden Flüssigkeitsmenge und der Wärmekapazität von Flüssigkeit und Pumpe sowie dem Abstand zwischen der maximalen Betriebstemperatur und der Siedetemperatur kann die Zeit abgeschätzt werden, die bleibt, bis die Flüssigkeit so weit erhitzt wird, dass das Sieden der Flüssigkeit nicht mehr verhindert werden kann. In der Anlage ist ständig Personal in ausreichender Anzahl vorhanden, so dass angenommen werden kann, dass die Störung zeitnah erkannt und behoben oder die Pumpe vom Betriebspersonal abgeschaltet wird. Ein unbemerktes Verdampfen der verbleibenden Restflüssigkeit wird auf Grund des vorliegenden Volumens auf der Druckseite der Pumpe (Leitungsvolumen) und der in der Pumpe vorhandenen Flüssigkeit bei einem einfachen Fehlerfall nicht unterstellt.

Aufgrund der gegebenen Randbedingungen wird davon ausgegangen, dass im Inneren der Pumpe ohne weitere Maßnahmen nur selten und kurzzeitig ein explosionsfähiges Gemisch auftreten kann.

#### **5.2.1.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

Im Behälter liegt oberhalb der flüssigen Phase betriebsmäßig oder zeitlich überwiegend explosionsfähiges Gemisch vor (Zone 0). Das Explosionsschutzkonzept beruht auf der Vermeidung des Auftretens eines explosionsfähigen Gemisches in der Pumpe durch Flüssigkeitserhaltung. Das Betriebskonzept basiert auf den Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen. Das Betriebskonzept ermöglicht die Reduzierung um zwei Stufen und wird ergänzt durch eine Durchflussmessung mit Abschaltung der Pumpe. Die Überwachung des Flüssigkeitsdurchflusses gewährleistet, dass Flüssigkeit in der Pumpe verbleibt.

#### **5.2.1.3 Bewertung von Abweichungen**

Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe kann bei einer Kombination von Fehlern nicht ausgeschlossen werden

#### **5.2.1.4 Fazit**

Da ein Verlust der Flüssigkeit nur bei Fehlerkombinationen möglich ist, genügt für die Durchflussüberwachung eine Ausführung in ausreichender Zuverlässigkeit.

#### **5.2.1.5 Lösung**

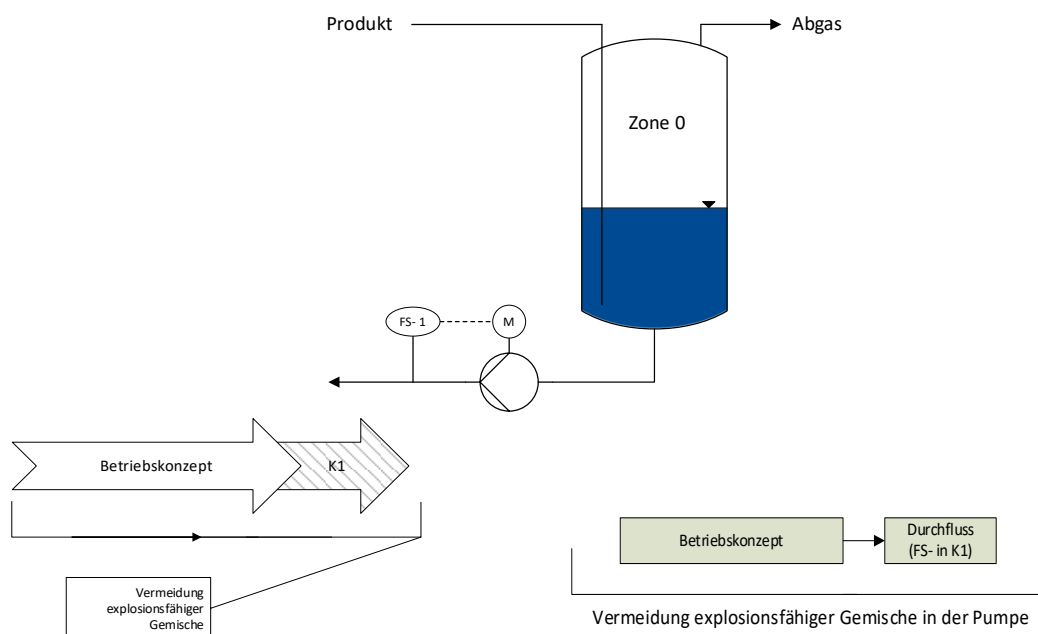
##### **Betriebskonzept:**

Die Pumpe ist relevant für Qualität und Fördermenge des Produktes

##### **Ex-Einrichtung:**

Durchflussüberwachung mit einem Durchflussmessgerät im PLS. Die Überwachung schaltet die Pumpe bei Unterschreitung des Mindestdurchflusses ab (Klassifizierungsstufe K1).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Zielzone
	Ex-Einrichtung	
Zone 2 / 22	ausreichend	Keine Zone
	K1	



**Hinweis:** In dem vorgehenden Beispiel wurde ein Teil des Explosionsschutzkonzeptes durch organisatorische Maßnahmen abgedeckt. In Fällen, in denen dies zum Beispiel auf Grund von reduziertem Personal oder anderer Aufstellungsbedingungen nicht möglich ist, kann eine gleichwertige Sicherheit auch durch die Aufwertung der Ex-Einrichtung von „K1“ zu „K2“ erreicht werden.

## **5.2.2 Kreiselpumpe mit Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches und Abschaltung durch Standabsicherung**

### **5.2.2.1 Prozessbeschreibung**

Eine Kreiselpumpe fördert innerhalb einer kontinuierlich betriebenen Anlage Flüssigkeit aus einem Behälter in einen höher liegenden Behälter über Rohrleitungen. Verfahrensbedingt wird die Anlage so betrieben, dass die Behälter nicht entleert werden. Oberhalb der Flüssigkeit im Behälter kann sich ohne Maßnahmen zeitlich überwiegend ein explosionsfähiges Gemisch (Zone 0) bilden. Das Betriebskonzept basiert auf den Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen (z.B. temporärer Übernahmevergange in einen tiefer liegenden Behälter mit Anwesenheit des Mitarbeiters zur rechtzeitigen Abschaltung der Pumpe).

Das An- und Abfahren der Anlage erfolgt nur selten. Für das An- und Abfahren liegt eine separate Betriebsanweisung vor. Eine Inbetriebnahme der Pumpe erfolgt entsprechend der in der Betriebsanleitung vorgegebenen Randbedingungen nach Betriebsanweisung, so dass auch für diese Betriebszustände ein flüssigkeitsgefüllter Betrieb unterstellt werden kann.

Wenn es im Rahmen von Betriebsstörungen dazu kommt, dass die Behälter entleert werden, bleibt die Pumpe durch die Anordnung im Siphon weitestgehend flüssigkeitsgefüllt. Würde die Pumpe bei Versagen des Betriebskonzeptes dennoch weiter betrieben, wird die in der Pumpe verbleibende Flüssigkeit durch den damit verbundenen Energieeintrag erwärmt (Wärmeeintrag durch Verlustleistung). Anhand der Verlustleistung, der verbleibenden Flüssigkeitsmenge und der Wärmekapazität von Flüssigkeit und Pumpe sowie dem Abstand zwischen der maximalen Betriebstemperatur und der Siedetemperatur kann die Zeit abgeschätzt werden, die bleibt, bis die Flüssigkeit soweit erhitzt wird, dass Sieden der Flüssigkeit nicht mehr verhindert werden kann. In der Anlage ist ständig Personal in ausreichender Anzahl vorhanden, so dass angenommen werden kann, dass die Störung zeitnah erkannt und behoben oder die Pumpe vom Betriebspersonal abgeschaltet wird. Ein unbemerktes Verdampfen der verbleibenden Restflüssigkeit wird auf Grund des vorliegenden Volumens auf der Druckseite der Pumpe (Leitungsvolumen) und der in der Pumpe vorhandenen Flüssigkeit bei einem einfachen Fehlerfall nicht unterstellt.

Aufgrund der gegebenen Randbedingungen wird davon ausgegangen, dass im Inneren der Pumpe ohne weitere Maßnahmen im Fehlerfall ein explosionsfähiges Gemisch auftreten kann.

### **5.2.2.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

Im Behälter liegt oberhalb der flüssigen Phase betriebsmäßig explosionsfähiges Gemisch vor (Zone 0). Das Explosionsschutzkonzept beruht auf der Vermeidung des Auftretens eines explosionsfähigen Gemisches an der Pumpe durch Flüssigkeitserhaltung. Das Betriebskonzept basiert auf den Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen (z.B. temporärer Übernahmevergange in einen tiefer liegenden Behälter mit Anwesenheit des Mitarbeiters zur rechtzeitigen Abschaltung der Pumpe).

### **5.2.2.3 Bewertung von Abweichungen**

Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe kann bei einfachen Fehlern nicht ausgeschlossen werden. Das Betriebskonzept wird daher durch eine Standabsicherung im Zulauf der Pumpe ergänzt.

### 5.2.2.4 Fazit

Durch das Betriebskonzept wird gewährleistet, dass ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe im Normalbetrieb auszuschließen ist. Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe kann bei Fehlern nicht ausgeschlossen werden, daher wird für die Standüberwachung eine Ex-Einrichtung mit hoher Zuverlässigkeit definiert.

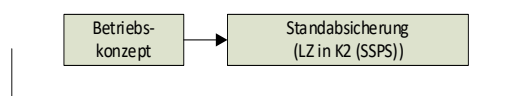
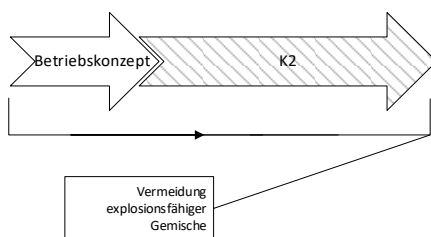
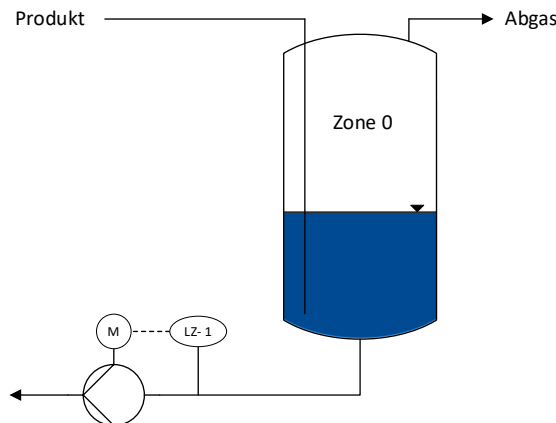
### 5.2.2.5 Lösung

#### Betriebskonzept:

Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen

**Ex-Einrichtung:** Einkanalige Standabsicherung im Zulauf mit Abschaltung der Pumpe über SSPS (Klassifizierungsstufe K2).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch		Keine Zone
	ausreichend + K1		
	K2		
	ausreichend	Zone 2 / 22	
K1			



Vermeidung explosionsfähiger Gemische in der Pumpe



## **5.2.3 Kreiselpumpe mit Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches durch das Betriebskonzept**

### **5.2.3.1 Prozessbeschreibung**

Eine Kreiselpumpe fördert innerhalb einer kontinuierlich betriebenen Anlage Flüssigkeit aus einem Behälter in einen höher liegenden Behälter über Rohrleitungen. Verfahrensbedingt wird die Anlage so betrieben, dass die Behälter nicht entleert werden. Oberhalb der Flüssigkeit im Behälter kann sich ohne Maßnahmen gelegentlich ein explosionsfähiges Gemisch (Zone 1) bilden. Das Betriebskonzept ermöglicht die Reduzierung um zwei Stufen. Allein durch diese Randbedingungen kann angenommen werden, dass die Pumpe im störungsfreien Betrieb flüssigkeitsgefüllt betrieben wird.

Das An- und Abfahren der Anlage erfolgt nur selten. Für das An- und Abfahren liegt eine separate Betriebsanweisung vor. Eine Inbetriebnahme der Pumpe erfolgt entsprechend der in der Betriebsanleitung vorgegebenen Randbedingungen nach Betriebsanweisung, so dass auch für diese Betriebszustände ein flüssigkeitsgefüllter Betrieb unterstellt werden kann.

Die Pumpe befindet sich im Tiefpunkt der Installation. Die Pumpe ist nicht selbstansaugend. Wenn es im Rahmen von Betriebsstörungen dazu kommt, dass die Behälter entleert werden, bleibt die Pumpe durch die Anordnung im Siphon weitestgehend flüssigkeitsgefüllt. Würde die Pumpe bei Versagen des Betriebskonzeptes dennoch weiter betrieben, wird die in der Pumpe verbleibende Flüssigkeit durch den damit verbundenen Energieeintrag erwärmt (Wärmeeintrag durch Verlustleistung). Anhand der Verlustleistung, der verbleibenden Flüssigkeitsmenge und der Wärmekapazität von Flüssigkeit und Pumpe kann die Zeit abgeschätzt werden, die bleibt, bis die Flüssigkeit soweit erhitzt wird, dass Sieden der Flüssigkeit nicht mehr verhindert werden kann. In der Anlage ist ständig Personal in ausreichender Anzahl vorhanden, so dass angenommen werden kann, dass die Störung zeitnah erkannt und behoben oder die Pumpe vom Betriebspersonal abgeschaltet wird. Ein unbemerktes Verdampfen der verbleibenden Restflüssigkeit wird auf Grund des vorliegenden Volumens auf der Druckseite der Pumpe (Leitungsvolumen) und der in der Pumpe vorhandenen Flüssigkeit bei einem einfachen Fehlerfall nicht unterstellt.

Aufgrund der gegebenen Randbedingungen wird davon ausgegangen, dass im Inneren der Pumpe ohne weitere Maßnahmen nur selten und kurzzeitig ein explosionsfähiges Gemisch auftreten kann.

### **5.2.3.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

Im Behälter liegt oberhalb der flüssigen Phase gelegentlich explosionsfähiges Gemisch vor (Zone 1). Das Explosionsschutzkonzept beruht auf der Vermeidung des Auftretens eines explosionsfähigen Gemisches an der Pumpe durch Flüssigkeitserhaltung. Das Betriebskonzept basiert auf den Prozessrandbedingungen (Aufstellung im Siphon) in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen. Das Betriebskonzept ermöglicht die Reduzierung um zwei Stufen.

### **5.2.3.3 Bewertung von Abweichungen**

Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe wird nur bei Fehlerkombinationen unterstellt.

### 5.2.3.4 Fazit

Durch das Betriebskonzept wird gewährleistet, dass ein Verlust der Flüssigkeit mit hinreichender Zuverlässigkeit ausgeschlossen wird.

### 5.2.3.5 Lösung

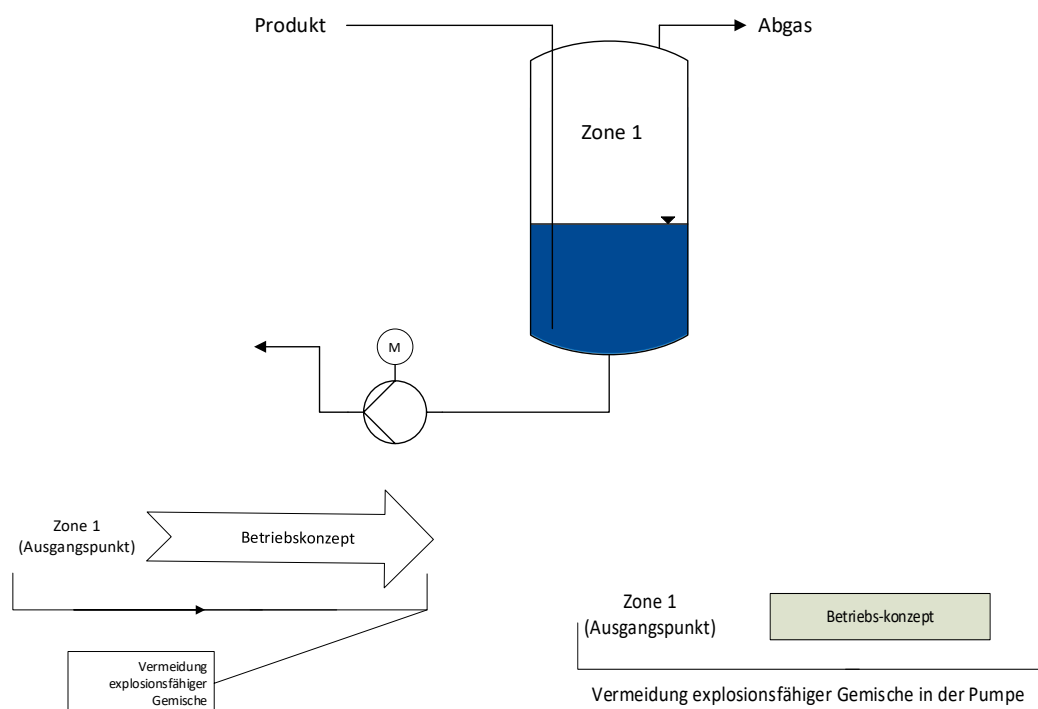
#### Betriebskonzept:

Prozessbedingungen und Installation im Tiefpunkt

#### Ex-Einrichtung:

Keine

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung		
<b>Keine Maßnahme nach TRGS 725</b>			
Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall	ausreichend	K1 K2	
Zündquelle im seltenen Fehlerfall **	ausreichend	K1	
* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen			
** im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen			



## **5.2.4 Kreiselpumpe mit Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches sowie Abschaltung durch Durchflussüberwachung**

### **5.2.4.1 Prozessbeschreibung**

Eine Kreiselpumpe fördert innerhalb einer kontinuierlich betriebenen Anlage Flüssigkeit aus einem Behälter in einen höher liegenden Behälter über Rohrleitungen. Verfahrensbedingt wird die Anlage so betrieben, dass die Behälter nicht entleert werden. Oberhalb der Flüssigkeit im Behälter kann sich ohne Maßnahmen zeitlich überwiegend ein explosionsfähiges Gemisch (Zone 1) bilden. Die Pumpe befindet sich im Hauptstrom, so dass das Hauptaugenmerk des Betriebes auf der Qualität und Fördermenge des Produktes liegt, und daher Abweichungen vom Sollzustand der Anlage anhand der visualisierten Betriebsdaten schnell erkannt werden (Betriebskonzept). Allein durch diese Randbedingungen kann angenommen werden, dass die Pumpe im störungsfreien Betrieb flüssigkeitsgefüllt betrieben wird.

Das An- und Abfahren der Anlage erfolgt nur selten. Für das An- und Abfahren liegt eine separate Betriebsanweisung vor. Eine Inbetriebnahme der Pumpe erfolgt entsprechend der in der Betriebsanleitung vorgegebenen Randbedingungen nach Betriebsanweisung, so dass auch für diese Betriebszustände ein flüssigkeitsgefüllter Betrieb unterstellt werden kann.

Die Pumpe befindet sich im Tiefpunkt der Installation. Die Pumpe ist nicht selbstansaugend. Wenn es im Rahmen von Betriebsstörungen dazu kommt, dass die Behälter entleert werden, bleibt die Pumpe durch die Anordnung im Siphon weitestgehend flüssigkeitsgefüllt. Würde die Pumpe bei Versagen des Betriebskonzeptes dennoch weiter betrieben, wird die in der Pumpe verbleibende Flüssigkeit durch den damit verbundenen Energieeintrag erwärmt (Wärmeeintrag durch Verlustleistung). Anhand der Verlustleistung, der verbleibenden Flüssigkeitsmenge und der Wärmekapazität von Flüssigkeit und Pumpe kann die Zeit abgeschätzt werden, die bleibt, bis die Flüssigkeit soweit erhitzt wird, dass Sieden der Flüssigkeit nicht mehr verhindert werden kann. In der Anlage ist ständig Personal in ausreichender Anzahl vorhanden, so dass angenommen werden kann, dass die Störung zeitnah erkannt und behoben oder die Pumpe vom Betriebspersonal abgeschaltet wird. Ein unbemerktes Verdampfen der verbleibenden Restflüssigkeit wird auf Grund des vorliegenden Volumens auf der Druckseite der Pumpe (Leitungsvolumen) und der in der Pumpe vorhandenen Flüssigkeit bei einem einfachen Fehlerfall nicht unterstellt.

### **5.2.4.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

Im Behälter liegt gelegentlich explosionsfähiges Gemisch oberhalb der flüssigen Phase vor (Zone 1 durch Inertisierung). Das Explosionsschutzkonzept beruht auf der Vermeidung des Auftretens eines explosionsfähigen Gemisches in der Pumpe durch Flüssigkeitserhaltung. Das Betriebskonzept basiert auf den Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen. Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe kann störungsbedingt jedoch nicht ausgeschlossen werden (Versagen des Betriebskonzeptes). Ein kausaler Zusammenhang zwischen einem möglichen Ausfall der Inertisierung und einem Versagen des Betriebskonzeptes ist nicht zu unterstellen. Daher ermöglicht das Betriebskonzept ohne erhöhte Unabhängigkeitsanforderungen die Reduzierung um eine Stufe und wird ergänzt durch eine Ex-Einrichtung (Durchflussmessung mit Abschaltung der Pumpe). Die Überwachung des Flüssigkeitsdurchflusses gewährleistet, dass Flüssigkeit in der Pumpe verbleibt.

### 5.2.4.3 Bewertung von Abweichungen

Ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe kann bei einfachen Fehlern nicht ausgeschlossen werden. Das Betriebskonzept wird daher durch eine Durchflussüberwachung ergänzt, die einen Trockenlauf der Pumpe vermeidet.

### 5.2.4.4 Fazit

Durch das Betriebskonzept wird gewährleistet, dass ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe im Normalbetrieb auszuschließen ist. Da ein Verlust der Flüssigkeit in der Pumpe lediglich bei einer Kombination von Fehlern nicht ausgeschlossen werden kann, genügt für die Durchflussüberwachung eine Ausführung in ausreichender Verfügbarkeit.

### 5.2.4.5 Lösung

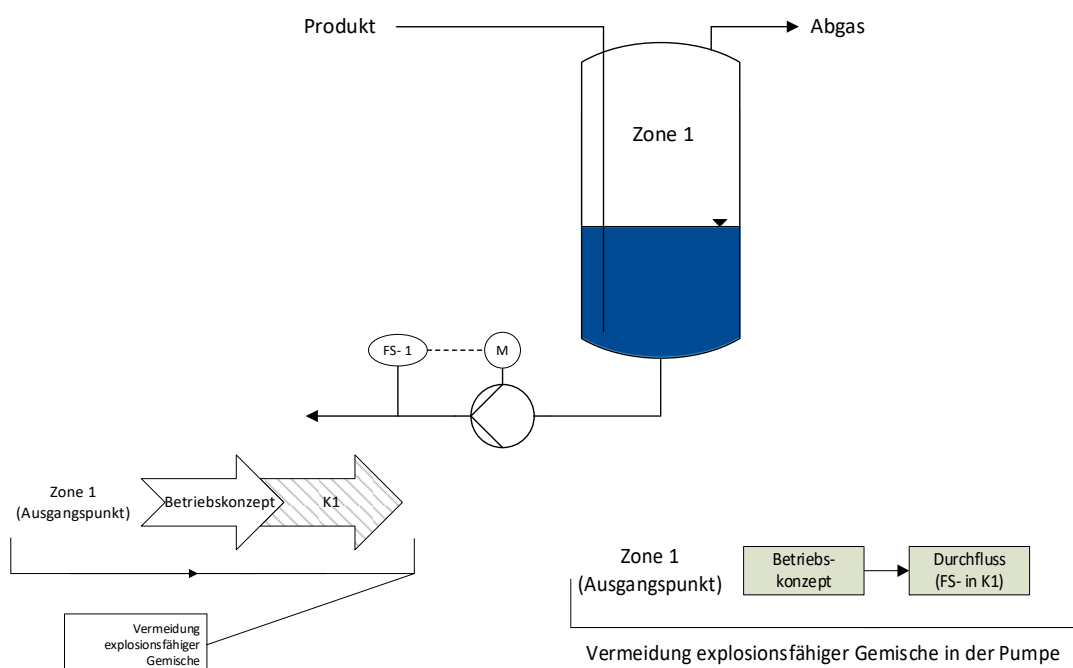
#### Betriebskonzept:

Prozessrandbedingungen in Kombination mit organisatorischen Maßnahmen

#### Ex-Einrichtung:

Durchflussüberwachung mit einem Durchflussmessgerät im PLS. Die Ex-Einrichtung schaltet die Pumpe bei Unterschreitung des Mindestdurchflusses ab (Klassifizierungsstufe K1).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Zielzone
	Ex-Einrichtung	
Zone 2 / 22	ausreichend	Keine Zone
	K1	



## 5.3 Mühle

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Mühle	5.3.1 Fall 1 - Stickstoffversorgung ausreichend - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Lösemittelfreier Feststoff - Zone 20 → Zone 22	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>eine organisatorische Ex-Schutzmaßnahme</li> <li>Ex-Einrichtung: Durchflussmessung Stickstoff (FS-) im PLS schaltet Mühle aus, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.3.2 Fall 2.1 - Stickstoffversorgung ausreichend - Zündquelle betriebsmäßig möglich - Hybrides Gemisch - Zone 0/20 → keine Zone	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>eine organisatorische Ex-Schutzmaßnahme</li> <li>zwei K1 Maßnahmen im PLS</li> <li>1. Ex-Einrichtung: Durchflussmessung, Stickstoff (FS-) im PLS schaltet Mühle aus, Klassifizierungsstufe K1</li> <li>2. Ex-Einrichtung: Sauerstoffmessung (QS+) im PLS schaltet Mühle aus, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.3.3 Fall 2.2 - Stickstoffversorgung ausreichend - Zündquelle betriebsmäßig möglich - Hybrides Gemisch - Zone 0/20 → keine Zone	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>eine organisatorische Ex-Schutzmaßnahme</li> <li>Ex-Einrichtung: Durchflussmessung Stickstoff (FZ-) in SSPS schaltet Mühle aus, Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>

### 5.3.1 Mühle mit Inertisierung über Stickstoffdurchfluss und Durchflussüberwachung

#### 5.3.1.1 Prozessbeschreibung

In einer Mühle wird ein Feststoff zu Feingut verarbeitet. Der dafür eingetragene Feststoff wird aus einem nicht-inertisierten Big-Bag bereitgestellt. Das Lückenvolumen ist als luftgefüllt zu betrachten. Aus diesem Big-Bag gelangt der zu vermahlende Stoff kontinuierlich über eine Zellenrad-schleuse in die Mühle, so dass der maximale Fördervolumenstrom bekannt ist. Die Mühle wird während des Betriebes mit einem kontinuierlichen Stickstoffstrom gespült, um den Sauerstoff, der mit dem Feststoff eingetragen wird, unter die Sauerstoffgrenzkonzentration der gehandhabten Stoffe zu verdünnen. Durch diese Spülung wird außerdem der Eintrag von Luft in die Mühle verhindert. Die Mühle ist an ein Abgassystem angeschlossen. Das Abgassystem wurde als im Normalbetrieb als sauerstofffrei eingestuft. Es wird so betrieben, dass nur im Störfall explosionsfähige Gemische auftreten können (Sauerstoff gelegentlich vorhanden). Im Abluftsystem besteht ein leichter Unterdruck. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen in der Mühle eine Zone 20 vorliegt, da sich beim Vermahlen

explosionsfähige Staub/Luft-Gemische bilden. Mit dem Auftreten von Lösemitteldämpfen ist nicht zu rechnen. Zündquellen sind im Innern bei gelegentlichen Betriebsstörungen möglich.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorliegenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine Zone 22 eingeteilt werden kann;
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 22;
- Vermeiden wirksamer prozessbezogener oder nicht gerätespezifischer Zündquellen für den störungsfreien Betrieb bzw. der Eignung für Zone 22.

### **5.3.1.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

#### **Erstinertisierung**

Eine Erstinertisierung des Systems wird organisatorisch mit Stickstoff (Durchflussmethode) durchgeführt.

Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und die Erstinertisierung entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

#### **Aufrechterhaltung**

Die Aufrechterhaltung erfolgt durch die Zuführung von Stickstoff über eine Handarmatur (Betriebsanweisung (SOP) regelt organisatorisch das Öffnen der Handarmatur vor Beginn der Mahlung). Der Stickstoffstrom ist über eine Lochscheibe auf den Zielwert gedrosselt. Da die Lochscheibe in der Stickstoffzuführung installiert ist, wird ein Verstopfen durch den Feststoff nicht unterstellt. Der Stickstoff strömt über eine offene Anbindung ins Abluftsystem. Das Ausfallverhalten der Stickstoffversorgung wird betreiberseitig als „ausreichend“ eingestuft. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung würde an vielen Stellen innerhalb des Betriebes durch Prozessabweichungen bemerkt werden. Die Mühle ist technisch dicht und wird geschlossen betrieben.

#### **5.3.1.3 Bewertung von Abweichungen**

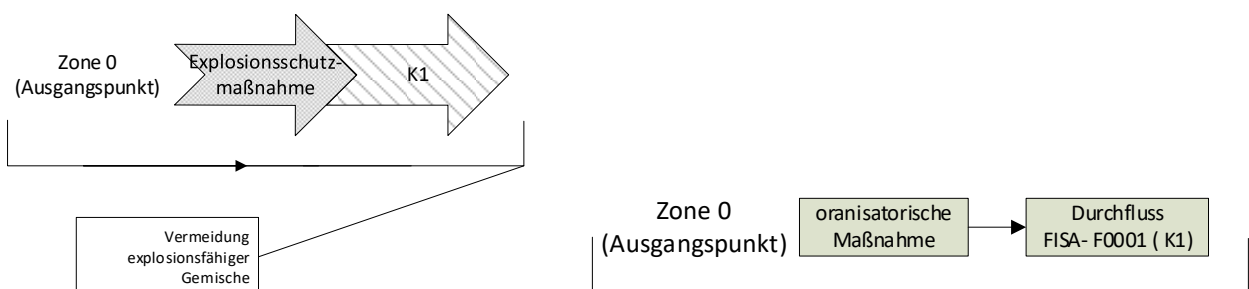
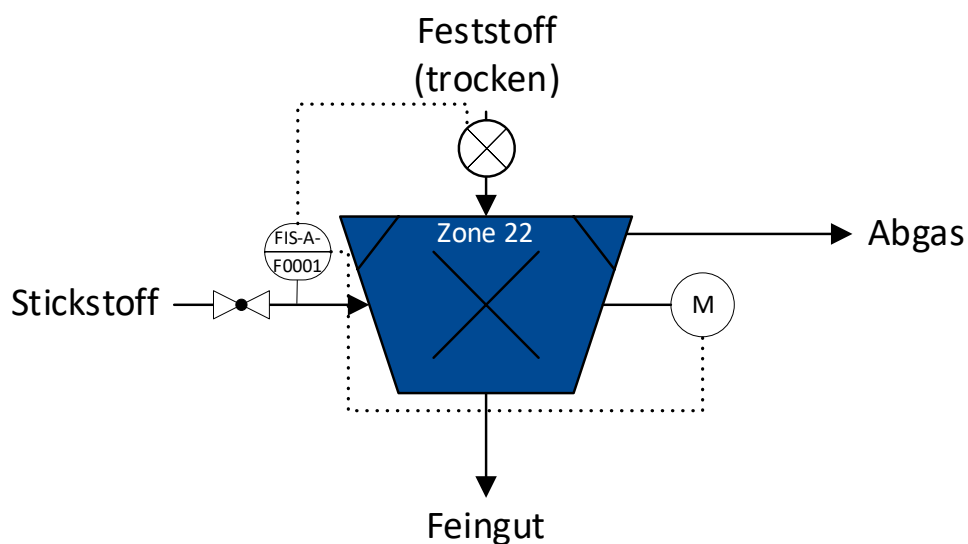
Durch einen Bedienfehler (Handarmatur für Stickstoff wird vor Beginn der Mahlung nicht geöffnet) kann die Inertisierung ausfallen.

Daher wird die Inertisierung in der Mühle mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Durchflussmessung (Ex-Einrichtung) überwacht (F0001). Diese Ex-Einrichtung wird als K1-Maßnahme über das betriebliche Prozessleitsystem geführt. Bei Erreichen des im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten minimalen Durchflusses wird alarmiert und der Mühlenantrieb sowie die Produktzufuhr werden abgeschaltet. Die Ex-Einrichtung besteht aus der Durchflussmessung, der Signalverarbeitung über das Prozessleitsystem und der Aktorik zum Abschalten des Mühlenantriebs und der Produktzufuhr.

### 5.3.1.4 Fazit

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen (in Summe hier als ausreichende Verfügbarkeit bewertet) wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 22 ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe von K1.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2 /22
	ausreichend	+ K1	
		K2	
	ausreichend		Zone 1 / 21
	K1		



## 5.3.2 Mühle mit Inertisierung Stickstoffdurchfluss und Durchfluss- und Sauerstoffüberwachung

### 5.3.2.1 Prozessbeschreibung

In einer Mühle wird ein lösemittelfeuchter Feststoff zu Feingut verarbeitet. Beim Vermahlen bildet sich ein hybrides Gemisch aus explosionsfähigem Staub und Lösemitteldämpfen. Der dafür eingetragene Feststoff wird aus einem nicht-inertisierten Big-Bag bereitgestellt. Das Lückenvolumen ist als luftgefüllt zu betrachten. Aus diesem Big-Bag gelangt der zu vermahlende Stoff kontinuierlich über eine Zellenradschleuse in die Mühle, so dass der maximale Fördervolumenstrom bekannt ist. Die Mühle wird während des Betriebes mit einem kontinuierlichen Stickstoffstrom gespült, um den Sauerstoff, der mit dem Feststoff eingetragen wird, unter die Sauerstoffkonzentration der gehandhabten Stoffe zu verdünnen. Durch diese Spülung wird außerdem der Eintrag von Luft in die Mühle verhindert. Die Mühle ist an ein Abgassystem angeschlossen. Das Abgassystem wurde als im Normalbetrieb als sauerstofffrei eingestuft. Es wird so betrieben, dass nur im Störfall explosionsfähige Gemische auftreten können (gelegentlich Sauerstoff vorhanden). Im Abluftsystem besteht ein leichter Unterdruck. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen in der Mühle eine Zone 0/20 vorliegt, da sich beim Vermahlen explosionsfähige hybride Gemische bilden. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen (elektrostatische Entladungen) im Normalbetrieb auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorliegenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass keine explosionsfähigen Gemische auftreten.

### 5.3.2.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Erstinertisierung

Eine Erstinertisierung des Systems wird organisatorisch mit Stickstoff (Durchflussmethode) durchgeführt.

Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und die Erstinertisierung entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

#### Aufrechterhaltung

Die Aufrechterhaltung erfolgt durch die Zuführung von Stickstoff über eine Handarmatur (SOP regelt organisatorisch das Öffnen der Handarmatur vor Beginn der Mahlung). Der Stickstoffstrom ist über eine Lochscheibe auf den Zielwert gedrosselt. Da die Lochscheibe in der Stickstoffzuführung installiert ist, wird ein Verstopfen durch den Feststoff nicht unterstellt. Der Stickstoff strömt über eine offene Anbindung ins Abluftsystem. Das Ausfallverhalten der Stickstoffversorgung wird betreiberseitig als „ausreichend“ eingestuft. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung würde an vielen Stellen innerhalb des Betriebes durch Prozessabweichungen bemerkt werden. Die Mühle ist technisch dicht und wird geschlossen betrieben.



### 5.3.2.3 Bewertung von Abweichungen

Durch einen Bedienfehler (Handarmatur für Stickstoff wird vor Beginn der Mahlung nicht geöffnet) kann die Inertisierung ausfallen.

Daher wird die Inertisierung in der Mühle mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Durchflussmessung (Ex-Einrichtung) überwacht (F0002). Diese Ex-Einrichtung wird als K1-Maßnahme über das betriebliche Prozessleitsystem geführt. Bei Erreichen des im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten minimalen Durchflusswertes wird alarmiert und der Mühlenantrieb sowie die Produktzufuhr werden abgeschaltet. Die Ex-Einrichtung besteht aus der Durchflussmessung, der Signalverarbeitung über das Prozessleitsystem und der Aktorik zum Abschalten des Mühlenantriebs und der Produktzufuhr.

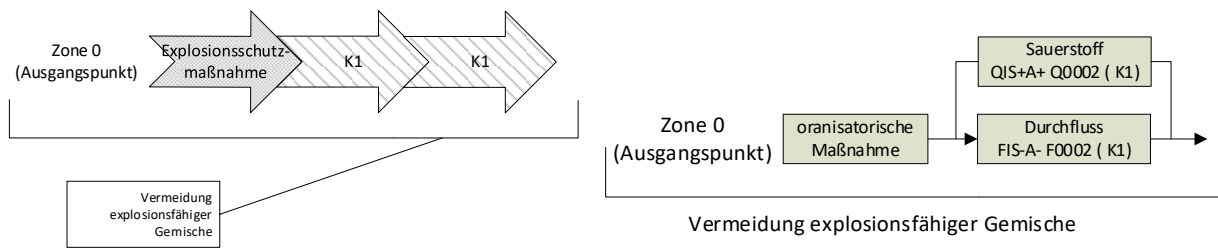
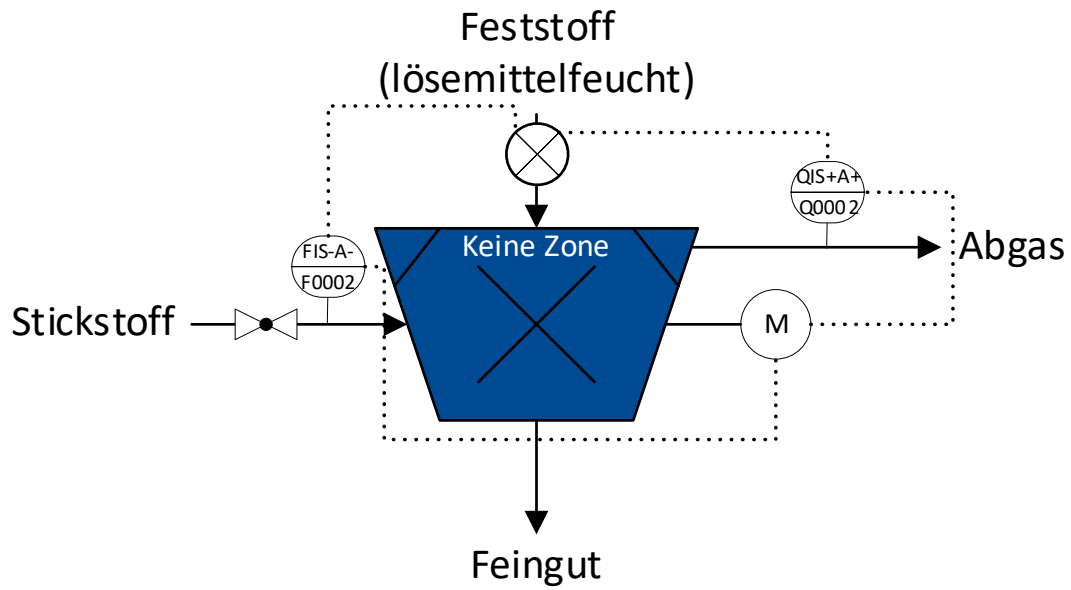
Zusätzlich wird die Inertisierung in der Mühle mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Sauerstoffmessung (Ex-Einrichtung) überwacht (Q0002). Diese Ex-Einrichtung wird als K1-Maßnahme über das betriebliche Prozessleitsystem geführt. Bei Erreichen der im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten maximalen Sauerstoffwertes wird alarmiert und der Mühlenantrieb sowie die Produktzufuhr werden abgeschaltet. Die Ex-Einrichtung besteht aus der Sauerstoffmessung, der Signalverarbeitung über das Prozessleitsystem und der Aktorik zum Abschalten des Mühlenantriebs und der Produktzufuhr.

**Hinweis:** Beide Ex-Einrichtungen (Durchfluss- und Sauerstoffmessung) wirken auf Seiten des Aktors auf dieselbe Funktion (Abschaltung des Mühlenantriebs und der Produktzufuhr). Die Abschaltung muss in K2 (z.B. entsprechend zuverlässiger Schütz) oder K1+K1 (z.B. zwei Schütze) ausgeführt werden.

### 5.3.2.4 Fazit

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zieleinstufung ohne Ex-Zone ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe von K2 (umgesetzt als K1+K1).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone	
	Ex-Einrichtung			
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone	
	hoch	+ K1		
	ausreichend+	K2		
		K3		
	hoch		Zone 2 / 22	
	ausreichend+	K1		
		K2		
	ausreichend		Zone 1 / 21	
	K1			



### 5.3.3 Mühle mit Inertisierung über Stickstoffdurchfluss und Durchflussüberwachung

In einer Mühle wird ein lösemittelfeuchter Feststoff zu Feingut verarbeitet. Beim Vermahlen bildet sich ein hybrides Gemisch aus explosionsfähigem Staub und Lösemitteldämpfen. Der dafür eingetragene Feststoff wird aus einem nicht-inertisierten Big-Bag bereitgestellt. Das Lückenvolumen ist als luftgefüllt zu betrachten. Aus diesem Big-Bag gelangt der zu vermahlende Stoff kontinuierlich über eine Zellenradschleuse in die Mühle, so dass der maximale Fördervolumenstrom bekannt ist. Die Mühle wird während des Betriebes mit einem kontinuierlichen Stickstoffstrom gespült, um den Sauerstoff, der mit dem Feststoff eingetragen wird, unter die Sauerstoffgrenzkonzentration der gehandhabten Stoffe zu verdünnen. Durch diese Spülung wird außerdem der Eintrag von Luft in die Mühle verhindert. Die Mühle ist an ein Abgassystem angeschlossen. Das Abgassystem wurde als im Normalbetrieb als sauerstofffrei eingestuft. Es wird so betrieben, dass nur im Störfall explosionsfähige Gemische auftreten können (gelegentlich Sauerstoff vorhanden). Im Abluftsystem besteht ein leichter Unterdruck. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen in der Mühle eine Zone 0/20 vorliegt, da sich beim Vermahlen explosionsfähige hybride Gemische bilden. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen (elektrostatische Entladungen) im Normalbetrieb auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorliegenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass keine explosionsfähigen Gemische auftreten.

#### 5.3.3.1 Inertisierungskonzept

##### **Erstinertisierung**

Eine Erstinertisierung des Systems wird organisatorisch mit Stickstoff (Durchflussmethode) durchgeführt.

Die Auslegung der Erstinertisierung erfolgt nach dem aktuellen Stand der Technik. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen und die Erstinertisierung entspricht der in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Verfügbarkeit.

##### **Aufrechterhaltung**

Die Aufrechterhaltung erfolgt durch die Zuführung von Stickstoff über eine Handarmatur (SOP regelt organisatorisch das Öffnen der Handarmatur vor Beginn der Mahlung). Der Stickstoffstrom ist über eine Lochscheibe auf den Zielwert gedrosselt. Da die Lochscheibe in der Stickstoffzuführung installiert ist, wird ein Verstopfen durch den Feststoff nicht unterstellt. Der Stickstoff strömt über eine offene Anbindung ins Abluftsystem. Das Ausfallverhalten der Stickstoffversorgung wird betreiberseitig als „ausreichend“ eingestuft. Ein Ausfall der Stickstoffversorgung würde an vielen Stellen innerhalb des Betriebes durch Prozessabweichungen bemerkt werden. Die Mühle ist technisch dicht und wird geschlossen betrieben.

### 5.3.3.2 Bewertung von Abweichungen

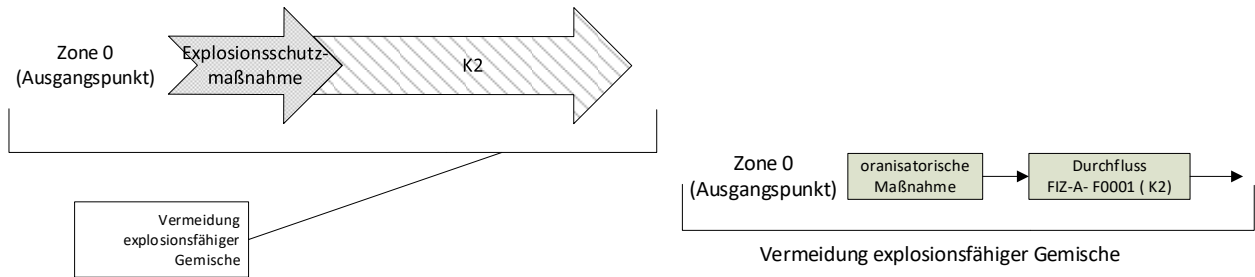
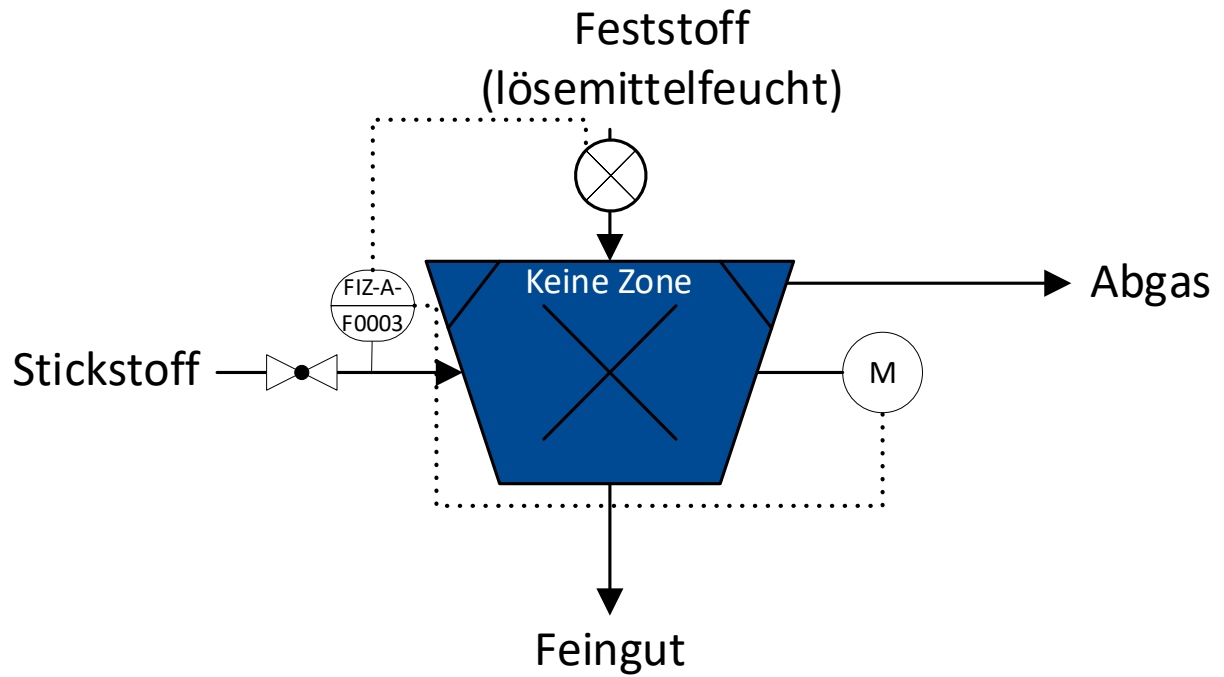
Durch einen Bedienfehler (Handarmatur für Stickstoff wird vor Beginn der Mahlung nicht geöffnet) kann die Inertisierung ausfallen.

Daher wird die Inertisierung in der Mühle mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Durchflussmessung (Ex-Einrichtung) überwacht (F0003). Diese Ex-Einrichtung wird als K2-Maßnahme über eine sicherheitsgerichtete Steuerung (SSPS) geführt. Bei Erreichen des im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten minimalen Durchflusswertes wird alarmiert und der Mühlenantrieb wird abgeschaltet. Die Ex-Einrichtung besteht aus der Durchflussmessung, der Signalverarbeitung über das Prozessleitsystem und der Aktorik zum Abschalten des Mühlenantriebs.

### 5.3.3.3 Fazit

Auf Grund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zieleinstufung ohne Ex-Zone ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe von K2.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend+	K2	
	K3		
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend+	K1	
	K2		
	ausreichend		
	K1	Zone 1 / 21	



## 5.4 Inertisierte Tanks mit Belüftungsarmaturen entsprechend TRGS 509

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Inertisierte Tanks mit Belüftungsarmaturen nach TRGS 509	5.4.2.1 Inertisierungsstufe 1 - Stickstoffausfall zu erwarten - Zündquelle bei seltener Betriebsstörung - Zone 0 → Zone 1	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation gemäß TRGS 509 mit Überwachung des Innendrucks und Alarmierung</li> <li>• Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung (PC), Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.4.2.2 Inertisierungsstufe 2 - Stickstoffausfall zu erwarten - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation gemäß TRGS 509 mit Überwachung des Innendrucks und Alarmierung</li> <li>• 1. Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung (PC), Klassifizierungsstufe K1</li> <li>• 2. Ex-Einrichtung (K1): Druckmessung (PS-) im PLS mit Abschaltung der Austragspumpe</li> </ul>
	5.4.2.3 Inertisierungsstufe 3 (Variante 1) - Stickstoffausfall zu erwarten - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation gemäß TRGS 509 mit redundanter Überwachung des Innendrucks und Alarmierung</li> <li>• 1. Ex-Einrichtung: mech. Druckregelung, Klassifizierungsstufe K1</li> <li>• 2. Ex-Einrichtung: (K1) Druckmessung (PS-) im PLS mit Abschaltung der Austragspumpe</li> </ul>
	5.4.2.4 Inertisierungsstufe 3 (Variante 2) - Stickstoffausfall zu erwarten - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 0 → Zone 2	Inertisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation gemäß TRGS 509 mit redundanter Überwachung des Innendrucks und Alarmierung</li> <li>• 1. Ex-Einrichtung (K1): Druckmessung im PLS mit Alarmierung (PA-), Klassifizierungsstufe K1</li> <li>• 2. Ex-Einrichtung (K1): Druckmessung (PS-) im PLS mit Abschaltung der Austragspumpe</li> </ul>
Inertisierte nicht einatmende Tanks	5.4.2.5 Inertisierte nicht einatmende Tanks	

## 1. Prozessbeschreibung

Für die nachfolgenden Beispiele 5.4.2.1 bis 5.4.2.4 wird angenommen, dass die Tanks über Pumpen mit einer Flüssigkeit befüllt und entleert werden. Sowohl die Zufuhr- als auch die Abfuhrleitung werden dauerhaft flüssigkeitsgefüllt betrieben, so dass auch im seltenen Fehlerfall keine Verbindung zu den Gasräumen der vor- und nachgeschalteten Behälter besteht. Die Tanks sollen im leichten Überdruck betrieben werden. Auf dem Tank befindet sich jeweils ein Belüftungsventil zur Atmosphäre. Der Tank ist an ein Abluftsystem angeschlossen. Das Abluftsystem wird im leichten Unterdruck betrieben.

## 2. Explosionsschutzmaßnahmen

Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde für alle nachfolgenden Beispiele festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen in den Tanks eine Zone 0 auftritt, da die Betriebstemperatur im Tank über dem Flammpunkt liegt. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorbeugenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass eine von der Zone 0 abweichende Zone eingeteilt werden kann;
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone;
- Vermeiden wirksamer prozessbezogener bzw. betrieblicher oder nicht gerätespezifischer Zündquellen für den störungsfreien Betrieb bzw. der Eignung für resultierende Zone.

### 5.4.1 Lagerbehälter mit Inertisierung über Druckregelung plus Überwachung, Inertisierungsstufe 1 nach TRGS 509

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 1 nach Vorgabe der TRGS 509. Das Belüftungsventil dient dem Schutz des Lagerbehälters gegen Unterdruck. Absicherung des Belüftungsventils zur Atmosphäre mit einer Flammendurchschlagsicherung. Der Lagerbehälter wird inertisiert (Erstinertisierung und Aufrechterhaltung der Inertisierung im Betrieb) und im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme organisatorisch. Das Stickstoffvolumen und der Stickstoffvolumenstrom erfüllen die Anforderungen gemäß TRGS 509, Abb. A2-1 und A2-2. Die Überwachung der Inertisierung erfolgt durch eine Druckmessung P3 mit Alarmierung im PLS. Das organisatorische Abschalten der Pumpe als weiteren Unterdruckerzeuger wurde nicht als Teil der Ex-Einrichtung dargestellt.

Erforderliche Klassifizierungsstufe K1

#### 5.4.1.1 Bewertung von Abweichungen

Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden. Eine Zündquelle ist bei seltenen Betriebsstörungen möglich.

### 5.4.1.2 Fazit

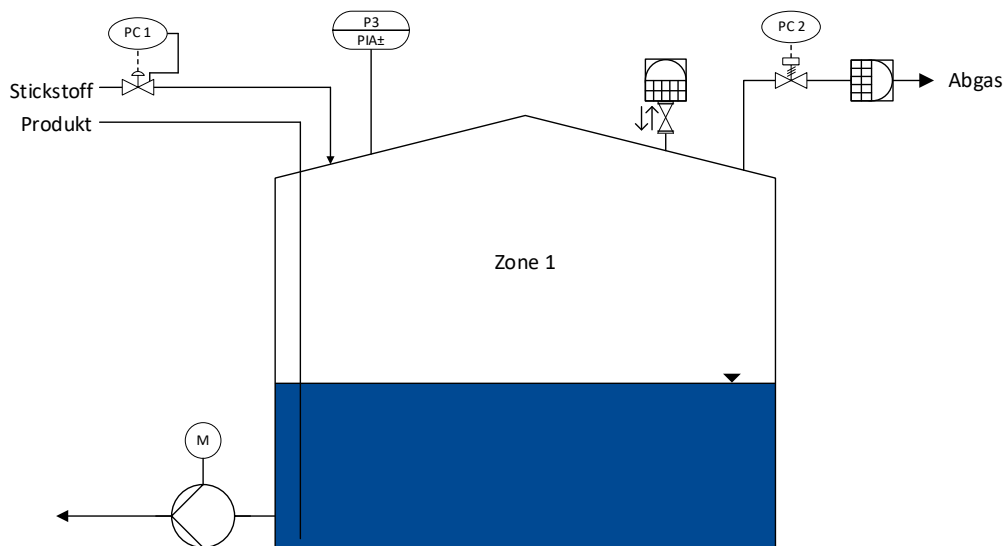
Auf Grund der Vorgaben der TRGS 509 und der hier bewerteten Abweichungen wird die erforderliche Zuverlässigkeit der erforderlichen Ex-Einrichtung mit K1 erreicht.

### 5.4.1.3 Lösung

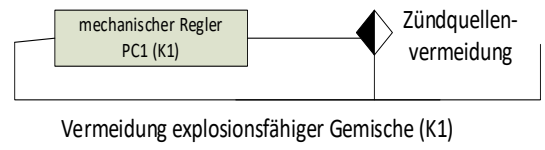
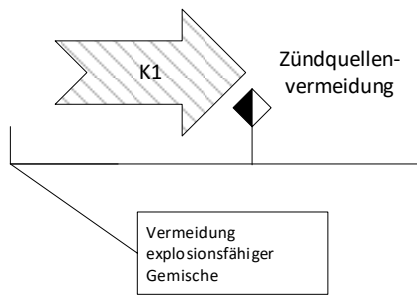
**Betriebskonzept:** keines

**Ex-Einrichtung (K1):** Druckregelung des Behälterdrucks mit einem mechanischen Druckregler P1 (einfache Funktionseinheit gemäß TRGS 725) mit ausreichender Zuverlässigkeit.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend	+ K1	
		K2	
	ausreichend	Zone 1 / 21	
	K1		







## 5.4.2 Lagerbehälter mit Inertisierung über Druckregelung plus Überwachung, Inertisierungsstufe 2 nach TRGS 509

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Das Belüftungsventil dient dem Schutz des Lagerbehälters gegen Unterdruck. Absicherung des Belüftungsventils zur Atmosphäre mit einer Flammendurchschlagsicherung gemäß TRGS 509. Der Lagerbehälter wird inertisiert (Erstinertisierung und Aufrechterhaltung der Inertisierung im Betrieb) und im leichten Überdruck betrieben. Der Behälterdruck liegt über Umgebungsdruck und über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme organisatorisch. Das Stickstoffvolumen und der Stickstoffvolumenstrom erfüllen die Anforderungen gemäß TRGS 509, Abb. A2-1 und A2-2.

Erforderliche Klassifizierungsstufe K2, die Realisierung erfolgt durch zwei Ex-Einrichtungen in K1.

### 5.4.2.1 Bewertung von Abweichungen

Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden. Eine Zündquelle ist bei seltenen Betriebsstörungen möglich.

### 5.4.2.2 Fazit

Auf Grund der Vorgaben der TRGS 509 und der hier bewerteten Abweichungen wird die erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung mit K2 bewertet.

### 5.4.2.3 Lösung

#### **Betriebskonzept:**

keines

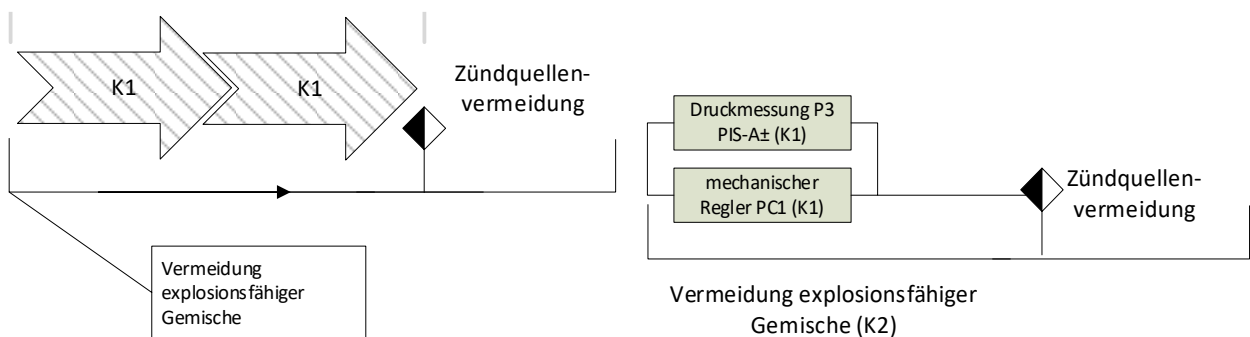
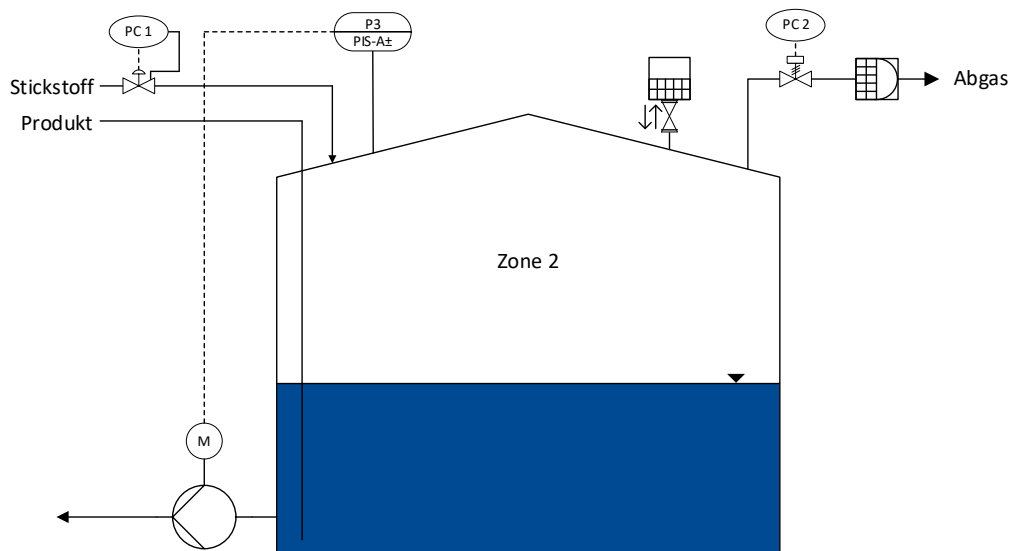
#### **Ex- Einrichtung 1 (K1):**

Druckregelung des Behälterdrucks mit einem mechanischen Druckregler (einfache Funktionseinheit gemäß TRGS 725) mit ausreichender Zuverlässigkeit.

#### **Ex- Einrichtung 2 (K1):**

Überwachung der Inertisierung durch eine Druckmessung mit Alarmierung im PLS (komplexe Funktionseinheit gemäß TRGS 725). Die Drucküberwachung schaltet die Pumpe rechtzeitig ab, damit der Tank im Überdruck gehalten werden kann. Die verwendeten Funktionseinheiten erfüllen mindestens die Anforderung an bewährte Technik im Sinne der TRGS 725 und können für die Klassifizierungsstufe 1 verwendet werden.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend	+ K1	
		K2	
	ausreichend		Zone 1 / 21
	K1		



### 5.4.3 Lagerbehälter mit Inertisierung über Druckregelung plus Überwachung, Inertisierungsstufe 3 nach TRGS 509 (Variante 1)

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Das Belüftungsventil dient dem Schutz des Lagerbehälters gegen Unterdruck. Absicherung des Belüftungsventils mit einer Flammdurchschlagsicherung kann entfallen. Der Lagerbehälter wird inertisiert (Erstinertisierung und Aufrechterhaltung der Inertisierung im Betrieb) und im leichten Überdruck betrieben. Der Druck im Behälter wird mit den Messungen P3 und P4 redundant überwacht (Anforderung der TRGS 509). Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme organisatorisch. Der geregelte Behälterdruck muss im Überdruck liegen (oberhalb des Atmosphärendrucks). Der Ansprechdruck des Notbelüftungsventils muss mindestens 5 mbar unterhalb des Abschaltpunktes der Pumpe liegen. Das Stickstoffvolumen und der Stickstoffvolumenstrom erfüllen, wie die gesamte Auslegung, die Anforderungen gemäß TRGS 509, Abb. A2-1 und A2-2.

Erforderliche Klassifizierungsstufe K2, die Realisierung erfolgt durch zwei Ex-Einrichtungen.

Hinweis: Wie der nachfolgenden Bewertung entnommen werden kann, ist in dem vorliegenden Beispiel für P4 eine betriebliche Einrichtung als Druckmessung ausreichend.

#### 5.4.3.1 Bewertung von Abweichungen

Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden. Eine Zündquelle ist bei seltenen Betriebsstörungen möglich.

#### 5.4.3.2 Fazit

Auf Grund der Vorgaben der TRGS 509 und der hier bewerteten Abweichungen wird die erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung mit K2 bewertet.

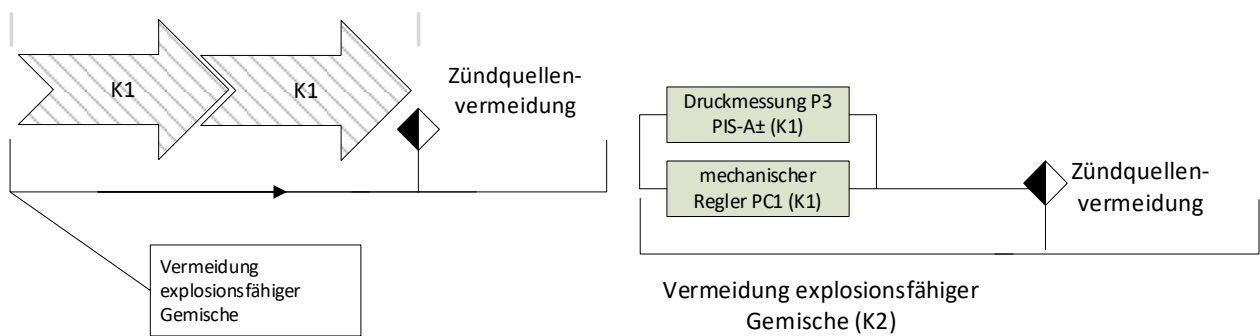
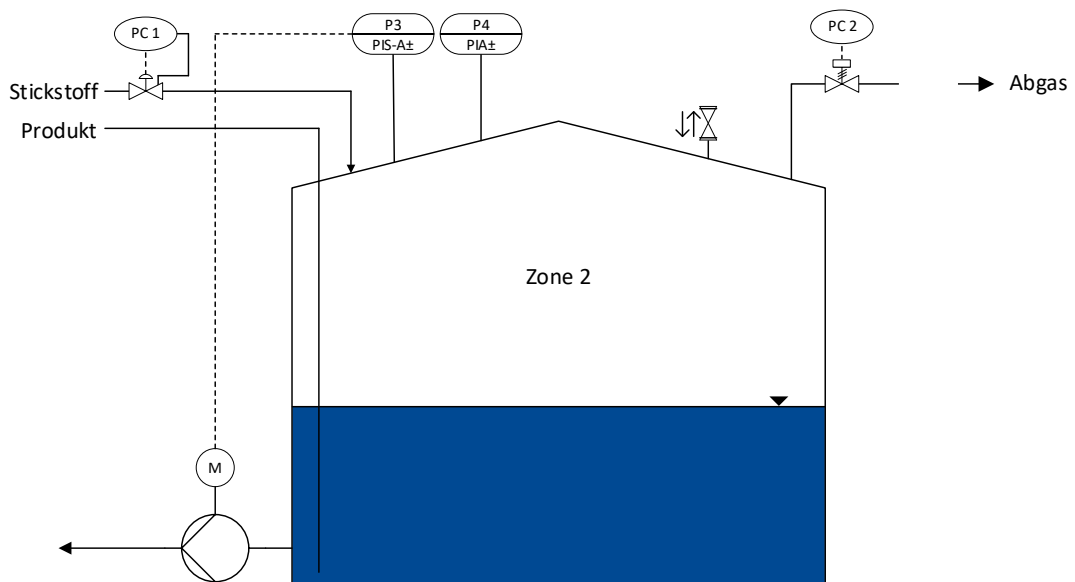
#### 5.4.3.3 Lösung

**Betriebskonzept:** keines

**Ex-Einrichtung 1 (K1):** Druckregelung des Behälterdrucks mit einem mechanischen Druckregler P1 (einfache Funktionseinheit gemäß TRGS 725) mit ausreichender Zuverlässigkeit.

**Ex-Einrichtung 2 (K1):** Überwachung der Inertisierung durch eine Druckmessung P3 mit Alarmerung (komplexe Funktionseinheit gemäß TRGS 725) im PLS. Die Drucküberwachung schaltet die Pumpe als weiteren Unterdruckerzeuger rechtzeitig ab (Anforderung aus der TRGS 509). Die verwendeten Funktionseinheiten erfüllen mindestens die Anforderung bewährte Technik im Sinne der TRGS 725 und können für die Klassifizierungsstufe 1 verwendet

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2/22
	ausreichend	+ K1	
		K2	
	ausreichend		Zone 1/21
	K1		



#### 5.4.4 Lagerbehälter mit Inertisierung über Druckregelung plus Überwachung, Inertisierungsstufe 3 nach TRGS 509 (Variante2)

**Explosionsschutzkonzept:** Reduzierung der Zone 0 auf Zone 2. Das Belüftungsventil dient dem Schutz des Lagerbehälters gegen Unterdruck. Absicherung des Belüftungsventils mit einer Flammdurchschlagsicherung kann entfallen. Der Lagerbehälter wird inertisiert (Erstinertisierung und Aufrechterhaltung der Inertisierung im Betrieb) und im leichten Überdruck betrieben. Der Druck im Behälter wird mit den Messungen P1 und P2 redundant überwacht (Anforderung der TRGS 509). Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem. Eine Erstinertisierung erfolgt vor der Inbetriebnahme organisatorisch. Der geregelte Behälterdruck muss im Überdruck liegen (oberhalb des Atmosphärendrucks). Der Ansprechdruck des Notbelüftungsventils muss mindestens 5 mbar unterhalb des Abschaltpunktes der Pumpe liegen. Das Stickstoffvolumen und der Stickstoffvolumenstrom erfüllen, wie die gesamte Auslegung, die Anforderungen gemäß TRGS 509, Abb. A2-1 und A2-2.

Erforderliche Klassifizierungsstufe K2, die Realisierung erfolgt durch zwei Ex-Einrichtungen im Prozessleitsystem.

##### 5.4.4.1 Bewertung von Abweichungen

Ein Stickstoffausfall kann als zu erwarten eingestuft werden. Eine Zündquelle ist bei seltenen Betriebsstörungen möglich.

##### 5.4.4.2 Fazit

Auf Grund der Vorgaben der TRGS 509 und der hier bewerteten Abweichungen wird die erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung mit K2 bewertet.

##### 5.4.4.3 Lösung

**Betriebskonzept:** keines

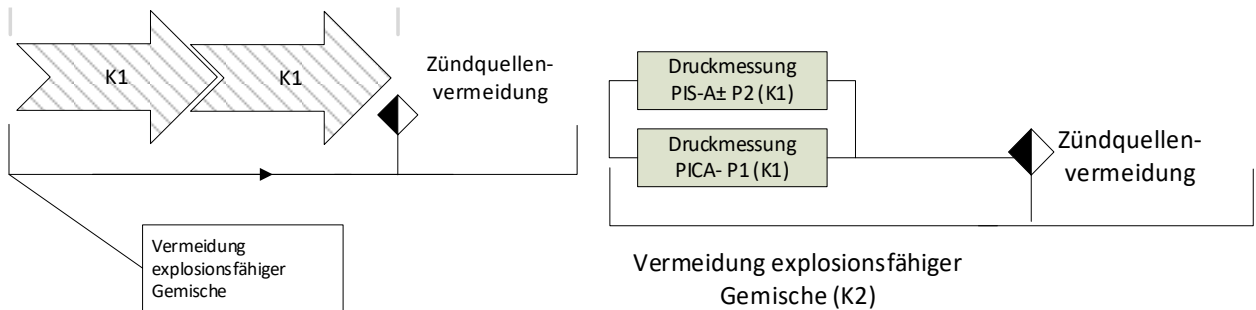
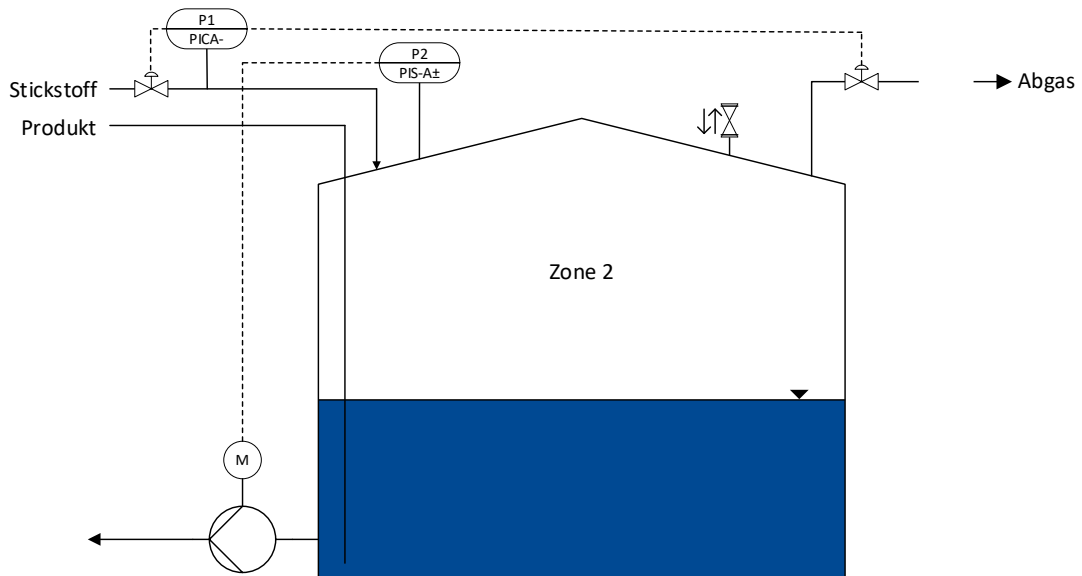
##### **Ex-Einrichtung 1 (K1):**

Druckmessung P1 mit Alarmierung (komplexe Funktionseinheit gemäß TRGS 725) des Behälterdrucks über PLS. Die verwendeten Funktionseinheiten erfüllen mindestens die Anforderung bewährte Technik im Sinne der TRGS 725 und können für die Klassifizierungsstufe 1 verwendet werden.

##### **Ex-Einrichtung 2 (K1):**

Überwachung der Inertisierung durch eine Druckmessung P2 mit Alarmierung (komplexe Funktionseinheit gemäß TRGS 725) im PLS. Die Drucküberwachung schaltet die Pumpe als weiteren Unterdruckerzeuger rechtzeitig ab. Die verwendeten Funktionseinheiten erfüllen mindestens die Anforderung bewährte Technik im Sinne der TRGS 725 und können für die Klassifizierungsstufe 1 verwendet werden.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2/22
	ausreichend	+ K1	
	K2		
	ausreichend		Zone 1/21
	K1		



#### 5.4.5 **Inertisierte nicht einatmende Tanks**

Gemäß Anhang 2 Nr. 1.2.1 der TRGS 509 kann z.B. in vakuumfesten, inertisierten und nicht einatmende Tanks die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre im Normalbetrieb ausgeschlossen werden. Wird das störungsbedingte Einatmen von Tanks durch den Wegfall der Unterdrucksicherung ausgeschlossen, können die Beispiele aus Kapitel 5.1 zur Bewertung verwendet werden.



## 5.5 IBC mit Rührwerk

### 1. Prozessbeschreibung

In einem IBC werden inerte Feststoffe in organischen Lösemitteln gelöst. Hierzu wird der mit einem Rührwerk ausgestattete IBC mit dem Lösemittel und dem Feststoff befüllt und die fertige Lösung anschließend entleert. Der Anschluss des IBC zum Befüllen und Entleeren erfolgt über Schlauchanschlüsse. Der dichte Anschluss dieser Schlauchleitungen wird organisatorisch sichergestellt. Der Flüssigkeits- und Feststoffeintrag erfolgt aus gleichwertig inertisierten Apparaten. Das Lückenvolumen des eingetragenen Feststoffes kann daher als sauerstofffrei betrachtet werden. Der Feststoffeintrag wurde bewertet und stellt keine wirksame Zündquelle dar. Es werden ausschließlich metallische, geerdete IBC verwendet. Ebenso sind die mit dem IBC in Verbindung stehenden Schläuche und Rohrleitungen aus leitfähigen Materialien gefertigt und geerdet. Als Lösemittel werden ausschließlich hinreichend leitfähige Lösemittel eingesetzt. Die Durchmischung erfolgt mit einem Rührwerk, das gemäß Herstellervorgabe nur für den Betrieb in Zone 2 geeignet ist (Gerätekategorie 3G). Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung wurde ermittelt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im IBC eine Zone 0 vorliegt, da die Betriebstemperatur oberhalb des Flammpunktes der Lösemittel liegt. Beim Befüllen wird die verdrängte Gasatmosphäre aus dem Behälter über ein mechanisches Druckhalteventil an ein Abgassystem abgegeben. Beim Entleeren des IBC wird zum Druckausgleich Stickstoff aus dem Stickstoffnetz in den IBC nachgespeist. Zusätzlich verfügt der IBC über eine im Notfall wirkende Über-/Unterdruckarmatur. Der Behälter ist technisch dicht und wird geschlossen betrieben. Im Abgassystem herrscht leichter Unterdruck. Der Behälterdruck liegt über dem Druck im Abgassystem.

Das Explosionsschutzkonzept basiert auf folgenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung, so dass das Innere des IBC als Zone 2 eingestuft werden kann;
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2;
- Vermeiden wirksamer prozessbezogener bzw. betrieblicher oder nicht gerätespezifischer Zündquellen für den störungsfreien Betrieb bzw. der Eignung für Zone 2.

Das gesamte Inertisierungskonzept besteht aus zwei Schritten. Im ersten Schritt wird im IBC mittels der Durchflussmethode eine Erstinertisierung durchgeführt. Anschließend wird im IBC ein leichter Stickstoffüberdruck eingestellt, um die Inertisierung für den Befüll-, Misch- und Entleerungsvorgang aufrecht zu erhalten.

### 5.3.1 Prozessschritt „Erstinertisierung“

#### 5.5.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Die Erstinertisierung des Systems wird automatisiert (Schritt看ette im PLS) mit Hilfe der Durchflussmethode unter Verwendung von Stickstoff durchgeführt. Hierzu wird der IBC so lange mit Stickstoff durchströmt, bis die Sauerstoffkonzentration den erforderlichen Grenzwert unterschreitet. Die Auslegung erfolgt entsprechend TRGS 722.

Bei erstmaliger Inbetriebnahme wurden der erforderliche Volumenstrom und die erforderliche Spülzeit durch Messung des Restsauerstoffgehaltes ermittelt. Der Durchflusswert muss über die gesamte notwendige Spülzeit „t“ gehalten werden und wurde dazu im PLS hinterlegt. Die korrekte Spülzeit wird zusätzlich durch Plausibilitätskontrolle des Bedienpersonals überprüft.

#### 5.5.2.2 Bewertung von Abweichungen

Der IBC ist über einen mechanischen Druckregler an ein Stickstoffnetz angeschlossen. Hiermit wird der IBC mit dem notwendigen Stickstoffstrom beaufschlagt. Die Verfügbarkeit der Stickstoffversorgung wird als ausreichend eingestuft. Bei dem mechanischen Druckregler handelt es sich um eine Armatur, welche sich unter den Prozessbedingungen nachweislich bewährt hat. Es liegt gute Betriebserfahrung vor. Die Zuverlässigkeit wird betreiberseitig als ausreichend eingestuft. Handarmaturen in der Stickstoffleitung sind offen blockiert.

Gemäß Gefährdungsbeurteilung kann die Erstinertisierung bei einem Fehler im Stickstofffluss infolge einer Fehlstellung des Stickstoff-Zuflussventils Y2 oder des Abströmventils Y5 am IBC ggf. nicht oder unzureichend erfolgen. Daher werden die korrekten Endlagen (offen) des Stickstoff-Zuflussventils Y2 und des Abströmventils Y5 während der Erstinertisierung überwacht.

Zusätzlich kann auch bei geöffnetem Stickstoff- und Abströmventil durch Druckabfall in der Stickstoffversorgung der erforderliche Stickstoffstrom unter den Mindestwert abfallen. Daher wird zusätzlich der Stickstoffstrom mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Durchflussmessung überwacht.

#### 5.5.2.3 Fazit

Auf Grund der beschriebenen Abweichungen ergibt sich für die Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung zur Erstinertisierung eine Klassifizierungsstufe K2 zum Erreichen der Zielzone 2.

#### 5.5.2.4 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

#### **Ex-Einrichtungen:**

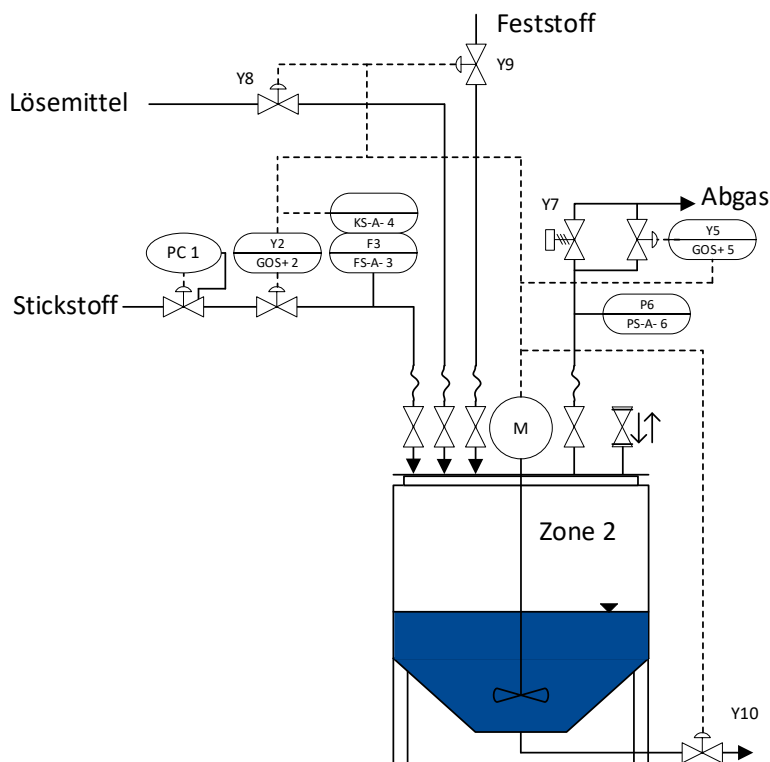
Die erforderliche Klassifizierungsstufe K2 wird durch zwei Ex-Einrichtungen realisiert:

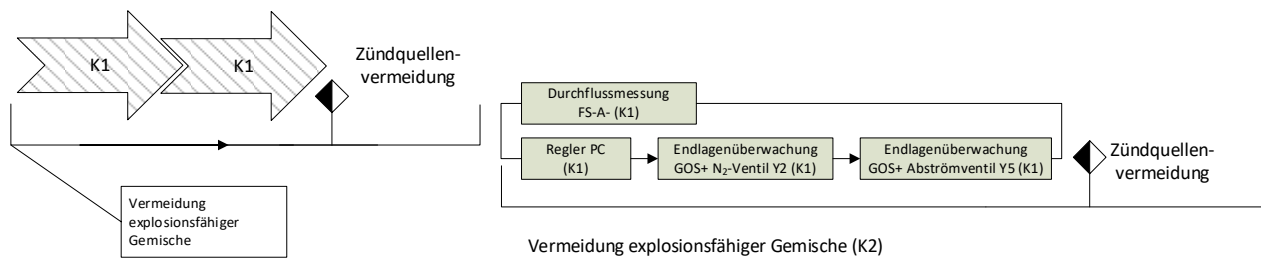
**Ex-Einrichtung 1 (K1):** Mechanischer Druckregler (P1) in Kombination mit einer Endlagenüberwachung des Stickstoff-Zuflussventils Y2 und des Abströmventils Y5 im PLS (K1).

**Ex-Einrichtung 2 (K1):** Der Überwachung der Inertisierung durch eine Durchflussmessung F3 (K1).

Der Rührer ist während der Erstinertisierung verriegelt und kann erst gestartet werden, wenn die Erstinertisierung erfolgreich durchlaufen ist (Einschaltbedingung). Gleiches gilt für das Öffnen der Befüllventile (Y8, Y9) bzw. des Entleerventils (Y10).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
		K3	
	hoch		Zone 2/22
	ausreichend	+ K1	
		K2	
	ausreichend		Zone 1/21
	K1		





### 5.3.2 Prozessschritt „Aufrechterhaltung“

#### 5.5.3.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Nach der Erstinertisierung muss der inerte Zustand für die weiteren Prozessschritte im IBC aufrechterhalten werden. Dies erfolgt durch Einstellung eines leichten Stickstoffüberdrucks im IBC. Der IBC ist zur Aufrechterhaltung der Inertisierung über einen mechanischen Druckregler an das Stickstoffnetz angeschlossen. Es wird hierfür die gleiche Einrichtung verwendet wie zur Erstinertisierung. Zusätzlich ist ein mechanisches Druckhalteventil vorhanden, um den IBC beim Befüll-, Misch- und Entleervorgang auf leichtem Überdruck zu halten. Im Abgassystem herrscht leichter Unterdruck.

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung im IBC wird mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Druckmessung überwacht. Bei Erreichen des im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegten minimalen Druckwertes wird der Rührer abgeschaltet und die Befüll- und Entleerventile geschlossen.

#### 5.5.3.2 Bewertung von Abweichungen

Aufgrund der beim Anschließen der Behälter jeweils durchgeführten Erstinertisierung ist zunächst von einem inerten Zustand auszugehen. Der inertisierte Zustand des Behälters kann bei störungsbedingtem Unterdruck durch Abpumpvorgänge, durch Rückströmen aus der Abluft (bei gleichzeitig undichtem mech. Druckhalteventil) oder die Über-/Unterdruckarmatur aufgehoben werden. Weitere Undichtigkeiten wurden im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ausgeschlossen. Der Überdruck im Behälter wird mittels mechanischer Druckregelung in Verbindung mit dem mech. Druckhalteventil eingestellt.

#### 5.5.3.3 Fazit

Auf Grund der jeweils unmittelbar vor der Nutzung des Behälters erfolgten Erstinertisierung und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe K1.

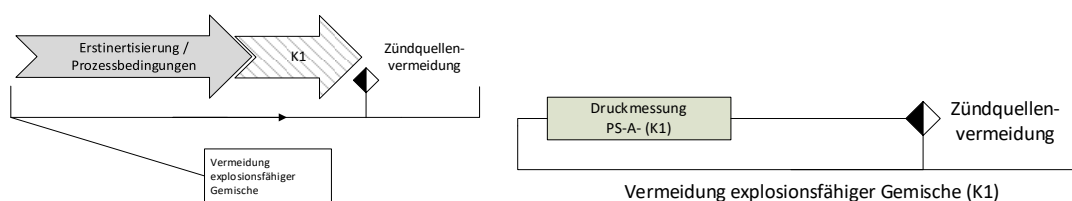
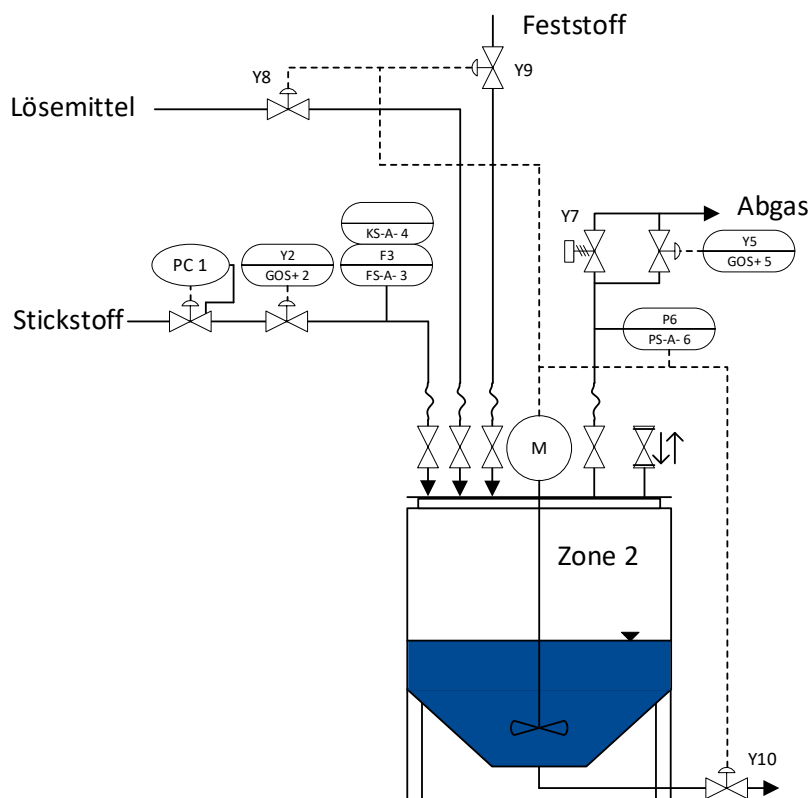
### 5.5.3.4 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

#### Ex-Einrichtung

Überwachung der Inertisierung durch eine Druckmessung P6 im PLS (K1). Die Drucküberwachung schließt bei Unterschreiten des Grenzwertes die Befüllventile (Y8, Y9) und das Entleerventil (Y10) und schaltet den Rührerantrieb ab.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch		Keine Zone
	ausreichend +	K1	
			K2
	ausreichend	K1	Zone 2 / 22



## 5.6 Schaufeltrockner

### 5.6.1 Prozessbeschreibung

In einem Schaufeltrockner werden lösemittelfeuchte Feststoffe unter Vakuum diskontinuierlich getrocknet. Beim Trocknungsvorgang werden die im Feststoff enthaltenen entzündbaren Lösemittel frei. Der getrocknete Feststoff ist staubexplosionsfähig. Die Beheizung des Trockners erfolgt so, dass die Zündtemperaturen von Feststoff bzw. Lösemittel sicher unterschritten werden. Der Trockner ist an eine Vakuumpumpe angeschlossen.

Der Gesamtprozess gliedert sich dabei in die Prozessschritte „Dichtigkeitstest/Erstinertisierung“, „inertisiert Befüllen / Entleeren“ und „Trocknung unter Vakuum“. Der eingetragene Feststoff wird aus einem inertisierten Bereich bereitgestellt, so dass das Lückenvolumen als sauerstofffrei betrachtet werden kann. Aus einem vorgeschalteten, inertisierten Behälter gelangt der zu trocknende Stoff über freien Fall in den Schaufeltrockner. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass mit keiner gefährlichen Aufladung während des Prozesses zu rechnen ist. Die Verbindungsleitung zum Schaufeltrockner und der Schaufeltrockner selbst sind zu Beginn des Batches durch Inertisierung vor der Inbetriebnahme soweit sauerstofffrei, dass die Sauerstoffgrenzkonzentration der Stoffe sicher unterschritten wird. Während der Trocknung wird der Schaufeltrockner im Unterdruck betrieben. Vor jedem Batch wird ein Dichtigkeitstest durchgeführt. Der Schaufeltrockner ist an ein Abgassystem angeschlossen. Im Abluftsystem besteht ein leichter Unterdruck. In Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde festgestellt, dass ohne Inertisierungsmaßnahmen im Schaufeltrockner eine Zone 0/20 vorliegt und mit der Bildung hybrider Gemische zu rechnen ist. Die Zündquellenbeurteilung ergab, dass wirksame Zündquellen bei gelegentlichen Betriebsstörungen auftreten können.

Daher basiert das Explosionsschutzkonzept auf den vorliegenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Inertisierung bzw. Unterdruckfahrweise, so dass das Innere des Trockners als Zone 2/22 eingestuft werden kann;
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 2/22;
- Vermeiden wirksamer prozessbezogener bzw. betrieblicher oder nicht gerätespezifischer Zündquellen für den störungsfreien Betrieb bzw. der Eignung für Zone 2/22.

Vor dem Prozessstart wird zunächst ein Vakuumdichtigkeitstest durchgeführt. Anschließend wird in Abhängigkeit des jeweiligen Prozessschrittes beim Befüllen, Trocknen und Entleeren mittels Inertisierung oder Unterdruckfahrweise das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Gemische im Inneren des Trockners vermieden. Die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung und Aufrechterhaltung der Inertisierung bzw. der Unterdruckfahrweise erfolgen automatisiert mittels Schrittkette. Der Trockner wird mittels Stickstoff erstinertisiert (Druckwechsellmethode) und anschließend beim Befüllen zur Aufrechterhaltung der Inertisierung bei leichtem Stickstoffüberdruck gegenüber der Atmosphäre und dem Abgassystem gehalten. Beim Befüllen wird die verdrängte Gasatmosphäre aus dem Trockner mittels eines mechanischen Druckhalteventils an ein Abgassystem abgegeben. Beim Entleeren wird zum Druckausgleich Stickstoff aus dem Stickstoffnetz nachgespeist. Der Trocknungsprozess erfolgt im Vakuum unterhalb 100 mbar(abs). Der dabei zu erwartende maximale Explosionsdruck im Falle einer Zündung liegt maximal bei Atmosphärendruck, und somit ist ein unzulässiger Überdruck im Trockner auszuschließen. Zusätzlich

ist eine explosionstechnische Entkopplung (Druck, Flammen) zu angeschlossenen Apparaten und Leitungen mit abweichendem Explosionsschutzkonzept zu berücksichtigen, so dass eine Explosionsausbreitung in angeschlossene Apparate (Vakuumanlage) verhindert wird. Die Heizung wird erst aktiviert, wenn das Endvakuum von 100 mbar(abs) erreicht ist. Nach dem Trocknungsprozess wird das Vakuum mit Stickstoff gebrochen, die Heizung abgeschaltet und der Trockner zur Aufrechterhaltung der Inertisierung beim Entleeren bei leichtem Stickstoffüberdruck gehalten.

## **5.6.2 Prozessschritt „Erstinertisierung“**

### **5.6.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische**

Eine Erstinertisierung des Systems wird nach einer Dichtheitsprüfung automatisiert mit der Druckwechsellmethode mit Stickstoff durchgeführt. Die Wirksamkeit der Erstinertisierung wurde nachgewiesen. Die hierzu notwendigen Druckwechsel und die erforderliche Mindestmenge an Stickstoff wurden entsprechend TRGS 722 ermittelt.

Zur Erstinertisierung wird ein Unterdruck (unterer Spüldruck) erzeugt, der anschließend mit Stickstoff gebrochen wird (oberer Spüldruck). Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis der erforderliche Sauerstoffgrenzwert unterschritten wird.

### **5.6.2.2 Bewertung von Abweichungen**

Zur Sicherstellung der Erstinertisierung müssen bei der Druckwechsellmethode das Erreichen der festgelegten unteren und oberen Spüldrücke und die Anzahl der Zyklen mit der erforderlichen Zuverlässigkeit überwacht werden.

### **5.6.2.3 Fazit**

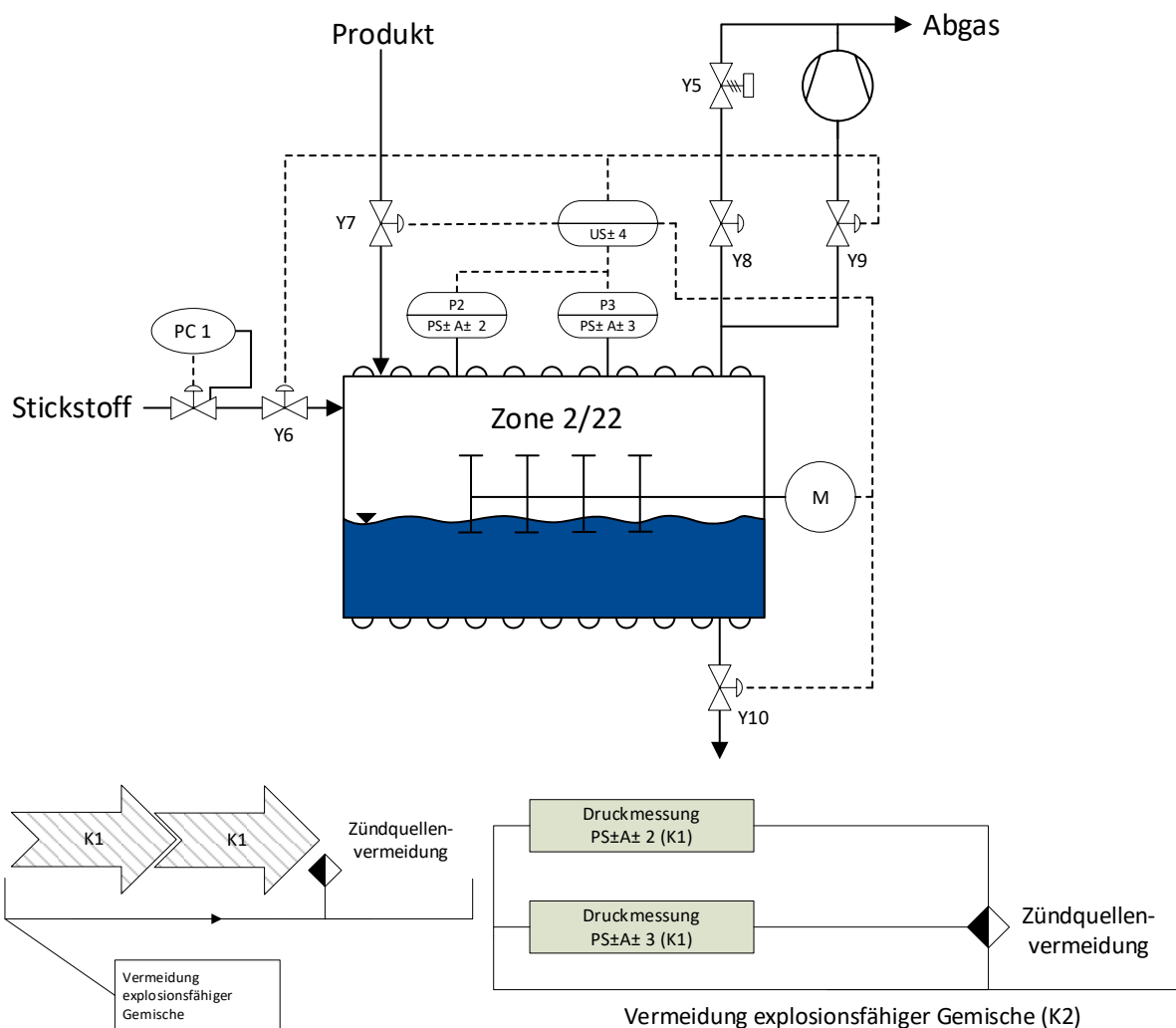
Auf Grund der beschriebenen Abweichungen ergibt sich für die Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung zur Erstinertisierung zum Erreichen der Zielzone 2 eine Klassifizierungsstufe K2.

### **5.6.2.4 Lösung**

**Betriebskonzept:** Keines

**Ex-Einrichtungen:** Die Druckwechsellinertisierung erfolgt im PLS durch die Ex-Einrichtung P2 (K1) über eine Schrittkette und der redundanten Ex-Einrichtung P3 (K1), mit deren Hilfe über einen Diagnosebaustein der korrekte Ablauf der Schrittkette validiert wird. Die Drucküberwachungen verriegeln bis zur korrekten Ausführung der Druckwechsel das Befüllventil (Y7) und Entleerventil (Y10) und den Schaufelantrieb.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
	K3		
	hoch		Zone 2 / 22
	ausreichend +	K1	
K2			
ausreichend		Zone 1 / 21	
K1			





### 5.6.3 Prozessschritt „Aufrechterhaltung der Inertisierung für Befüllen und Entleeren“

#### 5.6.3.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Die Aufrechterhaltung der Inertisierung zum Befüllen und Entleeren des Trockners erfolgt durch Einstellung eines leichten Stickstoffüberdrucks.

Der Schaufeltrockner wird zu diesem Zweck über einen mechanischen Druckregler P1 mit Stickstoff beaufschlagt sowie mittels eines mechanischen Druckhalteventils Y5 im Überdruck gehalten.

#### 5.6.3.2 Bewertung von Abweichungen

Aufgrund der vor Beginn des Befüllvorgangs jeweils durchgeführten Erstinertisierung ist zunächst von einem inerten Zustand des Trockners auszugehen. Das Gleiche gilt auch nach der Vakuumtrocknung, da das Vakuum jeweils mit Stickstoff gebrochen wird.

Der inerte Zustand des Trockners beim Befüllen oder Entleeren kann nur durch störungsbedingtes Rückströmen aus der Abluft (z.B. störungsbedingter Unterdruck während der Befüllung / Entleerung bei gleichzeitig undichtem mech. Druckhalteventil) aufgehoben werden.

#### 5.6.3.3 Fazit

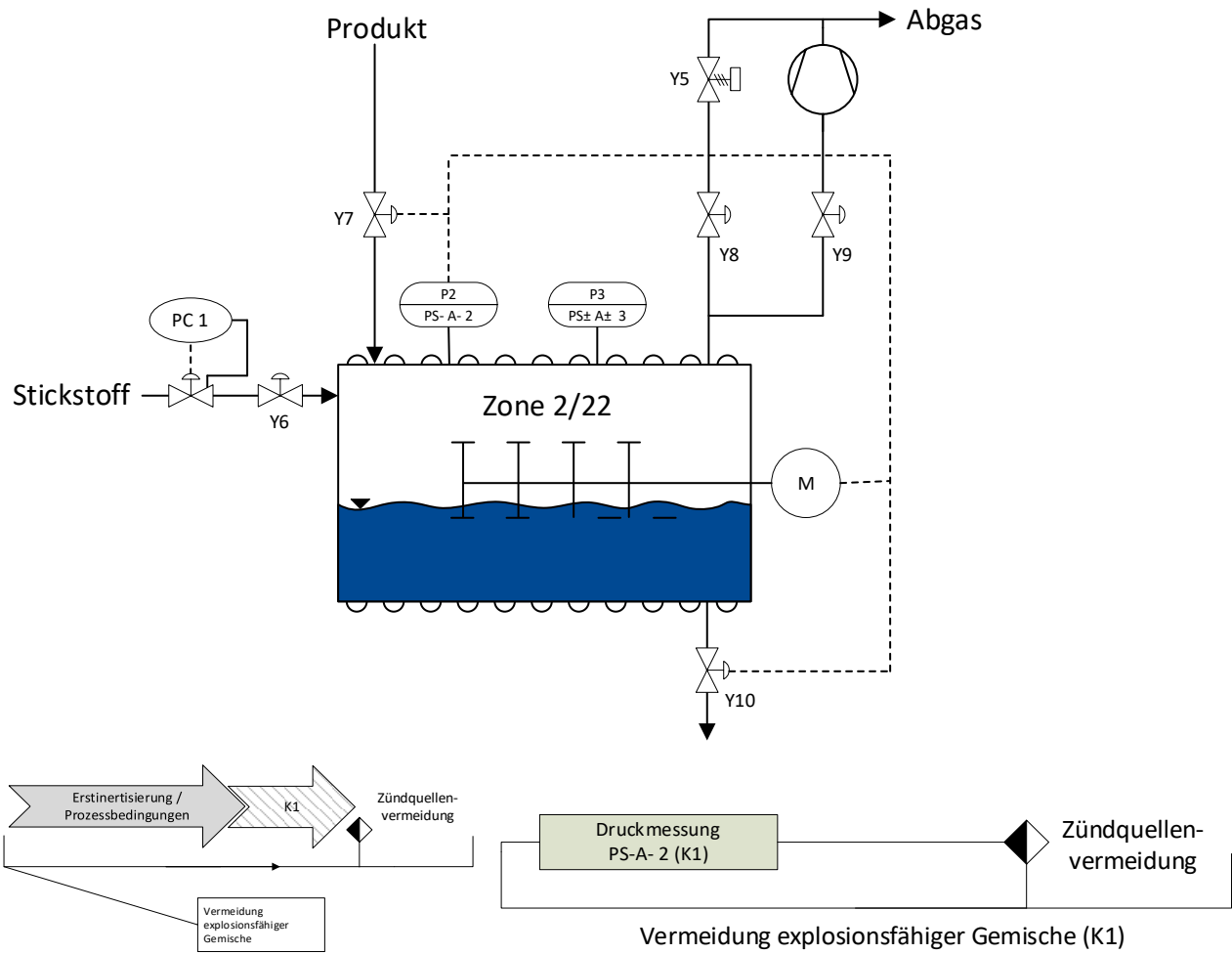
Auf Grund der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Einrichtungen von einem gelegentlichen Auftreten explosionsfähiger Gemische während der Befüllung / Entleerung ausgegangen. Für die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung zur Aufrechterhaltung der Zielzone 2 ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe K1.

#### 5.6.3.4 Lösung

**Betriebskonzept:** Keines

**Ex-Einrichtung:** Überwachung der Inertisierung durch eine Druckmessung P2 im PLS (K1). Die Drucküberwachung verriegelt bei Unterschreiten des vorgegebenen Grenzwertes das Befüllventil (Y7) und Entleerventil (Y10) und den Schaufelantrieb.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch		Keine Zone
	ausreichend +	K1	
	K2		
	ausreichend	Zone 2 / 22	
K1			



## 5.6.4 Prozessschritt „Vakuumbetrieb zur Trocknung“

### 5.6.4.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Ausgehend von einer inertisierten Atmosphäre im Inneren des Schaufeltrockners wird mit der Vakuumpumpe ein Unterdruck erzeugt und gehalten. Die Trocknung erfolgt mit im Unterdruck unterhalb 100 mbar(abs).

Es wird die gleiche Überwachung (Druckmessung) wie zur Erstinertisierung verwendet. Bei Überschreiten des Druckwerts von 100 mbar(abs) wird der Schaufelantrieb gestoppt und das Vakuum mit Stickstoff gebrochen.

### 5.6.4.2 Bewertung von Abweichungen

Während der Vakuumtrocknung ist ein Lufteintritt in den Trockner z.B. durch ein Versagen von Dichtungselementen nicht auszuschließen. Darüber hinaus kann es auch durch geringe Undichtigkeiten über die Dauer des Prozesses zum Lufteintritt in den Apparat kommen. Auf Grund der Dichtigkeit der Anlage und Dauer des Vakuumbetriebes kann der zuvor inerte Zustand nicht über die gesamte Dauer aufrechterhalten werden.

### 5.6.4.3 Fazit

Das Explosionsschutzkonzept während der Vakuumtrocknung basiert auf der Unterdruckfahrweise bei einem Druck <100 mbar(abs). Für die Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung zur Überwachung dies Unterdrucks mit der Zielzone 2 ergibt sich auf Grund der bewerteten Abweichungen eine Klassifizierungsstufe K2. Die Vakuumpumpe ist zur Förderung des auftretenden explosionsfähigen Gemisches geeignet.

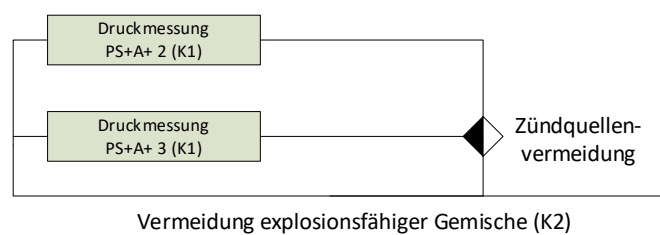
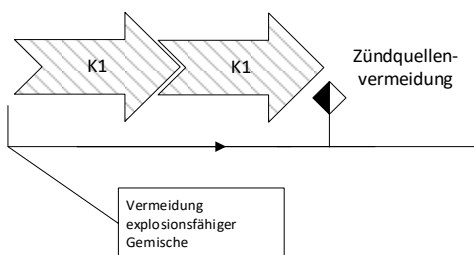
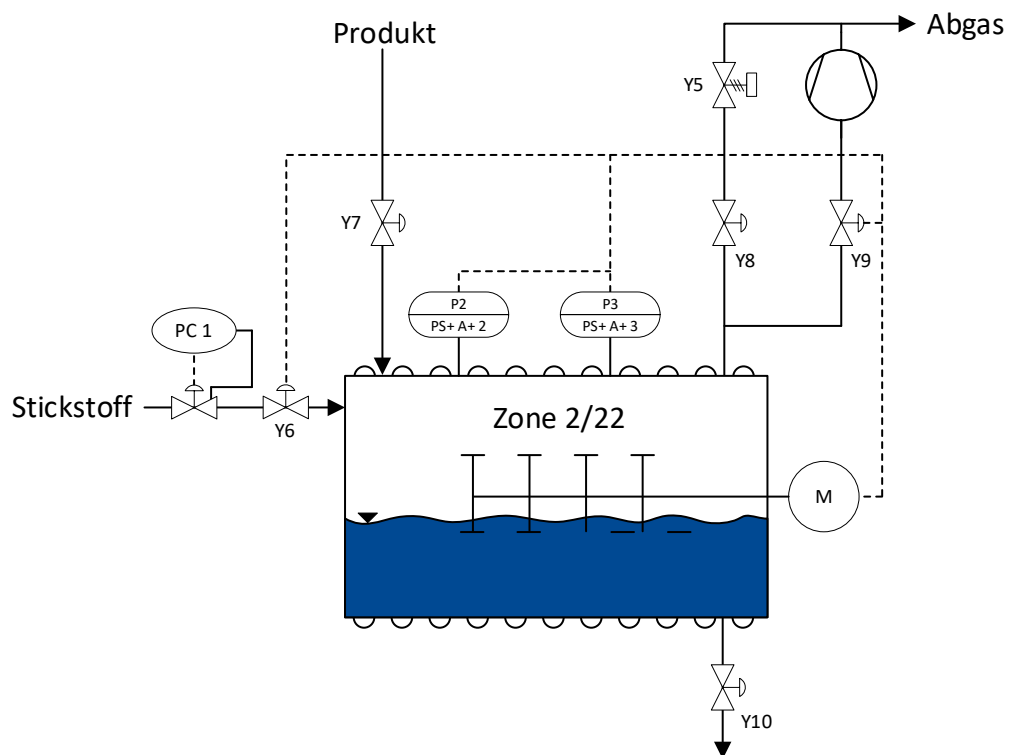
### 5.6.4.4 Lösung

#### Betriebskonzept:

Keines

**Ex-Einrichtung:** Die Überwachung des Unterdrucks erfolgt durch redundante Druckmessungen P2 und P3) im PLS (K1 + K1). Die Drucküberwachungen schalten den Schaufelantrieb bei Überschreiten des Grenzwertes von 100 mbar(abs) ab und brechen das Vakuum durch Schließen des Vakuumventils (Y9) und Öffnen des Stickstoffventils (Y6).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
	K3		Zone 2 / 22
	hoch	+ K1	
	ausreichend +	K2	
ausreichend		Zone 1 / 21	
K1			



## 5.7. Tauchpumpe

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Tauchpumpe	5.7.1 - Becken in Zone 1 - Pumpe wird flüssigkeitsüberdeckt betrieben - Pumpe nicht für die Anwesenheit von Explosionsfähiger Atmosphäre geeignet - Zündquelle betriebsmäßig - Zone 1 → keine Zone	Vermeiden eines explosionsfähigen Gemisches an Pumpe durch Flüssigkeitsbedeckung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Einrichtung: Füllstandsüberwachung (LZ-) in SSPS schaltet Pumpe aus, Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>
	5.7.2 - Becken in Zone 1 - Regelmäßige Betriebszustände ohne vollständige Flüssigkeitsüberdeckung möglich - Einsatz eines Gerätes der Kategorie G2 (für Einsatz in Zone 1 geeignet)	Vermeiden der Zündquelle an Pumpe mittels Temperaturüberwachung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Einrichtung: Temperaturüberwachung Lager (TS+) und Temperaturüberwachung Wicklung (TS+) mit Abschaltung der Pumpe über gemeinsames Relais, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.7.3 - Becken in Zone 1 - Pumpe nicht für die Anwesenheit von explosionsfähiger Atmosphäre geeignet	Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches an Pumpe durch Flüssigkeitsbedeckung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebskonzept</li> </ul>

### 5.7.1 Tauchpumpe mit Füllstandsüberwachung und Abschaltung der Pumpe

#### 5.7.1.1 Prozessbeschreibung:

In einem Sammelbecken für verschiedene Flüssigkeiten können auch entzündbare Flüssigkeiten eingetragen werden. Das Sammelbecken wird mit einer Tauchpumpe entleert. Die Tauchpumpe ist **nicht** für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet. Oberhalb der Flüssigkeit kann sich ohne Maßnahmen gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre (Zone 1) bilden.

#### 5.7.1.2 Explosionsschutzmaßnahmen

Das Explosionsschutzkonzept beruht drauf, dass die Pumpe stets mit Flüssigkeit überdeckt ist und dadurch nicht in Kontakt mit explosionsfähiger Atmosphäre kommt. Der Flüssigkeitsstand wird geregelt, so dass die Pumpe im Normalbetrieb mit einem Mindeststand mit Flüssigkeit überdeckt ist. Wird der Mindeststand unterschritten, wird die Pumpe abgeschaltet, um zu vermeiden, dass explosionsfähige Atmosphäre an die Pumpe gelangt.

### 5.7.1.3 Bewertung von Abweichungen

Bei Ausfall der Regelung kann die Tauchpumpe auf Grund fehlender Flüssigkeitsüberdeckung in Kontakt mit der explosionsfähigen Atmosphäre (Zone 1 oberhalb der flüssigen Phase) kommen.

### 5.7.1.4 Fazit

Aufgrund der Abweichungen wird eine Ex-Einrichtung zur Gewährleistung der Überdeckung in K2 gefordert.

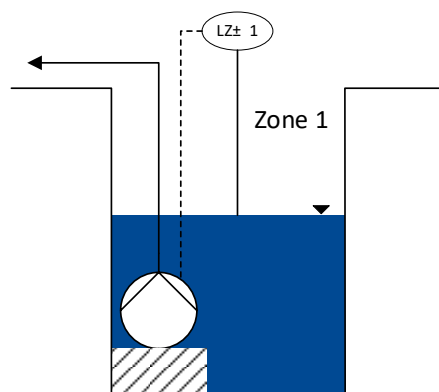
Die Realisierung der Ex-Einrichtung erfolgt durch eine unabhängige Füllstandsüberwachung mit der Zuverlässigkeit K2.

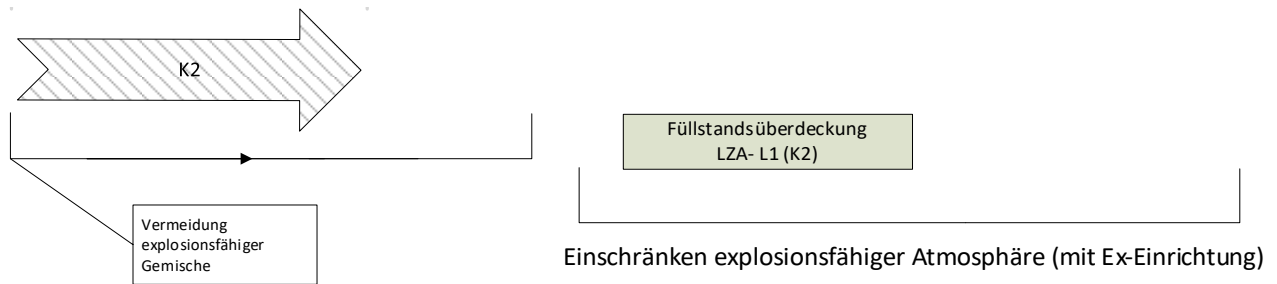
### 5.7.1.5 Lösung

**Betriebskonzept:** keines

**Ex-Einrichtung (K2):** Sicherstellung des Flüssigkeitsstands mit einer Standmessung z.B. SIL 2 für die Sensor-Logik-Aktor-Kette.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch		Keine Zone
	ausreichend +	K1	
	K2		
	ausreichend		Zone 2 / 22
K1			





## 5.7.2 Tauchpumpe mit Temperaturüberwachung

**5.7.2.1 Betriebsbedingungen:** Die eingesetzte Tauchpumpe fällt betriebsmäßig trocken, da der Schaltpunkt aufgrund der Beckengröße unter dem Pumpenkörper liegen muss. Das Becken ist in Zone 1 eingeteilt.

Die Pumpe erfüllt laut Hersteller die Anforderungen an die Gerätekategorie 2G, d. h. sie ist für den Betrieb in der Zone 1 geeignet. Laut Betriebsanleitung des Herstellers ist für den sicheren Betrieb in der Zone 1 die Überwachung der Lager- und Wicklungstemperaturen erforderlich.

**5.7.2.2 Explosionsschutzkonzept:** Einsatz eines Gerätes der Gerätekategorie 2G mit Temperaturüberwachung gemäß Herstellervorgaben. Der Arbeitgeber kommt in seiner Gefährdungsbeurteilung zu der Einschätzung, dass Wicklung und Lager als Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall zu definieren sind. Daher ist eine Ausführung in K1 ausreichend. Da es zwei unterschiedliche potenzielle Zündquellen sind, ist jeweils eine Temperaturüberwachungen von Lager **und** Wicklung entsprechend der TRGS 725 in K1 auszuführen.

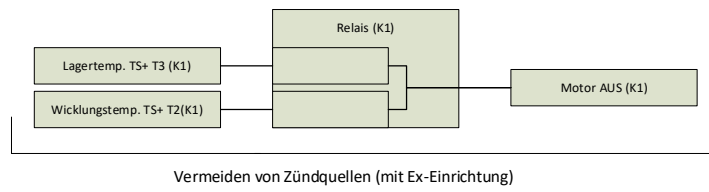
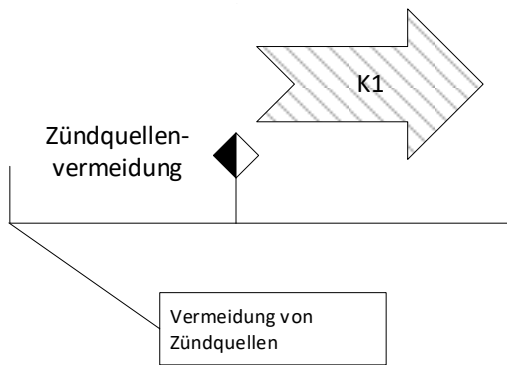
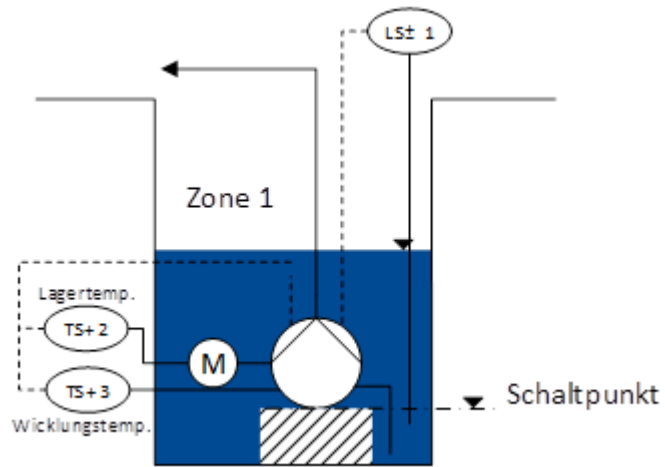
### 5.7.2.3 Lösung

**Ex-Einrichtung (K1):** Sicherstellung der maximal zulässigen Temperaturen (T2 Lagertemperatur/T3 Wicklungstemperatur) mit Abschaltung der Pumpe über ein Relais (K1)

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung	
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig)	hoch	Keine Zündquelle im seltenen Fehlerfall**
	ausreichend + K1	
K2		
Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall *	ausreichend	
	K1	

\* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen

\*\* Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen nicht ausgeschlossen





### **5.7.3 Tauchpumpe mit Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches durch organisatorische Maßnahmen**

#### **5.7.3.1 Prozessbeschreibung:**

In einem Sammelbecken für verschiedene Flüssigkeiten können auch entzündbare Flüssigkeiten eingetragen werden. Das Sammelbecken wird mit einer Tauchpumpe entleert. Die Tauchpumpe ist nicht für den Einsatz in Zone 1 geeignet. Oberhalb der Flüssigkeit kann sich ohne Maßnahmen gelegentlich ein explosionsfähiges Gemisch (Zone 1) bilden. Das Becken ist mit einer Standüberwachung ausgestattet. Sammelt sich Flüssigkeit im Becken, so alarmiert die Standüberwachung das Betriebspersonal. Im Anschluss wird die im Becken befindliche Flüssigkeit beprobt. Handelt es sich um eine brennbare Flüssigkeit, darf per Betriebsanweisung die Pumpe nicht in Betrieb genommen werden. Bei Anfall von brennbaren Flüssigkeiten wird die sichere Entsorgung der Flüssigkeit gesondert geregelt.

#### **5.7.3.2 Explosionsschutzmaßnahmen**

Im Sammelbecken liegt oberhalb der flüssigen Phase gelegentlich explosionsfähiges Gemisch vor (Zone 1). Das Explosionsschutzkonzept beruht auf der Vermeidung von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen an der Pumpe. Da die Pumpe als Zündquellen dienen kann, darf diese bei Vorhandensein eines explosionsfähigen Gemisches nicht betrieben werden. Das Schutzkonzept basiert auf der Beprobung in Kombination mit der anschließend richtigen Entsorgung der Flüssigkeit.

#### **5.7.3.3 Bewertung von Abweichungen**

Ein Einschalten der Tauchpumpe wird durch die organisatorische Maßnahme ausreichend sicher vermieden. Weitere Abweichungen sind nicht zu unterstellen.

#### **5.7.3.4 Fazit**

Durch die organisatorische Maßnahme wird gewährleistet, dass die Pumpe nicht in Kontakt mit explosionsfähigen Gemischen kommt.

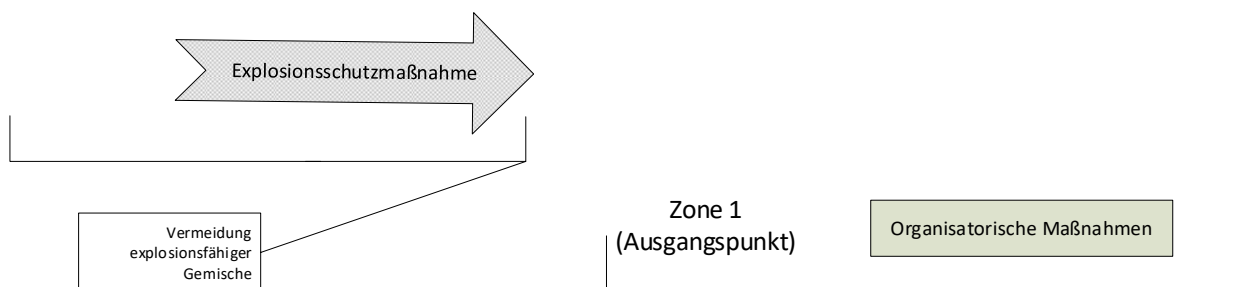
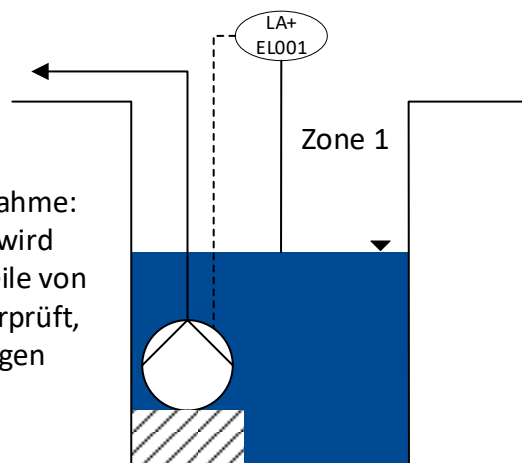
#### **5.7.3.5 Lösung**

**Betriebskonzept:** Keines

**Ex-Einrichtung:** Keine

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung		
<b>Keine Maßnahme nach TRGS 725</b>			
Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall	ausreichend	K1	
		K2	
Zündquelle im seltenen Fehlerfall **	ausreichend		
		K1	
* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen			
** im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen			

Explosionsschutzmaßnahme:  
Vor jedem Abpumpen wird die Flüssigkeit auf Anteile von brennbare Stoffen überprüft, welche mittels Saugwagen entsorgt werden



## 5.8 Pastillierband

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Pastillierband	5.8.1 Zone 0 → Zone 1	Unterschreitung des Flammpunktes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ex-Einrichtung: Temperaturmessung (TS+) schließt Zulauf der Schmelze, Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.8.2 Zone 0 → keine Zone	Unterschreitung des Flammpunktes <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine K1 Maßnahme + eine K2 Maßnahme</li> <li>• 1. Ex-Einrichtung: Temperaturregelung (TCA+) mit Alarmierung, Klassifizierungsstufe K1</li> <li>• 2. Ex-Einrichtung: Temperaturmessung (TZ+) in SSPS schließt Zulauf der Schmelze, Klassifizierungsstufe K2</li> </ul>

### 5.8.1 Pastillierband (Variante 1: Zone 1)

#### 5.8.1.1 Prozessbeschreibung

Zur Pastillierung wird aufgeschmolzenes Produkt über eine mit Dampf beheizte Rohrleitung in einen unbeheizten Vorlagebehälter gefüllt und von dort auf ein Pastillierband getropft. Ohne Beheizung erstarrt das Produkt bei Umgebungstemperatur. Die Temperatur der Schmelze wird geregelt. Die netzseitig abgesicherte Dampftemperatur der Heizung liegt über dem Flammpunkt der Schmelze. Oberhalb der Flüssigkeit kann sich damit ohne Maßnahmen mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Das Explosionsschutzkonzept basiert auf den folgenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches, so dass Zone 1 eingeteilt werden kann.
- Vermeiden wirksamer Zündquellen durch Auswahl von explosionsgeschützten Geräten für die Zone 1.
- Vermeiden wirksamer prozessbezogener Zündquellen für den störungsfreien Betrieb in Zone 1.

#### 5.8.1.2 Randbedingungen

Die Temperatur der Schmelze wird durch die zugeführte Dampfmenge unter Flammpunkt geregelt.

#### 5.8.1.3 Bewertung der Abweichungen

Ein Ausfall der Temperaturregelung TC 1 führt zu einem unerkannten Anstieg der Temperatur über den Flammpunkt. Mit der Temperaturüberwachung TS+ 2 wird dies erkannt und der Zulauf gestoppt.

### 5.8.1.4 Fazit

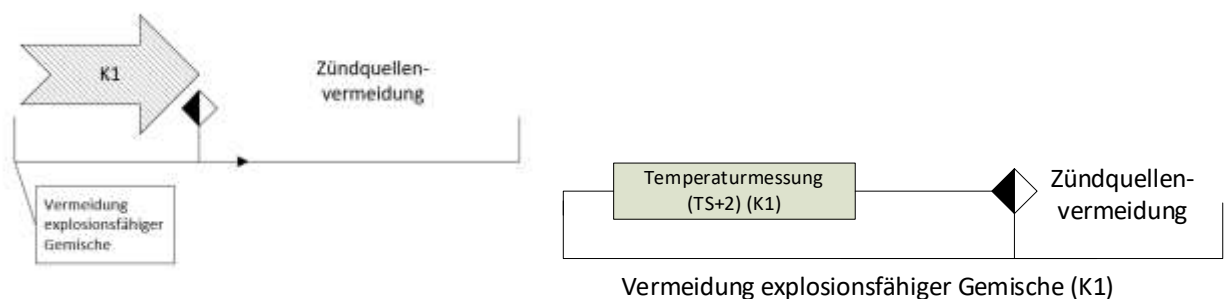
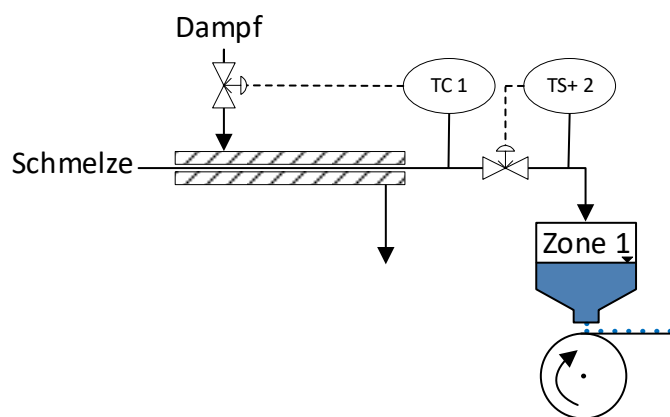
Damit ergibt sich für die Zuverlässigkeit der Temperaturüberwachung TS+ 2, zur Aufrechterhaltung einer Zielzone 1 im Vorlagebehälter, eine Klassifizierungsstufe 1.

### 5.8.1.5 Lösung

#### Ex-Einrichtung

Zusätzlich zur Temperaturregelung der Schmelze TC 1 wird die Temperatur der Schmelze überwacht TS+ 2 und vor Erreichen des Flammpunkts der Zulauf zum Vorlagebehälter gestoppt.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Zielzone
	Ex-Einrichtung	
Zone 0/20	Sehr hoch	Keine Zone
	hoch + K1	
	ausreichend + K2	
	K3	
	hoch	Zone 2 / 22
	ausreichend + K1	
K2		
ausreichend K1	Zone 1 / 21	



## 5.8.2 Pastillierband (Variante 2: keine Zone)

### 5.8.2.1 Prozessbeschreibung

Zur Pastillierung wird aufgeschmolzenes Produkt über eine mit Dampf beheizte Rohrleitung in einen unbeheizten Vorlagebehälter gefüllt und von dort auf ein Pastillierband getropft. Ohne Beheizung erstarrt das Produkt bei Umgebungstemperatur. Die Temperatur der Schmelze wird geregelt. Die netzseitig abgesicherte Dampftemperatur der Heizung liegt über dem Flammpunkt der Schmelze. Oberhalb der Flüssigkeit kann sich damit ohne Maßnahmen mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Das Explosionsschutzkonzept basiert auf den folgenden Explosionsschutzmaßnahmen:

- Vermeiden des explosionsfähigen Gemisches, so dass keine Zone eingeteilt werden muss.

### 5.8.2.2 Randbedingungen

Die Temperatur der Schmelze wird durch die zugeführte Dampfmenge unter Flammpunkt geregelt.

### 5.8.2.3 Bewertung der Abweichungen

Ein Fehler in der Temperaturregelung TCA+1 führt zu einem Anstieg der Temperatur über den Flammpunkt. Mit der Alarmierung durch den Sensor TCA+1 wird dies erkannt und organisatorisch eingegriffen. Ist kein rechtzeitiger, manueller Eingriff möglich, wird dies durch die Temperaturüberwachung TZ+2 erkannt und der Zulauf gestoppt.

### 5.8.2.4 Fazit

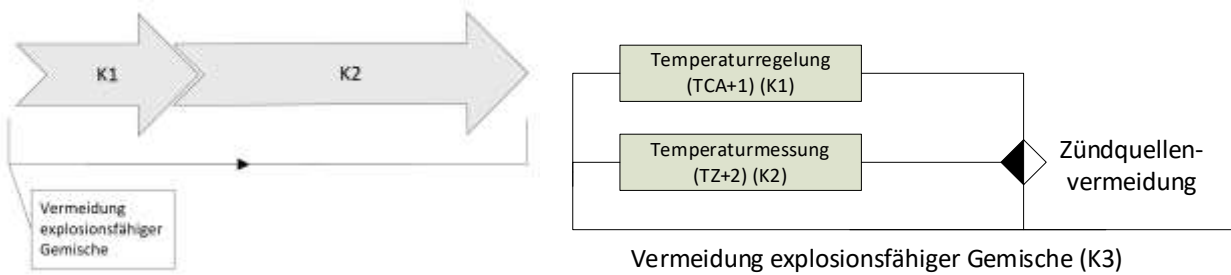
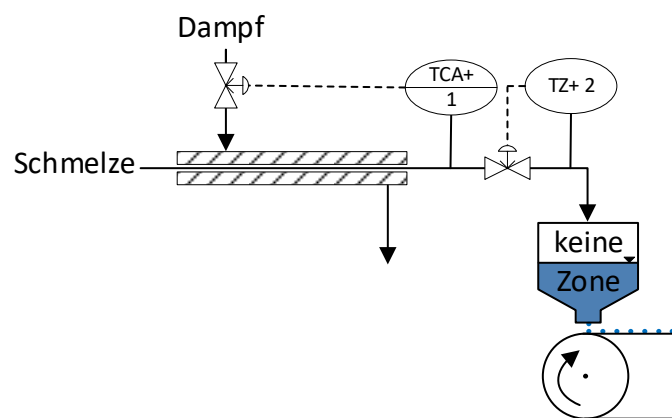
Für die Alarmierung TCA+1 ergibt sich eine Zuverlässigkeit der Klassifizierungsstufe 1. Damit ergibt sich zur Vermeidung eines explosionsfähigen Gemisches im Vorlagebehälter für die Zuverlässigkeit der Temperaturüberwachung TZ+2, eine Klassifizierungsstufe 2.

### 5.8.2.5 Lösung

#### Ex-Einrichtung

Zusätzlich zur Temperaturregelung der Schmelze TCA+1 wird vor einer Temperaturüberschreitung alarmiert und die Temperatur der Schmelze überwacht TZ+2 und vor Erreichen des Flammpunkts der Zulauf zum Vorlagebehälter gestoppt.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 0/20	Sehr hoch		Keine Zone
	hoch	+ K1	
	ausreichend	+ K2	
	K3		
	hoch		Zone 2 / 22
ausreichend	+ K1		
K2		Zone 1 / 21	
ausreichend			
K1			



## 5.9 Abfüllung in Gebinde mit $V \leq 1000\text{l}$

Apparat	Fallunterscheidung	Explosionsschutzkonzept
Abfüllung in Gebinde mit $V \leq 1000\text{l}$	5.9.1 - ausreichend zuverlässige Absaugung - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 1 → Zone 2	Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre durch technische Lüftung (Spundlochabsaugung) <ul style="list-style-type: none"> <li>einfaches Lüftungssystem (1:1 Zuordnung, starr gekoppelter Ventilator)</li> </ul>
	5.9.2 - keine ausreichend zuverlässige Absaugung - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 1 → Zone 2	Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre durch technische Lüftung (Spundlochabsaugung) <ul style="list-style-type: none"> <li>Ex-Einrichtung: Durchflussmessung (FS-) in PLS schließt Befüllventil. Klassifizierungsstufe K1</li> </ul>
	5.9.3 - ausreichend zuverlässige Absaugung - Zündquelle bei gelegentlicher Betriebsstörung - Zone 1 → Zone 2	Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre durch technische Lüftung (Spundlochabsaugung) <ul style="list-style-type: none"> <li>Absaugung zur Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte (Betriebskonzept)</li> </ul>

### 5.9.1 Teilautomatische Befüllung mittels starr gekoppeltem Ventilator und Spundlochabsaugung

#### 5.9.1.1 Prozessbeschreibung:

##### Randbedingungen:

- Das Fassabgas wird mittels einem starr gekoppelten Ventilator abgesaugt. Es sind keine weiteren Absaugstellen vorhanden.
- Im Abfüllraum ist mindestens ein zweifacher Luftwechsel gegeben.
- Alle Maßnahmen zu Erdung und Potenzialausgleich gem. TRGS 727 sind getroffen. Der Hersteller hat die Abfüllanlage mit einer Erdungsüberwachung ausgestattet. Wird vergessen die Erdung anzuschließen, so kann der Abfüllprozess nicht gestartet werden.
- An der Abfüllstelle werden mehr als 200l/h abgefüllt. Die geforderten Strömungsgeschwindigkeiten für kleine Gebinde nach TRGS 727 werden eingehalten
- Der Mitarbeiter trägt die vorgeschriebene PSA (ableitfähig).
- Leckagen (bspw. beim Fasswechsel) werden per Betriebsanweisung unverzüglich beseitigt.

### **Beschreibung:**

An einer Abfüllstation werden durch einen Mitarbeiter Gebinde mit  $V \leq 1000$  l (Fässer, IBCs o. Ä.) und dgl. befüllt. Der Befüllvorgang gestaltet sich wie folgt:

1. Positionierung des Leergebindes an der Abfüllstelle
2. Herstellen des Potenzialausgleichs mittels Erdungszange
3. Öffnen des Gebindes
4. Starten des Befüllvorganges
5. Überwachen des Befüllvorganges vor Ort
6. Befüllvorgang stoppt mit Erreichen der Füllmenge (z.B. durch Gewicht oder über Volumen)
7. Fülllanze wird in Ausgangsposition gebracht
8. Verschließen des Gebindes
9. Entfernen der Erdungszange
10. Verbringen des befüllten Gebindes

### **5.9.1.2 Explosionsschutzmaßnahmen:**

#### **5.9.1.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische**

Die Absaugung des Gebindeabgases wird mittels einer formschlüssigen Absaugung an der Befüllöffnung sichergestellt. Das Abgassystem besteht aus den Absaugrohren und einem starr gekoppelten Ventilator. Diese Absaugung wirkt ausschließlich an der betroffenen Abfüllstelle (1:1 Zuordnung).

#### **5.9.1.2.2 Zündquellenvermeidung**

Vermeidung von wirksamen Zündquellen im festgelegten explosionsgefährdeten Bereich.

#### **5.9.1.3 Bewertung von Abweichungen**

Die Absaugung steht im Normalbetrieb zur Verfügung und erfüllt den, in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten, Volumenstrom. Ein Ausfall der Lüftung wird durch den Mitarbeiter vor Ort erkannt. Eine Zündquelle ist bei gelegentlichen Betriebsstörungen möglich.

#### **5.9.1.4 Fazit:**

Aufgrund der Prozessrandbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen ohne Berücksichtigung von Ex-Maßnahmen wird von einem gelegentlichen Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgegangen. Die Absaugung durch den starr gekoppelten Lüfter, der ausschließlich dieser Absaugung dient, ist als Explosionsschutzmaßnahme ausreichend verfügbar, eingestuft. Es sind daher keine Ex-Einrichtungen erforderlich. Somit reduziert sich die Zone 1 um die Befüllöffnung bzw. um die Gebindekontur auf Zone 2 im Nahbereich.



### 5.9.1.5 Lösung:

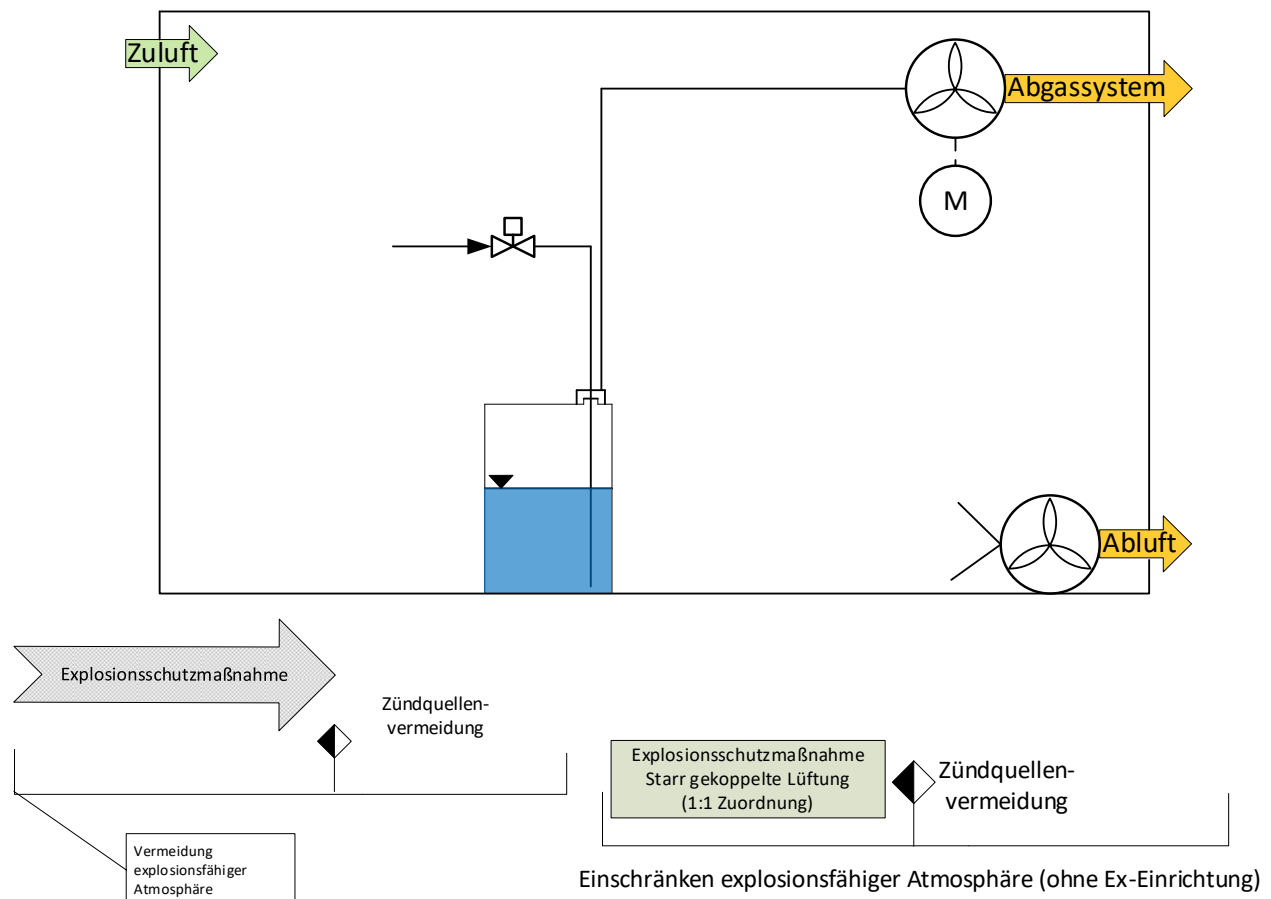
**Betriebskonzept:** Keines

**Explosionsschutzkonzept:**

Reduzierung der Zone 1 auf Zone 2. Die Absaugung erfasst das Gebindeabgas an der Entstehungsstelle mit Hilfe eines starr gekoppeltem Ventilator s(1:1 Zuordnung). Vermeidung von wirksamen Zündquellen (Zone 2)

**Ex-Einrichtung:** Keine

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch	+	Keine Zone
	ausreichend	K1	
		K2	
	ausreichend	Zone 2 / 22	
	K1		



## 5.9.2 Teilautomatische Befüllung mit Spundlochabsaugung mit komplexem Absaugsystem

### 5.9.2.1 Prozessbeschreibung:

#### Randbedingungen:

- Absaugung des Fassabgases ist an ein komplexes Abgassystem mit vielen Absaugstellen und Verstellmöglichkeiten angeschlossen.
- Im Abfüllraum ist mindestens ein zweifacher Luftwechsel mit Ausfallalarmierung gegeben.
- Alle Maßnahmen zu Erdung und Potenzialausgleich gem. TRGS 727 sind getroffen. Der Hersteller hat die Abfüllanlage mit einer Erdungsüberwachung ausgestattet. Wird vergessen die Erdung anzuschließen, so kann der Abfüllprozess nicht gestartet werden.
- An der Abfüllstelle werden mehr als 200 l/h abgefüllt. Die geforderten Strömungsgeschwindigkeiten für kleine Gebinde nach TRGS 727 werden eingehalten
- Der Mitarbeiter trägt die vorgeschriebene PSA (ableitfähig).
- Leckagen (bspw. beim Fasswechsel) werden per Betriebsanweisung unverzüglich beseitigt.

#### Beschreibung:

An einer Abfüllstation werden durch einen Mitarbeiter Gebinde mit  $V \leq 1000$  l (Fässer, IBCs o. Ä.) und dgl. befüllt. Der Befüllvorgang gestaltet sich wie folgt:

1. Positionierung des Leergebindes an der Abfüllstelle
2. Herstellen des Potenzialausgleichs mittels Erdungszange
3. Öffnen des Gebindes
4. Starten des Befüllvorganges
5. Überwachen des Befüllvorganges vor Ort
6. Befüllvorgang stoppt mit Erreichen der Füllmenge (z.B. durch Gewicht oder über Volumen)
7. Fülllanze wird in Ausgangsposition gebracht
8. Verschließen des Gebindes
9. Entfernen der Erdungszange
10. Verbringen des befüllten Gebindes

### 5.9.2.2 Explosionsschutzmaßnahmen:

#### 5.9.2.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Die Absaugung des Gebindeabgases wird mittels einer formschlüssigen Absaugung an der Befüllöffnung sichergestellt. Die Spundlochabsaugung ist an ein komplexes Abgassystem angeschlossen, wobei einzelne Teilstränge individuell absperrbar sind. Das Abgassystem besteht aus den Absaugrohren und Ventilator. Der ex-relevante Teilstrang ist mit einer Ausfallüberwachung ausgestattet. Bei Verlust des Abgas-Durchflusses (EF001) wird die Befüllung durch Schließen des Befüllventils (Y1) gestoppt.

### 5.9.2.2 Zündquellenvermeidung

Vermeidung von wirksamen Zündquellen im festgelegten explosionsgefährdeten Bereich.

### 5.9.2.3 Bewertung von Abweichungen

Das Abgassystem steht im Normalbetrieb zur Verfügung und erfüllt den, in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Volumenstrom. Aufgrund der Komplexität des Abgassystems kann der geforderte Volumenstrom unbemerkt beeinflusst werden. Ein Unterschreiten des geforderten Absaugleistung an der Abfüllung wird mittels der Durchflussüberwachung (EF001) erkannt. Eine Zündquelle ist bei gelegentlichen Betriebsstörungen möglich.

### 5.9.2.4 Fazit:

Aufgrund der Prozessrandbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen ohne Berücksichtigung von Ex-Maßnahmen und Ex-Einrichtungen wird von einem gelegentlichen Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgegangen. Die Absaugung besitzt mehrere Absaugstellen. Die Absaugung besitzt eine Vielzahl von Verstellmöglichkeiten und Abnehmerstellen, welche nach den betrieblichen Erfordernissen geöffnet und geschlossen werden können. Diese beeinflussen den Volumenstrom an der betroffenen Abfüllstelle. Somit besitzt das gesamte Absaugsystem als Explosionsschutzmaßnahme keine ausreichende Zuverlässigkeit. Die in der Gefährdungsbeurteilung festgelegte Durchflussüberwachung (EF001) als Maßnahme gemäß TRGS 722 schließt bei Unterschreiten des Mindestdurchflusses das Befüllventil (Y1). Für die Ex-Einrichtung zur Reduzierung der Zone 1 um die Befüllöffnung bzw. um die Gebindekontur auf Zone 2 im Nahbereich ergibt sich damit eine Klassifizierungsstufe K1.

### 5.9.2.5 Lösung:

**Betriebskonzept:** Keines

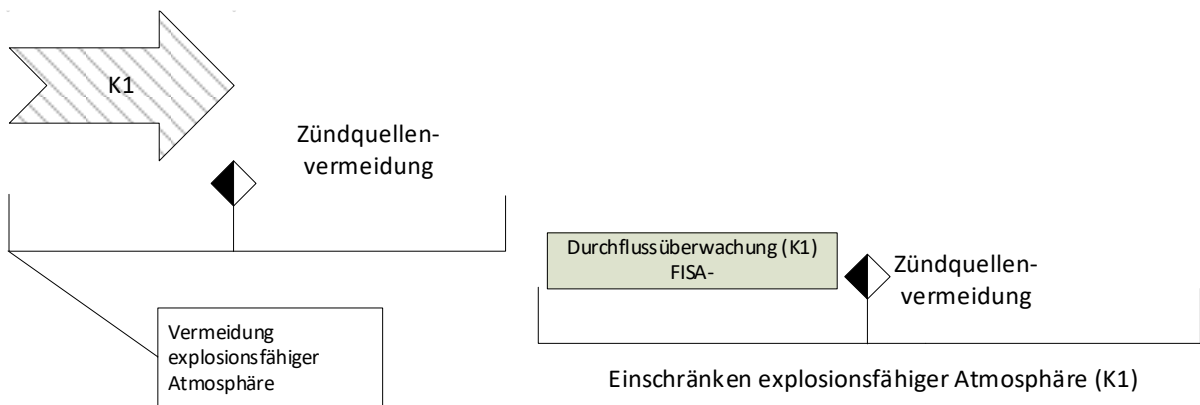
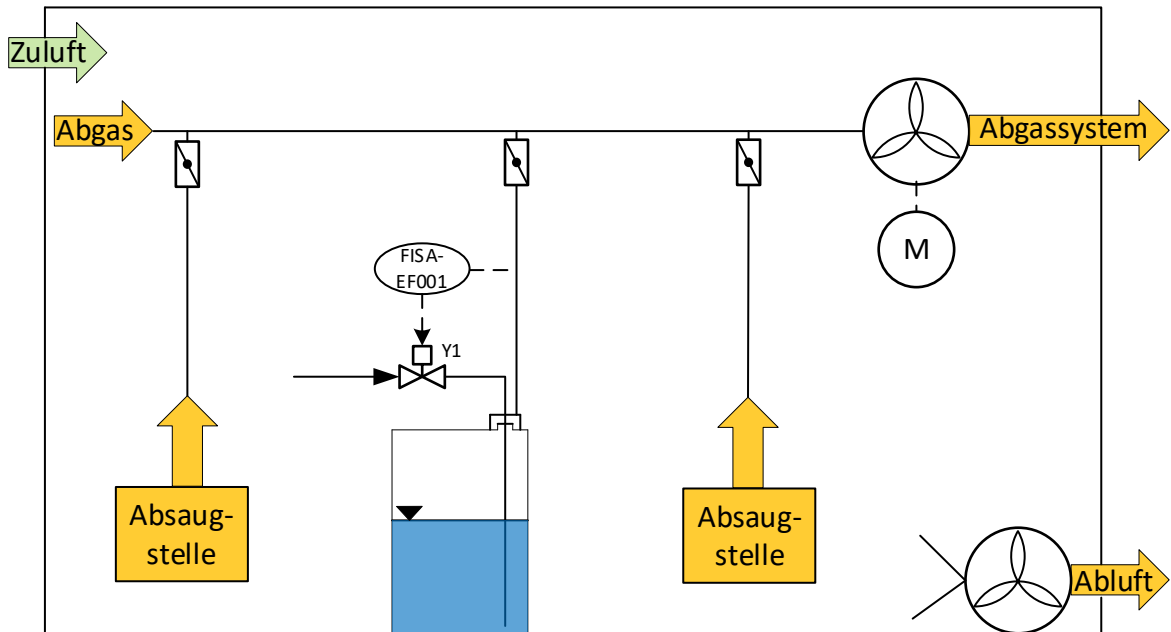
### Explosionsschutzkonzept:

Außen Reduzierung der Zone 1 auf Zone 2. Das komplexe Abgassystem erfasst das Gebindeabgas an der Entstehungsstelle.

### Ex-Einrichtung:

Der Volumenstrom wird durch eine Durchflussmessung FISA- (EF001) Schaltung im PLS überwacht. Die Durchflussüberwachung schließt das Befüllventil (Y1).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Zielzone
	Ex-Einrichtung		
Zone 1 / 21	hoch	+	Keine Zone
	ausreichend	K1	
	K2		
	ausreichend	Zone 2 / 22	
	K1		



## 5.9.3 Teilautomatische Befüllung mit Absaugung aus Arbeitsschutzgründen

### 5.9.3.1 Prozessbeschreibung:

#### Randbedingungen:

- Das Fassabgas wird zur sicheren Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte abgesaugt.
- Im Abfüllraum ist mindestens ein zweifacher Luftwechsel mit Ausfallalarmierung gegeben.
- Alle Maßnahmen zu Erdung und Potenzialausgleich gem. TRGS 727 sind getroffen. Der Hersteller hat die Abfüllanlage mit einer Erdungsüberwachung ausgestattet. Wird vergessen die Erdung anzuschließen, so kann der Abfüllprozess nicht gestartet werden.
- An der Abfüllstelle werden mehr als 200 l/h abgefüllt. Die geforderten Strömungsgeschwindigkeiten für kleine Gebinde nach TRGS 727 werden eingehalten
- Der Mitarbeiter trägt die vorgeschriebene PSA (ableitfähig).
- Leckagen (bspw. beim Fasswechsel) werden per Betriebsanweisung unverzüglich beseitigt.

#### Beschreibung:

An einer Abfüllstation werden durch einen Mitarbeiter Gebinde mit  $V \leq 1000$  l (Fässer, IBCs o. Ä.) und dgl. befüllt. Der Befüllvorgang gestaltet sich wie folgt:

1. Positionierung des Leergebindes an der Abfüllstelle
2. Herstellen des Potenzialausgleichs mittels Erdungszange
3. Öffnen des Gebindes
4. Starten des Befüllvorganges
5. Überwachen des Befüllvorganges vor Ort
6. Befüllvorgang stoppt mit Erreichen der Füllmenge (z.B. durch Gewicht oder über Volumen)
7. Fülllanze wird in Ausgangsposition gebracht
8. Verschließen des Gebindes
9. Entfernen der Erdungszange
10. Verbringen des befüllten Gebindes

### 5.9.3.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### 5.9.3.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Auftretens explosionsfähiger Gemische

Die Absaugung des Gebindeabgases wird mittels einer formschlüssigen Absaugung an der Befüllöffnung sichergestellt. Die Absaugung besitzt neben der Spundlochabsaugung noch mehrere potenzielle Absaugstellen. Die Absperrklappe im Teilstrang zu Abfüllstelle in der Position gesichert, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die geforderte Absaugleistung gegeben ist. Der Volumenstrom an der Spundlochabsaugung entspricht dem, in der tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung festgelegtem Volumenstrom. Die Arbeitsbereichsüberwachung führt jährlich Messungen durch. Messaufzeichnungen liegen über mehrere Jahre vor. Die Arbeitsplatzgrenzwerte werden sicher eingehalten. Die jährliche Wartung des Absaugsystems beinhaltet

unter anderem auch die Messung des geforderten Volumenstroms. Vor Beginn der Tätigkeit kontrolliert der Mitarbeiter die Funktionsfähigkeit der Lüftung. Der Mitarbeiter vor Ort erkennt den Ausfall der Lüftung und stoppt den Befüllvorgang.

### 5.9.3.2.2 Zündquellenvermeidung

Vermeidung von wirksamen Zündquellen im festgelegten explosionsgefährdeten Bereich.

### 5.9.3.3 Bewertung von Abweichungen

Das Abgassystem steht im Normalbetrieb zur Verfügung und erfüllt den, in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Volumenstrom. Ein Ausfall der Lüftung wird durch den Mitarbeiter vor Ort erkannt. Eine Zündquelle ist bei gelegentlichen Betriebsstörungen möglich.

### 5.9.3.4 Fazit:

Aufgrund der Prozessrandbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen wird ohne Berücksichtigung von Ex-Maßnahmen und Ex-Einrichtungen aber unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes von einem seltenen und kurzem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgegangen. Aufgrund des Betriebskonzeptes mit ausreichender Zuverlässigkeit für die Zielzone 2 sind keine weiteren Ex-Schutzmaßnahmen erforderlich.

### 5.9.3.5 Lösung:

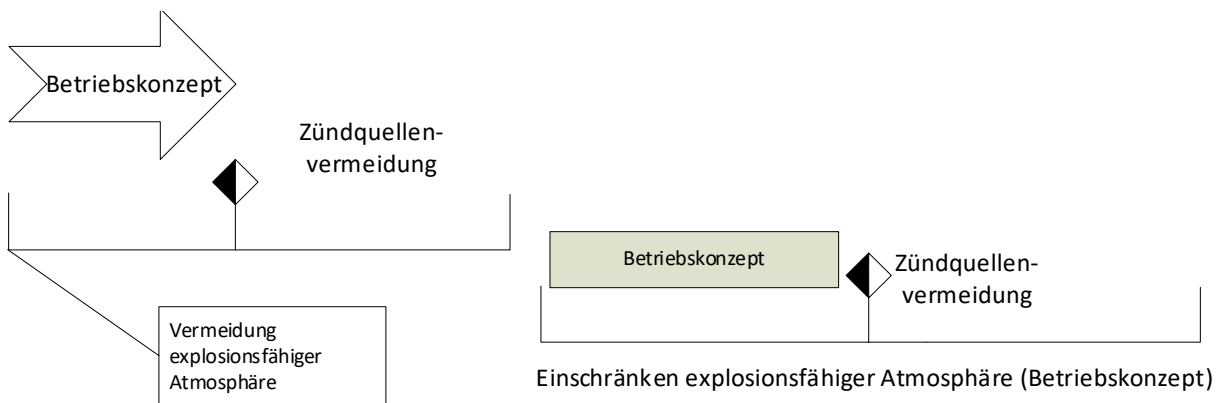
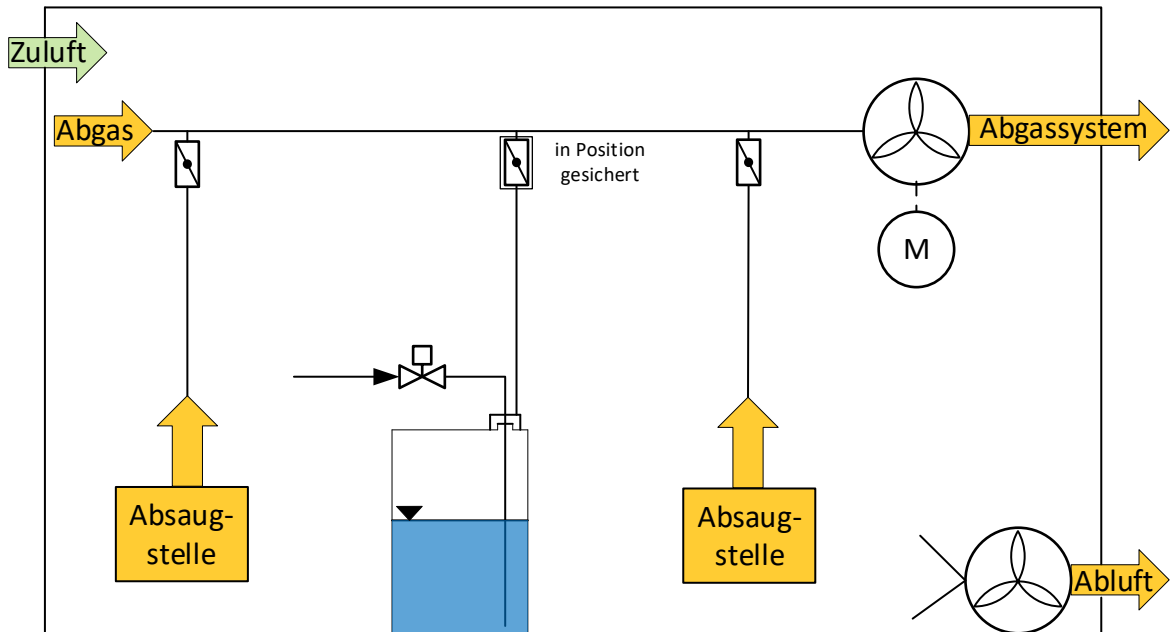
#### Betriebskonzept:

Die Absaugung ist zwingend zur Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes erforderlich und wird als Betriebskonzept bewertet. Aufgrund der mehrjährigen Aufzeichnungen kann davon ausgegangen werden, dass der Arbeitsplatzgrenzwert sicher eingehalten wird. Ein Ausfall der Lüftung wird durch den Mitarbeiter vor Ort festgestellt. Somit kann unter Anwendung des Betriebskonzeptes die Zone 2 festgelegt werden.

**Explosionsschutzkonzept:** keines

**Ex-Einrichtung:** keines

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		Resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Einrichtung		
Keine Maßnahme nach TRGS 725			
Zündquellen im vorhersehbaren Fehlerfall	ausreichend	K1	
		K2	
Zündquelle im seltenen Fehlerfall **	ausreichend	K1	
* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen			
** im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen			



## 5.10 Zentrale Lösemittelversorgung

### 5.10.1 Prozessbeschreibung

Ein analytisches Labor verfügt über eine zentrale Lösemittelversorgung. Ein entzündbares Lösemittel (Acetonitril, Flammpunkt: 2 C) wird aus einem Lagertank (30 m<sup>3</sup>) über Rohrleitungen in das Laborgebäude geführt. In den einzelnen Laborräumen endet die Rohrleitung in Form einer Übergabestation, die in einem Laborabzug fest installiert ist. In jeder Übergabestation endet die Lösemittelleitung in einer Handarmatur. Das Tanklager wird einer separaten Beurteilung unterzogen und ist nicht Bestandteil dieser Betrachtung. Die Rohrleitungen vom Tanklager bis zu den Übergabestationen sind dauerhaft technisch dicht ausgeführt und werden hier nicht weiter betrachtet. Die Rohrleitungen und angeschlossenen Schlauchleitungen stehen konstant unter Druck.

Von den Übergabestationen aus wird das Lösemittel über Schlauchleitungen Analysegeräten (HPLC) zugeführt. Die Schlauchverbindungen sind dabei über labortypische Schlauchtüllen mit Schlauchschellen hergestellt. Die Analysegeräte befinden sich in denselben Abzügen wie die Übergabestationen.

Kleinere Leckagen der Schlauchverbindungen sowie die Freisetzung von Acetonitril beim Lösen der Schlauchverbindungen werden durch die Funktion der Abzüge sicher beherrscht („laborübliche Tätigkeiten“). Kommt es jedoch zum Komplettversagen einer Schlauchleitung, z.B. durch Abriss eines Schlauchs von der Schlauchtülle, können große Mengen Acetonitril (bis zu 30 m<sup>3</sup>) in den jeweiligen Abzug freigesetzt werden. Eine solche Freisetzung wird weder von der Lüftungskapazität noch vom Flüssigkeitsrückhaltevolumen der Abzüge beherrscht. Es besteht die Gefahr, dass das Acetonitril in den Laborraum freigesetzt wird und sowohl in den Räumen als auch in den Abzügen explosionsfähige Gemische bildet. Das Labor wird auch im unbeaufsichtigten Nachtbetrieb betrieben. Da die Laborräume nicht ex-geschützt ausgeführt sind, besteht die Gefahr der unmittelbaren Zündung freigesetzter explosionsfähiger Dampf/Luft-Gemische.

### 5.10.2 Explosionsschutzmaßnahmen

#### Vermeidung explosionsfähiger Gemische

Im Fehlerfall (Versagen einer Schlauchleitung) kommt es zur Freisetzung großer Lösemittelmengen in den Laborbereich, der nicht ex-geschützt ist. Da die Lösemittelversorgung im Nachtbetrieb auch unbeaufsichtigt erfolgt, ist nicht sichergestellt, dass Ex-Gemische nur kurzzeitig auftreten. Der Bereich wird ohne Maßnahmen als Zone 1 eingestuft.

Um die Entstehung explosionsfähiger Gemische zu vermeiden, werden in den Abzügen, in denen sich die Übergabestationen befinden, Flüssigkeitssensoren installiert. Die Installation erfolgt an einem Tiefpunkt so, dass die Sensoren Flüssigkeitskontakt detektieren, bevor eine gefährdende Menge an Lösemittel freigesetzt wurde. Bei Flüssigkeitskontakt schließen die Sensoren eine Armatur in der jeweiligen Lösemittelleitung.



### 5.10.3 Fazit

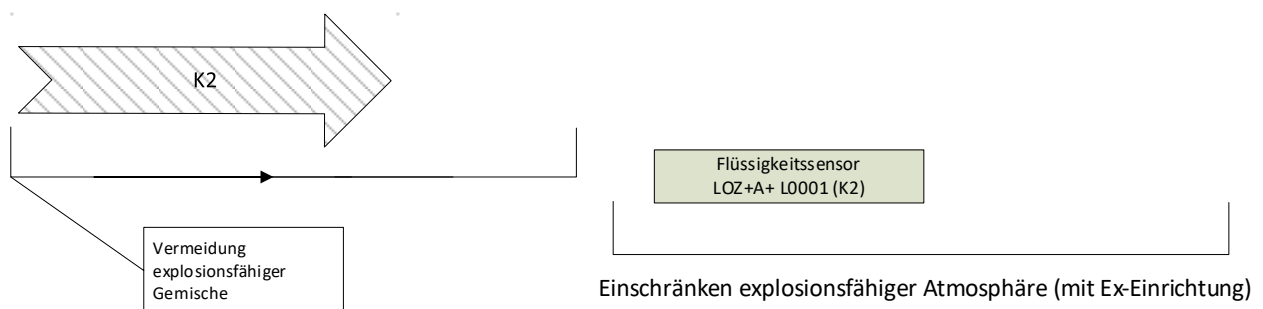
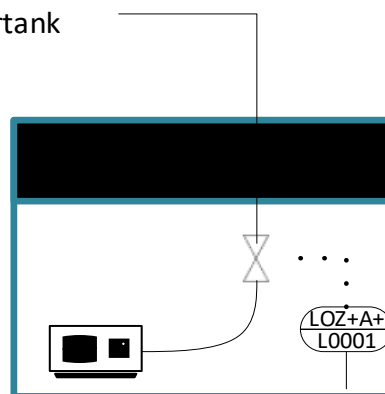
Aufgrund der Prozessbedingungen und der hier bewerteten Abweichungen liegt ohne Maßnahmen ein explosionsgefährdeter Bereich der Zone 1 vor. In dem Bereich sind permanente Zündquellen vorhanden, deren Auftreten nicht reduziert werden kann.

Daher wird eine Leckageerkennung (L0001) installiert, die die Freisetzung von Flüssigkeiten rechtzeitig erkennt und die weitere Zufuhr von Lösemitteln unterbindet. Um die Zielzone „keine Zone“ zu erreichen, ergibt sich eine Klassifizierungsstufe K2. Diese wird durch einen entsprechend geeigneten Sensor erreicht, der direkt mit einem geeigneten Ventil verbunden ist („hart verdrahtet“).

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme	Zielzone
	Ex-Einrichtung	

Zone 1 / 21	hoch +	Keine Zone
	ausreichend	
	K2	
	ausreichend	Zone 2 / 22
	K1	

Acetonitril vom Lagertank



## Literaturverzeichnis

- TRGS 725 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen“
- Namur-Empfehlung NE 138 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – PLT-Einrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen“
- Namur-Empfehlung NE 165 „PLT-Betriebseinrichtungen mit Sicherheitsfunktion“
- IEC 61511-1 (2016) “Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector - Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements”
- TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“
- TRGS 721 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung“
- TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“