

Ausgabe April 2023

GMBI 2023, S. 727-742 [Nr. 33-34] (v. 5.6.2023)

Technische Regeln für Gefahrstoffe	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Mess-, Steuer- und Regelein- richtungen im Rahmen von Explosions- schutzmaßnahmen	TRGS 725
---	--	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung wieder.

Sie werden vom

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)

ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TRGS konkretisiert im Rahmen des Anwendungsbereichs die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Bei Einhaltung der Technischen Regel kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Ermittlung der Anforderungen an Ex-Einrichtungen
- 4 Technische Ausführung der Ex-Einrichtung
- 5 Prüfung und Kontrolle der Ex-Einrichtung
- Anhang 1 Erläuterung der Vorgehensweise an Beispielen zur Zonenreduzierung
- Anhang 2 Maßnahmen zur Erkennung, Vermeidung oder Beherrschung des Ausfalls von Ex-Einrichtungen
- Anhang 3 Anforderungen an MSR-Einrichtungen, welche nach dem Stand der Technik betriebsbewährt sind

Literaturhinweise

Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich	3
2	Begriffsbestimmungen	3
2.1	Betriebsbewährte Technik	3
2.2	Betriebskonzept	4
2.3	Bewährte Technik	4
2.4	Ex-Einrichtungen	4
2.5	Funktionseinheit	5
2.6	Funktionseinheit, einfach	5
2.7	Funktionseinheit, komplex	5
2.8	Funktionseinheit, abhängig	6
2.9	Funktionseinheit, unabhängig	6
2.10	Hardwarefehlertoleranz (HFT)	6
2.11	MSR-Einrichtungen	6
2.12	Redundanz	6
2.13	Klassifizierungsstufe	6
2.14	Sicherheitsfunktion	6
2.15	Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen	6
2.16	Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung	7
3	Ermittlung der Anforderungen an Ex-Einrichtungen	7
3.1	Grundsätze	7
3.2	Gefährdungsbeurteilung	8
3.3	Bewertung der Ex-Einrichtung	12
3.4	Ermittlung der erreichbaren Zonenreduzierung durch Ex-Einrichtungen	12
3.5	Ermittlung der erreichbaren Zündquellenvermeidung durch Ex-Einrichtungen	14
3.6	Ex-Einrichtungen zur Reduzierung der Auswirkungen einer Explosion	15
4	Technische Ausführung der Ex-Einrichtung	17
4.1	Technische Ausführung der Ex-Einrichtung mit Methoden der funktionalen Sicherheit	17
4.2	Technische Ausführungen von Ex-Einrichtungen, die im Sinne dieser TRGS bewertet werden	19
4.2.1	Allgemeines	19
4.2.2	Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen mit einer Klassifizierungsstufe K1	19
4.2.3	Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen zur Erfüllung der Klassifizierungsstufen K2 oder K3	21
4.2.4	Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen, die in Teilen abhängig sind	25
5	Prüfung und Kontrollen der Ex-Einrichtung	26
Anhang 1	Erläuterung der Vorgehensweise an Beispielen zur Zonenreduzierung	27
A1.1	Lüftung	27
A1.2	Inertisierung	28

A1.3	Flüssigkeitsverschluss	30
A1.4	Taumeltrockner	30
A1.5	Förderung von Feststoff mit Stickstoff	31
Anhang 2	Maßnahmen zur Erkennung, Vermeidung oder Beherrschung des Ausfalls von Ex-Einrichtungen	33
Anhang 3	Anforderungen an die Betriebsbewährung der Funktionseinheiten von Ex-Einrichtungen	35
	Literaturhinweise	36

1 Anwendungsbereich

(1) Diese TRGS beschreibt die Vorgehensweise zur Ermittlung der erforderlichen Zuverlässigkeit von sicherheitsrelevanten Mess-, Steuer-, und Regeleinrichtungen (Ex-Einrichtungen) als Bestandteil von Explosionsschutzmaßnahmen nach TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“, TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“ und TRGS 724 „Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken“ sowie die Anforderungen zur Erreichung der erforderlichen Explosionssicherheit von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex-Anlagen).

(2) Diese TRGS beinhaltet die Betrachtung verschiedener Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung.

(3) Diese TRGS gilt sowohl für einfache als auch für komplexe Mess-, Steuer-, und Regeleinrichtungen (d.h. z.B. mechanische, pneumatische, hydraulische, elektrische, elektronische oder auch programmierbare elektronische MSR-Einrichtungen).

(4) Die Bewertung der Eignung und Funktionsfähigkeit technischer Maßnahmen sowie die Eignung organisatorischer Maßnahmen erfolgt nach TRGS 722 bis TRGS 724 und ist nicht Bestandteil dieser TRGS.

(5) Macht der Arbeitgeber von der Möglichkeit Gebrauch, gemäß Anhang I Nummer 1.6 Absatz 3 GefStoffV von einer Zoneneinteilung abzusehen, sind grundsätzlich die gemäß dieser technischen Regel für die Zone 0 bzw. 20 angegebenen Schutzmaßnahmen zu treffen. Abweichungen hiervon sind zulässig, wenn diese in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Absatz 9 GefStoffV begründet festgelegt werden.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Betriebsbewährte Technik

Betriebsbewährte Technik liegt vor, wenn die Eignung der Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (MSR-Einrichtung) für den Anwendungsfall gemäß Anhang 3 nachgewiesen ist. Bei betriebsbewährten Funktionseinheiten hat sich in der Bewährungsphase gezeigt, dass weder

in der Hardware noch in der Betriebssoftware eventuell vorhandene systematische Fehler die sicherheitstechnische Funktion der Funktionseinheit beeinträchtigen.

2.2 Betriebskonzept

Zum Betriebskonzept zählen alle Einrichtungen sowie Prozess- und Betriebsbedingungen, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage einschließlich prozessnotwendiger Zustände, z. B. An- oder Abfahren, oder die ordnungsgemäße Durchführung einer Tätigkeit erforderlich sind (s.a. TRGS 722). Auch MSR-Einrichtungen können Teil des Betriebskonzeptes sein. Diese gelten aber nicht als Ex-Einrichtung im Sinne dieser TRGS, da mit ihrer Hilfe zwar Betriebsparameter beobachtet werden, die Hinweise auf explosionsschutzrelevante Abweichungen geben können, ohne dass die MSR-Einrichtung für diesen Zweck konzipiert ist.

2.3 Bewährte Technik

(1) Bewährte Technik liegt vor, wenn grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien erfüllt sind, durch:

1. Verwendung für den Anwendungsfall bewährter und zuverlässiger Installationstechnik und
2. geeignete Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau von Funktionseinheiten unter Berücksichtigung der Anwendungshinweise der Hersteller sowie von Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen

um ein angemessenes Maß an Sicherheit nach dem Stand der Technik zu erreichen. Im Hinblick auf die geeignete Auswahl nach Nummer 2 ist auch der Betrieb der verwendeten Bauteile innerhalb der Einsatzparameter sowie die Betriebsanleitung der Hersteller (insbesondere Hinweise zu dauerhaftem Betrieb und Wartung und Instandhaltung) zu berücksichtigen.

(2) Dies gilt z. B. als erfüllt, wenn die Vorgehensweisen und Bedingungen gemäß DIN EN ISO 13849-2:2013-02 Tabellen 1 und 2 berücksichtigt sind. Als hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit geeignet können auch Funktionseinheiten angesehen werden, für die der Hersteller der Funktionseinheit eine entsprechende SIL capability nach DIN EN 61508 bzw. ein SIL claim limit nach DIN EN 62061 oder einen Protection Level nach DIN EN ISO 13849 bescheinigt hat.

2.4 Ex-Einrichtungen

(1) Ex- Einrichtungen sind sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen im Sinne der Explosionssicherheit. Ex-Einrichtungen führen die in der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Sicherheitsfunktionen von Explosionsschutzmaßnahmen nach TRGS 722, TRGS 723 oder TRGS 724 aus.

(2) Ex- Einrichtungen dienen zur Erreichung der Explosionssicherheit im Zusammenhang mit:

1. Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit oder der Dauer des Vorhandenseins gefährlicher explosionsfähiger Gemische, z. B.
 - a) Volumenstrommessung einer technischen Lüftung mit Alarmierung und nachfolgenden organisatorischen Maßnahmen,
 - b) Druckmessung einer Inertisierung mit Abschaltung der Entnahmepumpe,
 - c) Gaswarngeräte mit Zuschaltung einer zusätzlichen Lüftung,

2. Reduzierung der Wahrscheinlichkeit für das Wirksamwerden von Zündquellen, z. B.
 - a) Temperaturmessung mit Abschaltung der Geräte
 - b) Durchflussmessung mit Abschaltung einer Pumpe (Trockenlaufschutz)
 - c) Füllstandsmessung mit Alarmierung und nachfolgenden organisatorischen Maßnahmen,
3. Verringerung der Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß. z. B. Temperaturmessung an einer Rückzündsicherung (Vermeidung von Dauerbrand) mit Unterbrechung der Abgaszufuhr

2.5 Funktionseinheit

Eine Funktionseinheit ist ein Teil einer Ex-Einrichtung. Eine Ex-Einrichtung kann aus mehreren Funktionseinheiten bestehen, die funktional miteinander in Beziehung stehen. Funktionseinheiten können einfach oder komplex sein.

2.6 Funktionseinheit, einfach

Eine einfache Funktionseinheit ist eine Funktionseinheit, deren Fehlerverhalten (z.B. in welcher Richtung ein Ausfall erfolgt oder mit welcher Häufigkeit und Dauer) in einer Fehleranalyse eindeutig beschreibbar ist, wie z. B. mechanische, pneumatische, elektrische Bauelemente oder festverdrahtete Logiksysteme aus elektromechanischen Bauteilen. Die Ursache-Wirkungskette ist bei diesen Funktionseinheiten eindeutig bestimmbar. Beispiele für einfache Funktionseinheiten sind:

1. Schmelzeinsätze (wie in Flüssigkeitskupplungen benutzt),
2. Fliehkraftregler,
3. thermostatische Ventile,
4. Überdruckventile,
5. Druck-, Temperatur-, Durchfluss-, Füllstandsüberwachungseinrichtungen ohne elektronische Komponenten, die unmittelbar eine Abschaltung generieren.

2.7 Funktionseinheit, komplex

(1) Bei diesen Funktionseinheiten wird die Sicherheitsfunktion der Ex-Einrichtung durch komplexe Technologien umgesetzt. Das Fehlerverhalten solcher Funktionseinheiten, wie z. B. einer parametrierbaren oder programmierbaren elektronischen Schaltung, kann nicht durch einfache Fehlerbetrachtungen untersucht werden.

(2) Komplexe Funktionseinheiten sind beispielsweise

1. Gaswarngeräte,
2. Temperatur-,
3. Durchfluss-,
4. Füllstandsmessungen,

die über eine elektronische Schaltung, eine programmierte Steuerung oder ein Prozessleitsystem eine vorgesehene Sicherheitsfunktion ausführen.

2.8 Funktionseinheit, abhängig

Funktionseinheiten in einer Sicherheitsfunktion sind als abhängig zu bewerten, wenn bei Ausfall einer Funktionseinheit die Sicherheitsfunktion insgesamt ausfällt (Reihenschaltung).

2.9 Funktionseinheit, unabhängig

Eine Funktionseinheit in einer Sicherheitsfunktion ist als unabhängig zu bewerten, wenn bei ihrem Ausfall die Sicherheitsfunktion erhalten bleibt (Parallelschaltung).

2.10 Hardwarefehleranz (HFT)

Die Hardwarefehleranz gibt an, mit wie vielen Fehlern die Ex-Einrichtung noch sicher betrieben werden kann.

2.11 MSR-Einrichtungen

MSR-Einrichtungen sind Einrichtungen der Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Im Sinne dieser TRGS gehören auch die Einrichtungen der Prozessleittechnik (PLT-Einrichtungen) zu den MSR-Einrichtungen.

2.12 Redundanz

Redundanz bedeutet, dass durch das mehrfache Vorhandensein von Funktionseinheiten, die für den störungsfreien Normalbetrieb nicht benötigt werden, die Verfügbarkeit erhöht wird.

2.13 Klassifizierungsstufe

Die Klassifizierungsstufe beschreibt den Grad der erforderlichen Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung oder Funktionseinheit.

2.14 Sicherheitsfunktion

Die Sicherheitsfunktion einer Ex-Einrichtung besteht darin, die in der Gefährdungsbeurteilung festgelegte Explosionsschutzmaßnahme nach TRGS 722, TRGS 723 oder TRGS 724 sicherzustellen oder aufrecht zu erhalten.

2.15 Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen

Die Verfügbarkeit beschreibt wie robust eine Explosionsschutzmaßnahme ist. In die Bewertung der Verfügbarkeit gehen sowohl zeitliche Aspekte als auch Redundanzen ein. Die Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme ist

1. ausreichend, wenn die Explosionsschutzmaßnahme während des Normalbetriebs zur Verfügung steht. Ausfälle können auftreten, dürfen aber nicht häufig vorkommen.
2. hoch, wenn mit dem Ausfall der Explosionsschutzmaßnahme während des Normalbetriebs und bei vorhersehbaren Störungen nicht zu rechnen ist. Ein Ausfall bei seltenen Störungen ist zulässig.

3. sehr hoch, wenn mit dem Ausfall der Explosionsschutzmaßnahme während des Normalbetriebs, bei vorhersehbaren Störungen und auch bei seltenen Störungen nicht zu rechnen ist.

Die Bewertung der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme nach TRGS 722, TRGS 723 oder TRGS 724 erfolgt qualitativ im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung.

2.16 Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung

Die Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung ist die Fähigkeit eine geforderte Sicherheitsfunktion unter vorgegebenen Bedingungen im Anforderungsfall auszuführen. Die Zuverlässigkeit im Sinne dieser TRGS kann qualitativ oder quantitativ bewertet werden (s.a. Abschnitt 3.3).

3 Ermittlung der Anforderungen an Ex-Einrichtungen

3.1 Grundsätze

(1) In der Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz nach § 6 GefStoffV werden unter Berücksichtigung von TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines“ und TRGS 721 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung“ Explosionsschutzmaßnahmen entsprechend den Anforderungen der GefStoffV unter Berücksichtigung TRGS 722, TRGS 723 und TRGS 724 festgelegt.

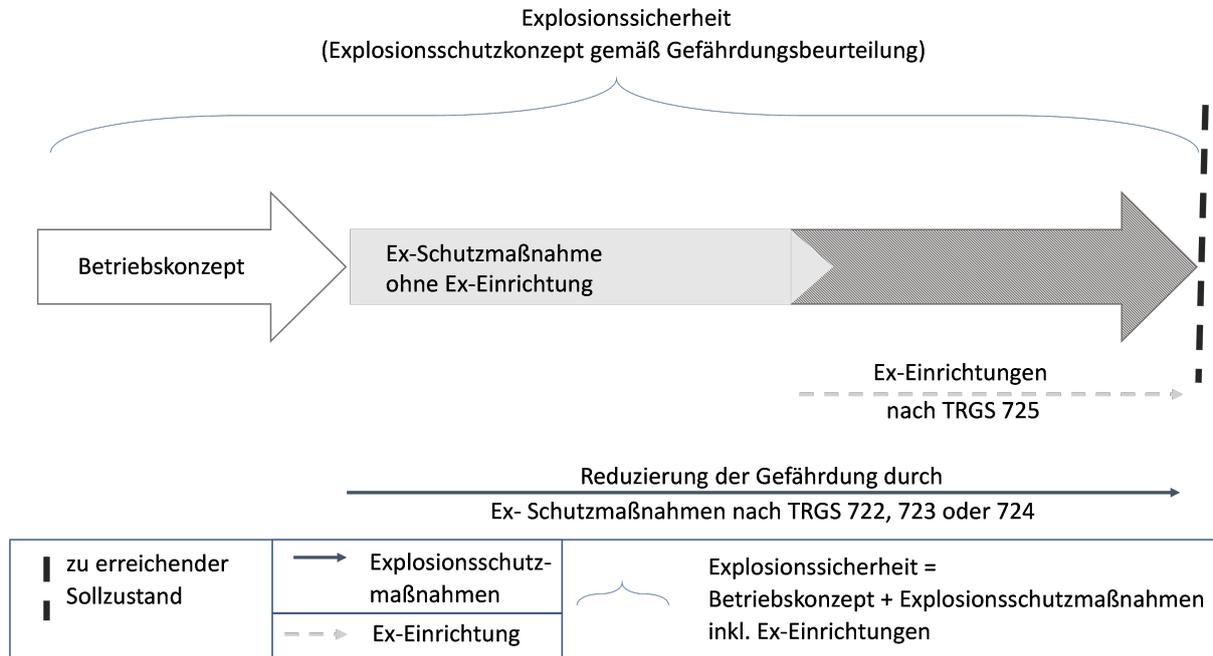


Abbildung 1: Explosionsschutzkonzept.

(2) Ausgehend von der TRGS 721 werden bei der Entwicklung des Explosionsschutzkonzeptes die Explosionsschutzmaßnahmen zur Vermeidung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Gemische, zur Vermeidung wirksamer Zündquellen und zur Auswirkungsbegrenzung festgelegt. Dabei kann von Teilen des Betriebskonzepts Gebrauch gemacht werden, soweit diese einen Beitrag zum Explosionsschutzkonzept beinhalten (weißer Pfeil in Abbildung 1).

Die für die Entwicklung des Explosionsschutzkonzeptes verwendeten Teile des Betriebskonzeptes müssen in der Gefährdungsbeurteilung nachvollziehbar dokumentiert werden.

(3) Die Bewertung, inwieweit im Rahmen des geplanten Explosionsschutzkonzepts zur Erreichung der Explosionssicherheit (Sollzustand) Ex-Einrichtungen erforderlich sind, ergibt sich durch den Vergleich der bereits getroffenen Explosionsschutzmaßnahmen (grauer Bereich: Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung in Abbildung 1) mit dem erforderlichen Sollzustand.

(4) Sind Ex-Einrichtungen (schraffierter Bereich) vorhanden, sind sie Teil des Explosionsschutzkonzeptes. Sie dienen dazu, Abweichungen vom Soll-Zustand zu erkennen und weitere Explosionsschutzmaßnahmen einzuleiten. Diese weiteren Explosionsschutzmaßnahmen können technisch oder organisatorisch sein, z. B. Erkennung des Ausfalls der Lüftung mit Ergreifen zusätzlicher Maßnahmen oder Erkennen heißer Oberflächen mit Ergreifen zusätzlicher Maßnahmen.

(5) Die im Explosionsschutzkonzept definierten Explosionsschutzmaßnahmen können eine oder mehrere Ex-Einrichtungen enthalten.

(6) Für die Festlegung der Anforderungen an die Ex-Einrichtung ist zunächst die Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme nach TRGS 722 bis TRGS 724 ((grauer Bereich in Abbildung 1), ohne Berücksichtigung der Ex-Einrichtungen) zu bewerten. Organisatorische Maßnahmen als Teil der Explosionsschutzmaßnahmen sind hinsichtlich ihres Beitrags und ihrer Eignung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten. Für technische Maßnahmen kann bei Verwendung bewährter Technik ohne weitere Festlegungen zunächst von einer ausreichenden Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme ausgegangen werden. Wird von einer hohen oder sehr hohen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme ausgegangen, ist dies in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

(7) Erreicht die Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung (grauer Pfeil in Abbildung 1) nicht die erforderliche Reduzierung der Explosionsgefährdung, z. B. weil der Ausfall der Explosionsschutzmaßnahme nicht rechtzeitig erkannt wird, kann eine zusätzliche Reduzierung durch Ex-Einrichtungen (schraffierter Pfeil in Abbildung 1) nach dieser TRGS erreicht werden.

(8) Die geforderte Reduzierung der Explosionsgefährdung kann auch ausschließlich mit Hilfe von Ex-Einrichtungen erreicht werden (Anteilgröße des schraffierten Pfeils in Abbildung 1).

(9) Der Beitrag zur Reduzierung der Explosionsgefährdung, den die Ex-Einrichtungen (schraffierter Pfeil in Abbildung 1) liefern, wird als Klassifizierungsstufe beschrieben (gestrichelter Strich in Abbildung 1) und ist in der Gefährdungsbeurteilung in geeigneter Form zu dokumentieren.

(10) Die Vorgehensweise wird, ausgehend von einer vorliegenden Gefährdungsbeurteilung, an Beispielen zur Zonenreduzierung in Anhang 1 erläutert.

3.2 Gefährdungsbeurteilung

(1) Aus der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 GefStoffV geht hervor, ob ein Betriebskonzept im Sinne dieser TRGS vorliegt und welche Explosionsschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen, um die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (Zoneneinteilung) und von wirksamen Zündquellen (Zündquellenvermeidung) auf ein angemessenes Maß zu reduzieren oder, soweit dies nicht allein ausreichend möglich ist, um die Auswirkungen von Explosionen auf ein unbedenkliches Maß zu verringern.

- (2) Explosionsschutzmaßnahmen nach TRGS 722 bis 724 können z.B. sein:
1. Zonenreduzierung (Auftrittswahrscheinlichkeit und räumliche Ausdehnung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre),
 2. Zündquellenvermeidung (z.B. bei atmosphärischen Bedingungen durch Installation von geeigneten Geräten gemäß der Richtlinie 2014/34/EU),
 3. Begrenzung der Explosionsauswirkungen auf ein unbedenkliches Maß (z.B. bei atmosphärischen Bedingungen durch Schutzsysteme gemäß der Richtlinie 2014/34/EU).
- (3) Maßnahmen gegen Explosionen sind als ausreichend sicher zu bewerten, wenn entweder das Explosionsereignis als sehr selten einzustufen ist oder wenn die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß reduziert sind.
- (4) Das Explosionsschutzkonzept wird entsprechend TRGS 722, TRGS 723 und TRGS 724 entwickelt. Die einzelnen Explosionsschutzmaßnahmen werden hinsichtlich ihrer erforderlichen Verfügbarkeit bewertet. Eine geeignete Ausführung der technischen Maßnahmen zum Explosionsschutz wird vorausgesetzt. Ergibt die Bewertung, dass zur Erreichung der benötigten Verfügbarkeit der Ex-Schutzmaßnahme zusätzliche Ex-Einrichtungen erforderlich sind, z.B. um den Ausfall der Explosionsschutzmaßnahme zu identifizieren, wird der erforderliche Beitrag der Ex-Einrichtung ermittelt (s.a. Abbildung 2).
- (5) Soweit erforderlich, hat der Arbeitgeber die Ex-Einrichtung (räumlich und funktional) darzustellen sowie deren Beitrag zur Reduzierung der Explosionsgefährdung qualitativ zu beschreiben.
- (6) Werden Ex-Einrichtungen benötigt, sind die Anforderungen an die Klassifizierungsstufen in der Gefährdungsbeurteilung festzulegen.
- (7) Die in Tabelle 1 dargestellten Anforderungen an die Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen sind nur anwendbar, wenn das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären und das Wirksamwerden von Zündquellen voneinander unabhängig sind.
- (8) Die Fälle, in denen keine Unabhängigkeit zwischen dem Auftreten der gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und der Zündquelle gegeben ist, erfordern eine gesonderte Betrachtung in der Gefährdungsbeurteilung.
- (9) Das Explosionsschutzkonzept kann aus Maßnahmen zur Zonenreduzierung, zur Zündquellenvermeidung, zur Begrenzung der Explosionsauswirkungen oder aus Kombinationen bestehen. Durch unabhängige, redundante Ausführung kann die Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme erhöht werden.

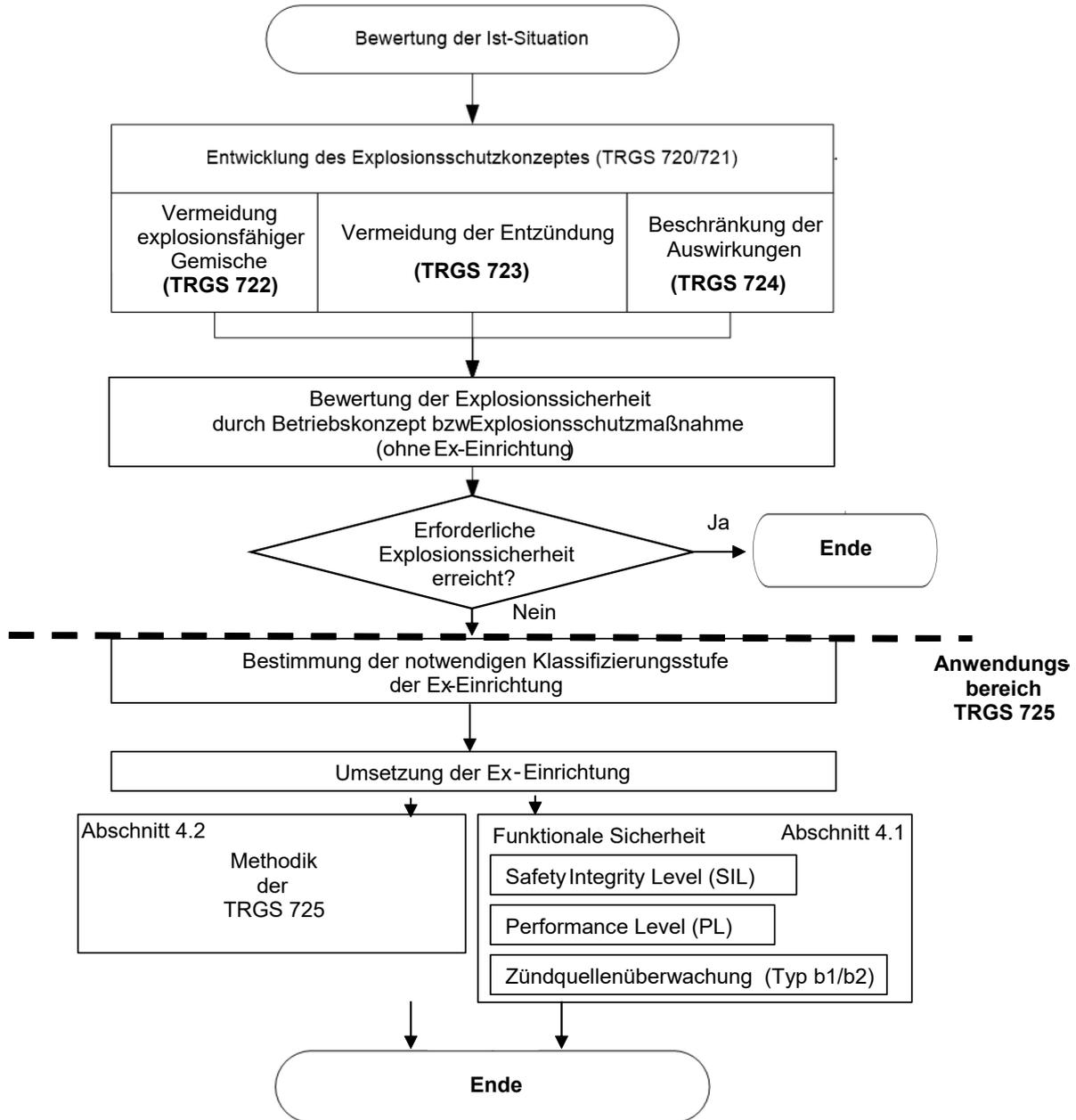
Tabelle 1: Erforderliche Verfügbarkeit von Explosionsschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und einer wirksamen Zündquelle

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	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	hoch	ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich

(10) Die erforderliche Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme ist abhängig von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer wirksamen Zündquelle (siehe Tabelle 1). Dabei ist entsprechend TRGS 721 ein hohes Schadensausmaß zugrunde gelegt. Hinsichtlich der Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Ex-Einrichtungen zur Reduzierung der Auswirkungen einer Explosion siehe Abschnitt 3.6.

(11) Ergibt die Bewertung der Explosionsschutzmaßnahme, dass die erforderliche Verfügbarkeit ohne Ex-Einrichtung nicht erreicht wird, kann durch Einsatz von geeigneten Ex-Einrichtungen die erforderliche Explosionssicherheit erreicht werden. Der erforderliche Beitrag der Ex-Einrichtungen (der erforderliche Grad der Zuverlässigkeit) kann Abbildung 3 bis Abbildung 8 entnommen werden.

Abbildung 2: Vorgehensweise der Gefährdungsbeurteilung im Anwendungsbereich der TRGS 725.



(12) Zur Einteilung von explosionsgefährdeten Bereichen in Zonen siehe Anhang I Nummer 1.6 Absatz 3 GefStoffV und TRGS 720. Bei explosionsfähigen Gemischen unter nicht atmosphärischen Bedingungen kann diese Betrachtung analog angewendet werden.

3.3 Bewertung der Ex-Einrichtung

(1) Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit einer Ex-Einrichtung werden für diese TRGS im Folgenden definiert. Die Kontrolle der sicheren Funktion ist hinsichtlich Umfang und Fristen in der Gefährdungsbeurteilung festzulegen, um Ausfälle der Sicherheitsfunktion zu erkennen. In der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, ob bei Ausfall Folgemaßnahmen erforderlich sind. Die Zuverlässigkeit ist

1. ausreichend, wenn die Ex-Einrichtung normalerweise zur Verfügung steht. Ausfälle können auftreten, dürfen aber nicht häufig vorkommen. Dies ist zum Beispiel durch den Einsatz bewährter Technik gewährleistet,
2. hoch, wenn die Ex-Einrichtung während des Normalbetriebs zur Verfügung steht und bei einem vorhersehbaren Fehler ein Ausfall der von der Ex-Einrichtung ausgeführten Sicherheitsfunktion nicht unterstellt werden muss. Unterbrechungen sind zulässig, sofern sie nicht häufig vorkommen. Dies ist z.B. der Fall bei Bruch einer Feder/Membran am Druckminderer,
3. sehr hoch, wenn die Ex-Einrichtung ständig verfügbar ist, dies ist z.B. dann der Fall, wenn weder ein seltener noch ein vorhersehbarer Fehler zu einem Ausfall der von der Ex-Einrichtung ausgeführten Sicherheitsfunktion führt. Ein Fehler gilt als selten, wenn z. B. zwei voneinander unabhängige vorhersehbare Fehler, die nur in Kombination miteinander die Funktion beeinträchtigen, gemeinsam auftreten. Die Zuverlässigkeit ist in diesem Fall dauerhaft sichergestellt. Ein Ausfall ist nach Maßgabe der technischen Vernunft nicht zu erwarten.

(2) Die Zuverlässigkeit von Ex-Einrichtungen kann durch Klassifizierungsstufen ausgedrückt werden. Die folgende Tabelle 2 beschreibt den Zusammenhang zwischen der Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung und den erreichbaren Klassifizierungsstufen qualitativ.

Tabelle 2: Erzielbare Klassifizierungsstufen für Ex-Einrichtungen (Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung)

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

3.4 Ermittlung der erreichbaren Zonenreduzierung durch Ex-Einrichtungen

(1) Die erforderliche Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtungen zur Erreichung der Zielzone kann in Abhängigkeit von Ausgangssituation und Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme (ohne Ex-Einrichtung) Abbildung 3 bis Abbildung 5 entnommen 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			

Abbildung 3: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe in Abhängigkeit von der Ausgangssituation („Zone 0/20“) und der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung

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

Abbildung 4: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe in Abhängigkeit von der Ausgangssituation („Zone 1/21“) und der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung

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

Abbildung 5: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe in Abhängigkeit von der Ausgangssituation („Zone 2/22“) und der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung

3.5 Ermittlung der erreichbaren Zündquellenvermeidung durch Ex-Einrichtungen

(1) Die erforderliche Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtungen zur Erreichung der geforderten Zündquellenvermeidung kann in Abhängigkeit von der vorliegenden Zone, der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme (ohne Ex-Einrichtung) und dem Auftreten von Zündquellen den Abbildungen Abbildung 6 bis Abbildung 8 entnommen werden.

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosionsschutzmaßnahme		resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle	
	Ex-Einrichtung			
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig)	Sehr hoch		keine Zündquelle im seltenen Fehlerfall	
	hoch	+ K1		
	ausreichend+			K2
				K3
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall*	hoch			
	ausreichend+	K1		
				K2
Zündquelle im seltenen Fehlerfall**	ausreichend			
				K1

* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen

** im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen

Abbildung 6: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtung zur Zündquellenüberwachung in Abhängigkeit der vorliegenden Zündquelle für Zone 0/20

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

* im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen

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

Abbildung 7: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtung zur Zündquellenüberwachung in Abhängigkeit der vorliegenden Zündquelle für Zone 1/21

Ausgangssituation unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes	Explosions- schutz- maßnahme	resultierendes Auftreten einer wirksamen Zündquelle
	Ex-Ein- richtung	
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig)	ausreichend	keine Zündquelle im Normalbetrieb *
	K1	

* Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei vorhersehbaren Betriebsstörungen nicht ausgeschlossen

Abbildung 8: Bestimmung der erforderlichen Klassifizierungsstufe der Ex-Einrichtung zur Zündquellenüberwachung in Abhängigkeit der vorliegenden Zündquelle für Zone 2/22

- (2) Wird für den Einsatz von Geräten nach Richtlinie 2014/34/EU vom Hersteller in der Betriebsanleitung die Einhaltung bestimmter Prozessbedingungen gefordert, kann die Bewertung in Abhängigkeit vom Explosionsschutzkonzept mit der Systematik dieser TRGS durch den Betreiber erfolgen, sofern Ex-Einrichtungen erforderlich sind.
- (3) Sofern Geräte nach RL 2014/34/EU nicht verfügbar sind, nicht der geforderten Kategorie entsprechen oder nicht entsprechend eingesetzt werden können, ist bei der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, welche Verfügbarkeit erforderliche Explosionsschutzmaßnahmen (ohne Ex-Einrichtungen) besitzen müssen oder welche Ex-Einrichtungen zusätzlich benötigt werden, um die erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen zu erreichen.

3.6 Ex-Einrichtungen zur Reduzierung der Auswirkungen einer Explosion

- (1) Explosionsschutzmaßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen einer Explosion können z. B. Schutzsysteme im Sinne der TRGS 724 sein. Damit diese Explosionsschutzmaßnahmen ausreichend verfügbar sind, können Ex-Einrichtungen erforderlich sein.
- (2) Basis für diese Betrachtung ist, dass das Explosionsschutzkonzept für eine Anlage nicht nur auf konstruktiven (siehe TRGS 724) Explosionsschutzmaßnahmen beruht, sondern immer zusätzlich technische oder organisatorische Explosionsschutzmaßnahmen des vorbeugenden Explosionsschutzes (siehe TRGS 722 oder TRGS 723) zur Reduzierung der Gefährdung ergriffen werden, die bereits einen wesentlichen Beitrag zur Risikominderung darstellen.
- (3) Autonome Schutzsysteme, die nach Richtlinie 2014/34/EU auf dem Markt bereitgestellt werden, wurden im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens durch den Hersteller bewertet. Diese Bewertung umfasst auch MSR-Einrichtungen, die für die sichere Funktion erforderlich sind. Dies können z.B. Detektoren von Explosionsunterdrückungsanlagen oder Löschmittelsperren sein. Daher ist eine Bewertung nach TRGS 725 nicht erforderlich.
- (4) Autonome Schutzsysteme können jedoch auch Signale an andere Steuerungssysteme weitergeben, die zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen auslösen. Die Klassifizierungsstufe dieser Ex-Einrichtung wird bestimmt durch den Beitrag, den diese Maßnahmen im Explosionsschutzkonzept liefern, um die Explosionssicherheit zu erreichen.

(5) Wenn die Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtungen nicht ausreichend ist, muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden, welche Zuverlässigkeit die erforderliche Ex-Einrichtung aufweisen muss.

(6) Beispiele für derartige Explosionsschutzkonzepte können sein:

1. Statische Flammendurchschlagsicherungen, die mit zusätzlichen Detektoren ausgestattet sind.

Beispiel: Temperaturüberwachungen bei kurzbrandsicheren Einrichtungen

Bei Ansprechen werden die Abgasströme umgeleitet, um innerhalb der vom Hersteller beschriebenen Zeit den Brennstoffnachschub und damit das Anstehen der Flamme an der Flammendurchschlagsicherung zu stoppen. Die Funktion der Flammendurchschlagsicherung hängt von der Einhaltung dieser Randbedingung ab. Die erforderliche Anzahl der Schutzsysteme wurde auf Grundlage der TRGS 724 festgelegt. Die erforderlichen Flammendurchschlagsicherungen werden im Rahmen des Explosionsschutzkonzeptes jeweils mit einer Temperaturüberwachung in Klassifizierungsstufe K1 ausgeführt.

2. Strömungsüberwachte, rückzündsichere Einrichtungen sind in der Regel keine autonomen Schutzsysteme, die nach RL 2014/34/EU in Verkehr gebracht wurden. In dem vorliegenden Fall stellt diese Rückzündsicherung eine Barriere im Sinne der TRGS 724 dar. Daher ist die Strömungsüberwachung hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeitsanforderung in Klassifizierungsstufe K1 auszuführen.
3. Zellenradschleusen werden als autonome Schutzsysteme nach RL 2014/34/EU in Verkehr gebracht und sind für den zu erwartenden Explosionsdruck explosionsfest und zünddurchschlagsicher ausgeführt. Da jedoch nach einer Explosion brennendes Material in nachgelagerte Prozessschritte gefördert werden kann, muss die Zellenradschleuse im Explosionsfall gestoppt werden. Erfolgt das Erkennen der Explosion und das Stoppen der Zellenradschleuse über einen Detektor, so ist die Ausführung in Klassifizierungsstufe K1 in der Regel ausreichend.
4. In einem Prozess werden zwei zünddurchschlagsichere Schieber als Taktschleuse genutzt. Dabei sind die Schieber wechselweise geschlossen und gewährleisten damit eine sichere Entkopplung. In dem vorliegenden Fall ist die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Explosion unter Berücksichtigung der vorliegenden Explosionsschutzmaßnahmen selten, so dass eine Ausführung der Verriegelung in Klassifizierungsstufe 1 ausreichend ist. Kann es gelegentlich zu einer Explosion kommen, wäre die Ausführung in Klassifizierungsstufe K2 erforderlich.
5. In einem Prozess wird die explosionstechnische Entkopplung durch Produktüberdeckung realisiert. Für erforderliche Ex-Einrichtungen zur Gewährleistung der Produktüberdeckung gelten die gleichen Überlegungen wie bei der Taktschleuse.

4 Technische Ausführung der Ex-Einrichtung

(1) Die anhand der erforderlichen Klassifizierungsstufen festgelegte Zuverlässigkeit kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden. Bei der Bewertung der Klassifizierungsstufe einer Ex-Einrichtung ist immer die gesamte Kette (Sensor / Signalverarbeitung / Aktor) zu betrachten.

(2) Werden Methoden der funktionalen Sicherheit eingesetzt, sind die in Abschnitt 4.1 dargestellten Anforderungen entsprechend der angegebenen technischen Standards der funktionalen Sicherheit umzusetzen. Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Ex-Einrichtungen werden durch diese Umsetzung erfüllt.

(3) Die Umsetzung kann alternativ auch nach der in Abschnitt 4.2 beschriebenen Vorgehensweise dieser TRGS erfolgen.

4.1 Technische Ausführung der Ex-Einrichtung mit Methoden der funktionalen Sicherheit

(1) Erfolgt die Bewertungen der Ex-Einrichtung nach den Methoden der funktionalen Sicherheit, z.B. entsprechend der DIN EN 61511-1:2019, der DIN EN 62061 (VDE 0113-50):2016, der DIN EN ISO 13849-1:2016 oder der DIN EN ISO 80079-37:2016, können den Ex-Einrichtungen entsprechend Tabelle 3 die folgenden Klassifizierungsstufen zugeordnet werden:

Tabelle 3: Anforderungen an die funktionale Sicherheit in Abhängigkeit von der Klassifizierungsstufe.

Zugrunde liegende Norm	Anforderung für Klassifizierungsstufe		
	K3	K2	K1
DIN EN 61511	SIL ¹ 3	SIL ¹ 2	PLT-Betriebs-einrichtung als Schutzebene oder SIL ¹ 1
DIN EN 62061	SIL ¹ 3	SIL ¹ 2	SIL ¹ 1
DIN ISO 13849-1	PL ² e	PL ² d	PL ² c, b ³
DIN ISO 80079-37 ⁴	-	b2	b1
VDI/VDE 2180	SIL ¹ 3	SIL ¹ 2	PLT BS ⁵ oder SIL ¹ 1

¹ SIL, Safety Integrity Level

² PL, Performance Level

Der Performance Level beschreibt die Anforderungen an die funktionale Sicherheit der sicherheitstechnischen Funktionen, w obei der Performance Level e den höchsten Grad der Sicherheitsintegrität, der Performance Level b den niedrigsten darstellt.

³ nach DIN EN ISO 13849-1: Kategorie B oder 1, MTTF mittel

⁴ Zündquellenüberwachung

⁵ Betriebseinrichtung mit Sicherheitsfunktion

(2) Für Ex-Einrichtungen, die nach den Methoden der funktionalen Sicherheit ausgeführt werden, sind die Vorgaben der funktionalen Sicherheit der einschlägigen Normen (vgl. Literaturverzeichnis TRBS 1115) für die jeweilige Ex-Einrichtung einzuhalten. Kommen unterschiedliche Normen bei der Auslegung in einer Ex-Einrichtung zur Anwendung, ist die Zusammenschaltung der Funktionseinheiten im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten.

(3) Innerhalb einer Ex-Anlage können auch unterschiedlichen Methoden der funktionalen Sicherheit zur Umsetzung unterschiedlicher Ex-Einrichtungen verwendet werden.

(4) Ex-Einrichtungen sind vor erstmaliger Inbetriebnahme sowie vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen im Rahmen der Prüfung der Explosionssicherheit und wiederkehrend nach Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV zu prüfen. Nähere Information hierzu siehe auch TRBS 1115.

4.2 Technische Ausführungen von Ex-Einrichtungen, die im Sinne dieser TRGS bewertet werden

4.2.1 Allgemeines

- (1) Eine Ex-Einrichtung setzt sich aus einer oder mehreren Funktionseinheiten zusammen, die in der Gesamtheit die festgelegte Klassifizierungsstufe erfüllen müssen. Funktionseinheiten können einfach oder komplex sein.
- (2) In Abhängigkeit der nach Abschnitt 3 ermittelten Zuverlässigkeit werden an die technische Ausführung der Ex-Einrichtung unterschiedliche Anforderungen gestellt (s. Tabelle 4). Als hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit geeignet können auch Funktionseinheiten angesehen werden, für die der Hersteller der Funktionseinheit eine entsprechende SIL capability nach DIN EN 61508 bzw. ein SIL claim limit nach DIN EN 62061 oder einen Performance Level (PL) nach DIN EN ISO 13849-1 bescheinigt hat. Die Anforderungen an die Ex-Einrichtung nach Tabelle 4 bleiben hiervon unberührt.
- (3) Die Zuverlässigkeit der Funktionseinheiten ist durch geeignete Maßnahmen zur Fehlervermeidung oder Fehlerbeherrschung sicherzustellen. Dabei sind die Betriebsbedingungen und vorgesehenen Wartungen oder Kontrollen zu beachten. Dies wird durch die Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen nach Anhang 2 erreicht.
- (4) Die Anforderungen an die Umsetzung von Klassifizierungsstufen sind in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4: Anforderungen an die Ex-Einrichtung bzw. Funktionseinheit.

Klassifizierungsstufe	K3	K2	K1
erforderliche Fehlersicherheit Hardwarefehler toleranz (HFT)	Zweifehlersicherheit (HFT = 2; 1oo3) ¹	Einfehlersicherheit (HFT = 1; 1oo2 oder 2oo3) ¹	Im Normalbetrieb sicher (HFT = 0; 1oo1)

¹ Bei Nachweis der Betriebsbewährtheit/Betriebsbewährte Technik (siehe Anhang 3) kann hier die HFT um eine Stufe reduziert werden (HFT = 1; 1oo2 oder 2oo3 statt HFT = 2 bzw. HFT = 0; 1oo1 statt HFT = 1).

4.2.2 Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen mit einer Klassifizierungsstufe K1

- (1) Bei Verwendung einfacher Funktionseinheiten kann von einer ausreichenden Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung ausgegangen werden, wenn
1. bewährte und zuverlässige Installationstechnik verwendet wird,
 2. Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau von Bauteilen unter Berücksichtigung der Anwendungshinweise der Hersteller erfolgt und
 3. Erfahrungen mit gleichen oder ähnlichen Bauteilen vorliegen.
- (2) Beim Einsatz komplexer Funktionseinheiten kann von einer ausreichenden Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung ausgegangen werden, wenn die nachfolgenden Anforderungen eingehalten sind:
1. Erfüllung einschlägiger MSR-Industriestandards für den Zusammenbau der Bauteile,
 2. Eignung für den Einsatzfall (z.B. umgebungs- und stoffbedingte Einflussgrößen, applicative Eignung, branchenbewährte Technik),

3. Positive Erfahrung im Betriebseinsatz, z.B. durch Verwendung bewährter Technik oder durch Einsatz betriebsbewährter Geräte,
4. Wartung und Inspektion im Rahmen eines Prüfkonzepes durch Fachpersonal im Sinne von § 10 Absatz 2 BetrSichV und
5. Verfolgung von Fehlern und Störungen der Ex-Einrichtung und soweit erforderlich Ableitung von Korrekturmaßnahmen.

Ein quantitativer Nachweis der Zuverlässigkeit (z. B. rechnerischer Nachweis) solcher Installationen ist nicht erforderlich. Eine einkanalige Ausführung ist ausreichend.

(3) Sofern Prozessleitsysteme (PLS) oder speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) Teil einer Ex-Einrichtungen sind, müssen mindestens nachfolgende Aspekte berücksichtigt werden:

1. Es sind PLS/SPS und Feldgeräte einzusetzen, die die für betriebliche Aufgaben der Prozessindustrie erforderliche Eignung besitzen.
2. Beim PLS/SPS werden zentrale Risiken und PLT-Stellen-spezifische Risiken betrachtet.
3. Zentrale Risiken betreffen das gesamte PLS/SPS oder wesentliche Teile davon. Die möglichen Auswirkungen dieser Risiken können mehrere PLT-Stellen gleichzeitig betreffen. Zu diesen Risiken gehören beispielsweise:
 - a) Ausfall zentraler Hardwarekomponenten (Prozessoren, Kommunikationsschnittstellen),
 - b) Spannungsausfall,
 - c) Programmierfehler,
 - d) Cyberbedrohung.

(4) Für PLS/SPS sind die zentralen Risiken zu betrachten und, soweit erforderlich, durch Festlegung von technischen und organisatorischen Maßnahmen zu minimieren. Für eine ausreichende Zuverlässigkeit ist es hinreichend, wenn insbesondere folgende Randbedingungen gegeben sind:

1. Betreuung und Überwachung des PLS/SPS durch gemäß BetrSichV (vgl. auch TRBS 1115 3.3.1 Absatz 1 Satz 2) fachkundige und durch den Arbeitgeber für die Aufgabe beauftragte Personen,
2. Zugriffsschutz, d.h. Änderungsmöglichkeit nur für durch den Arbeitgeber für die Aufgabe beauftragte Personen,
3. Maßnahmen der Informationssicherheit für das PLS liegen vor,
4. Management zur Durchführung und Prüfung von Änderungen (Management of Change) liegt vor,
5. Ständige betriebliche Verwendung des PLS, wodurch die Beobachtung des PLS gewährleistet ist,
6. Geräte gehen bei Energieausfall in einen vordefiniert sicheren Zustand.

(5) PLT-Stellen-spezifische Risiken betreffen Hardware- bzw. Softwarefehler einzelner PLT-Stellen. Das Auftreten von Hardwarefehlern wird auf Grund der Verwendung von im Betrieb eingesetzter Komponenten und der vorliegenden Betriebserfahrung als ausreichend selten

eingestuft. Fehler bei der Herstellung oder Änderung der Anwendersoftware werden ausreichend vermieden, wenn insbesondere folgende Randbedingungen gegeben sind:

1. dokumentierte Spezifikation der Ex-Einrichtungen im Sinne des Explosionsschutzes, z.B. im Explosionsschutzdokument oder einer Verriegelungsmatrix,
2. dokumentierte Prüfungen vor Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen oder Kontrollen von MSR-Einrichtungen im Sinne des Explosionsschutzes,
3. festgelegte Vorgehensweise zur Autorisierung und Durchführung von Änderungen und Erstellung der Software ("Management of Change") mit Aktualisierung der Dokumentation und Durchführung geeigneter Tests. (z.B. innerhalb des Anlagenänderungsprozesses).

(6) Anwendungsbeispiel zur Realisierung der Klassifizierungsstufe K1:

1. Der Aufbau der Ex-Einrichtung aus mehreren Funktionseinheiten muss einfach und nachvollziehbar sein. Die unter Abschnitt 4.2.2 Absatz 1 und 2 aufgeführten Anforderungen sind durch den Arbeitgeber bei der Auswahl zu gewährleisten.
2. Die Funktionseinheiten Sensor, Signalverarbeitung und Aktor haben die in den Blöcken eingetragene Klassifizierungsstufe (s. Abbildung 9) und sind funktional voneinander abhängig (jedes Element ist notwendig, damit die Sicherheitsfunktion ausgeführt wird). Die Ex-Einrichtung hat eine Klassifizierungsstufe von K1.

Eine Ex-Einrichtung (K1)



Abbildung 9: Ex-Einrichtung in der Klassifizierungsstufe K1; Reihenschaltung der Funktionseinheiten Sensor (K2), Verarbeitung (K1) und Aktor (K1).

4.2.3 Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen zur Erfüllung der Klassifizierungsstufen K2 oder K3

- (1) Für einfache Funktionseinheiten in Ex-Einrichtungen mit erhöhter Zuverlässigkeit (hoch oder dauerhaft sichergestellt) gelten die Anforderung von Abschnitt 4.2.2 analog.

Beispiel: Ex-Einrichtung der Klassifizierungsstufe K2 mit betriebsbewährten Komponenten

Eine Ex-Einrichtung (K2)



Abbildung 10: Ex-Einrichtung in der Klassifizierungsstufe K2 - Reihenschaltung der Funktionseinheiten Sensor (K2), Verarbeitung (K2) und Aktor (K2).

Wenn die Ex-Einrichtung der Abbildung 10: **Ex-Einrichtung in der Klassifizierungsstufe K2 - Reihenschaltung der Funktionseinheiten Sensor (K2), Verarbeitung (K2) und Aktor (K2)**. die Klassifizierungsstufe K2 erfüllen soll, müssen die Funktionseinheiten *Sensor, Verarbeitung und Aktor* jedes für sich die Klassifizierungsstufe K2

erfüllen. Dies ist möglich durch Verwendung von Funktionseinheiten, deren Zuverlässigkeit mindestens als „hoch“ festgelegt wurde.

(2) Komplexe Funktionseinheiten der Klassifizierungsstufen K2 und K3 können nur verwendet werden, wenn diese durch den Hersteller oder durch den Arbeitgeber hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit bewertet sind. Informationen zur Bewertung der Signalverarbeitung können Anhang 2 entnommen werden, Hinweise zur Betriebsbewährung von Sensoren und Aktoren finden sich in Anhang 3.

(3) Wird bei komplexen Ex-Einrichtungen die geforderte Zuverlässigkeit durch die Ex-Einrichtung in Gänze oder in Teilen nicht unmittelbar erreicht, kann die Zuverlässigkeit durch zusätzliche Ex-Einrichtungen, wie beispielsweise vollständige oder teilweise Redundanz, erhöht werden (s. Abbildung 11).

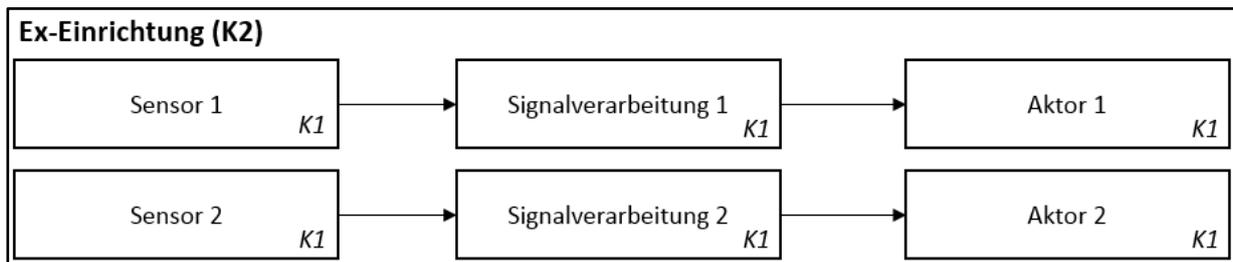


Abbildung 11: Zwei Ex-Einrichtungen der Klassifizierungsstufe K1 (unabhängige Redundanz) und einer resultierenden Klassifizierungsstufe 2.

(4) Erfüllen nicht alle Funktionseinheiten die Klassifizierungsstufe K2, kann durch Redundanz dieser Funktionseinheiten die Zuverlässigkeit verbessert werden. Indem zu den Elementen „Verarbeitung“ und „Aktor“ jeweils ein redundantes funktionsidentisches Element geschaltet wird oder indem zu den Elementen „Verarbeitung“ und „Aktor“ ein gemeinsames Element parallelgeschaltet wird, welches die Funktion der Elemente Verarbeitung und Aktor übernimmt. Letzterer Fall ist in der Abbildung 12 dargestellt und kann wie in Abbildung 13 und Abbildung 14 zusammengefasst werden. Die Zusammenfassungen von Funktionseinheiten verdeutlichen die Anwendung der Tabelle 5 (die Ex-Einrichtung erfüllt die Klassifizierungsstufe K2).

Eine Ex-Einrichtung (K2)

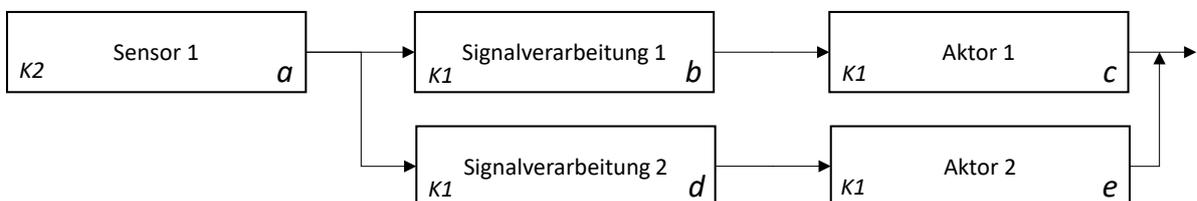


Abbildung 12: Ex-Einrichtung der Klassifizierungsstufe K2 - Reihenschaltung der Funktionseinheit Sensor (a: K2) mit Parallelschaltung von Funktionseinheiten Verarbeitung (b/d: K1) und Aktor (c/e: K1) in einer aktiven Redundanz.

Eine Ex-Einrichtung (K2)

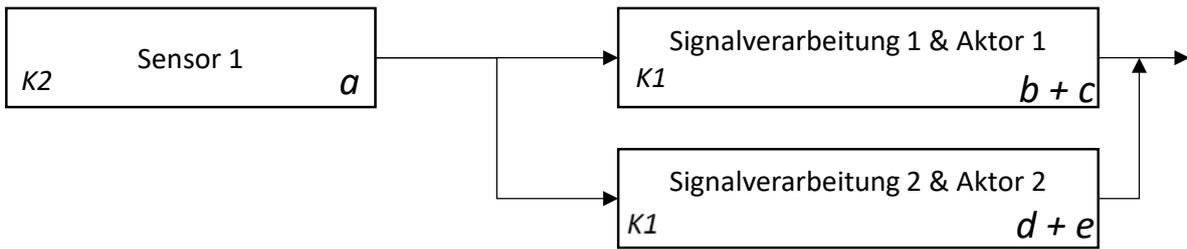


Abbildung 13: Ex-Einrichtung der Abbildung 12 mit der Zusammenfassung der Funktionseinheiten Verarbeitung (K1) und Aktor (K1) zu einer gemeinsamen Funktionseinheit (Verarbeitung + Aktor: $b+c$ bzw. $d+e$).

Eine Ex-Einrichtung (K2)



Abbildung 14: Ex-Einrichtung der Abbildung 13 mit der Zusammenfassung der Funktionseinheiten (Verarbeitung + Aktor: b/c und d/e) nach Tabelle 5 zu einer gemeinsamen Funktionseinheit $(b+c)/(d+e)$ mit der Klassifizierungsstufe K2.

Beispiele für derartige Fälle finden sich in **Abbildung 15** und **Abbildung 16**.

Ex-Einrichtung (K2)

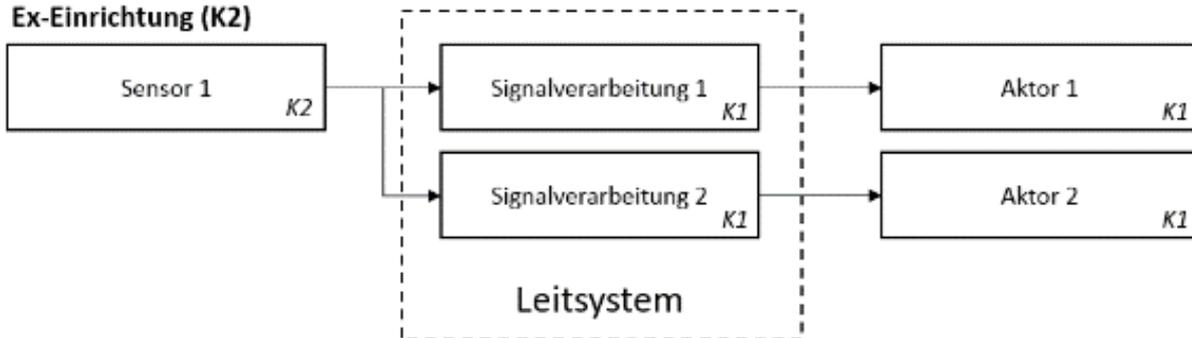


Abbildung 15: Ex-Einrichtung mit Klassifizierungsstufe K2 (bei Realisierung in einem gemeinsamen Prozessleitsystem unter Berücksichtigung von Abschnitt 4.2.3 Absatz 6).

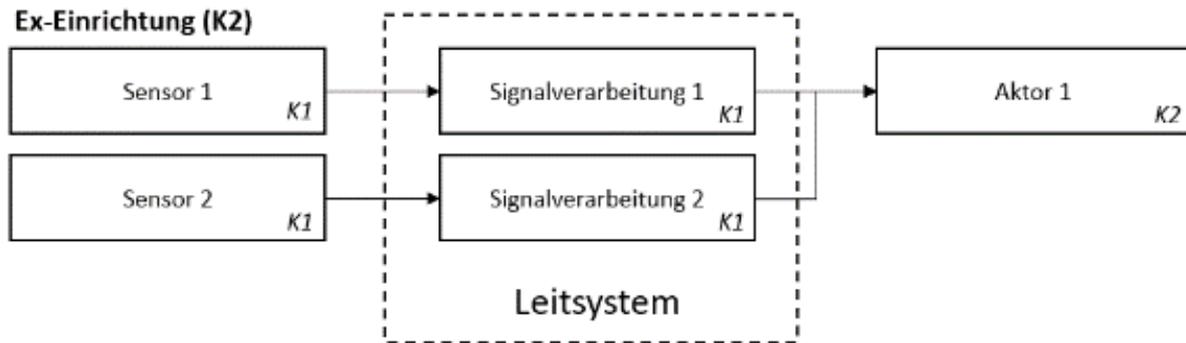


Abbildung 16: Ex-Einrichtung mit Klassifizierungsstufe K2 (bei Realisierung in einem gemeinsam Prozessleitsystem unter Berücksichtigung von Abschnitt 4.2.3 Absatz 6).

(5) Erfolgt die Umsetzung von zwei oder drei Klassifizierungsstufen durch redundante Ex-Einrichtungen, müssen diese grundsätzlich unabhängig sein. Abweichungen hiervon sind nur dann zulässig, wenn dies in der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Absatz 9 GefStoffV (Explosionsschutzdokument) begründet wird.

Tabelle 5: Resultierende Klassifizierungsstufe bei redundanten Ex-Einrichtungen.

Klassifizierungsstufe einer Ex-Einrichtung	Klassifizierungsstufe der zweiten Ex-Einrichtung	Resultierende Klassifizierungsstufe
K1 ¹	K1 ¹	K2 ²
K2	K1 ¹	K3 ^{3,4}

- ¹ Eine Ausführung in bewährter Technik nach Anhang 2 ist ausreichend.
- ² Mit zwei Ex-Einrichtungen kann unter Verwendung eines gemeinsamen Prozessleitsystems (PLS) die Klassifizierungsstufe K2 erreicht werden, wenn die unter 4.2.3 Absatz 6 beschriebenen Anforderungen erfüllt sind.
- ³ Klassifizierungsstufe K3 ist durch Bildung einer Kombination von einer Ex-Einrichtung mit maximal einer weiteren Ex-Einrichtung in Ausführung in bewährter Technik nach Anhang 2 zulässig.
- ⁴ Klassifizierungsstufe K3 ist allein durch eine Kombination von Maßnahmen im Prozessleitsystem (PLS) nicht möglich.

(6) Bei der Umsetzung einer Ex-Einrichtung mit der Klassifizierungsstufe K2 in einem Prozessleitsystem (PLS) muss das Leitsystem nicht redundant ausgeführt sein (s.a. Abbildung 17 bis 17), wenn die Gefährdungsbeurteilung nach Abschnitt 3.2 unter Verwendung der TRGS 720 bis TRGS 724 ergeben hat, dass

1. die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls gemeinsamer Komponenten als ausreichend selten eingestuft wurde,

2. eine Explosion nicht unmittelbar durch einen undefinierten Zustand des PLS ausgelöst werden kann (das bedeutet, dass das Fehlverhalten des PLS eine Explosion nicht kausal nach sich zieht),
 3. der sichere Zustand bei zentralem Ausfall des PLS in ausreichend kurzer Zeit durch technische oder organisatorische Eingriffe wiederherzustellen ist und
 4. betriebsmäßige Zündquellen (Zündquellen im Normalbetrieb) nach dem Stand der Technik ausgeschlossen sind.
- (7) Zusätzlich zu den Anforderungen nach Anhang 2 Absatz 7 muss für das PLS hierzu in der Gefährdungsbeurteilung festgestellt worden sein, dass
1. ein zentraler Ausfall des PLS entsprechend 4.2.2. Absatz 4 bewertet und die dort beschriebenen Maßnahmen zur Entdeckung umzusetzen sind,
 2. der Ausfall gemeinsam genutzter Komponenten des PLS erkannt wird und Korrekturmaßnahmen ergriffen werden und
 3. ein unbeabsichtigtes Ändern der Ex-Einrichtungen nach dem Stand der Technik verhindert wird.

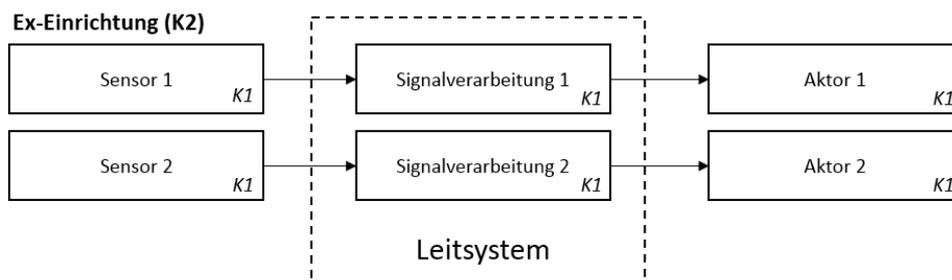
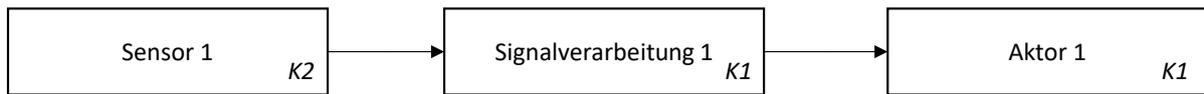


Abbildung 17: Ex-Einrichtung der Klassifizierungsstufe K2 bei Realisierung als redundante Einrichtungen in einem gemeinsamen Prozessleitsystem.

4.2.4 Technische Ausführung von Ex-Einrichtungen, die in Teilen abhängig sind

- (1) Eine abhängige Ex-Einrichtung nutzt Elemente der redundanten Ex-Einrichtung (z. B. Mehrfachbenutzung von Sensor 1 in Abbildung 15).
- (2) Im Falle der abhängigen Funktionseinheiten sind höhere Anforderungen an die Zuverlässigkeit der abhängigen Funktionseinheiten (in Abbildung 18: an den Sensor 1) oder an die Prüffrist zu stellen. Abhängige Funktionseinheiten müssen in eine Zuverlässigkeitsstufe höher ausgeführt sein, als dies bei unabhängigen Funktionseinheiten erforderlich wäre (s. Tabelle 4). Alternativ ist die Prüffrist so zu wählen, dass der Ausfall der Ex-Einrichtung so rechtzeitig erkannt wird, dass Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheit getroffen werden können. Die Anforderungen an eine veränderte Prüffrist ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Anforderungen für erhöhte Anforderungen an Leitsysteme sind in 4.2.3 Absatz 6 beschrieben.

Eine Ex-Einrichtung (K1)**Abbildung 18: Ex-Einrichtung mit einem abhängigen Sensor.**

(3) Für Funktionseinheiten, die im Betriebskonzept auch hinsichtlich des Explosionsschutzes verwendet werden, sind keine erhöhten Anforderungen notwendig. Satz 1 gilt nur dann, wenn der Prozess bei Ausfall der Funktionseinheiten nicht in einen unsicheren Zustand übergeht. Dies ist z.B. der Fall, wenn ein Ausfall erkannt wird, bevor gefahrbringende, explosionschutzrelevante Abweichungen auftreten.

5 Prüfung und Kontrollen der Ex-Einrichtung

Für die Durchführung der Prüfung von Ex-Einrichtungen nach Betriebssicherheitsverordnung sind die TRBS 1201 Teil 1 und TRBS 1115 Anhang A zu beachten.

Anhang 1 Erläuterung der Vorgehensweise an Beispielen zur Zonenreduzierung

Die folgenden Beispiele dienen der Erläuterung einer möglichen Bewertung und sind in der Gefährdungsbeurteilung auf die jeweilige Situation anzupassen.

A1.1 Lüftung

A1.1.1 Fall 1:

(1) Ein Bereich ist mit einer technischen Lüftung versehen, die zu einer Zonenreduzierung um eine Stufe (von Zone 1 nach Zone 2) verwendet werden soll. Die gesamte Lüftung verfügt über eine Vielzahl von Abnehmerstellen und Verstellmöglichkeiten, die den Volumenstrom in dem betroffenen Bereich unbemerkt beeinflussen können. Es wird daher zusätzlich eine Ex-Einrichtung (Abbildung 19: schraffiert) zur Überwachung des Volumenstroms eingesetzt, die eine Klassifizierungsstufe erfüllen muss.

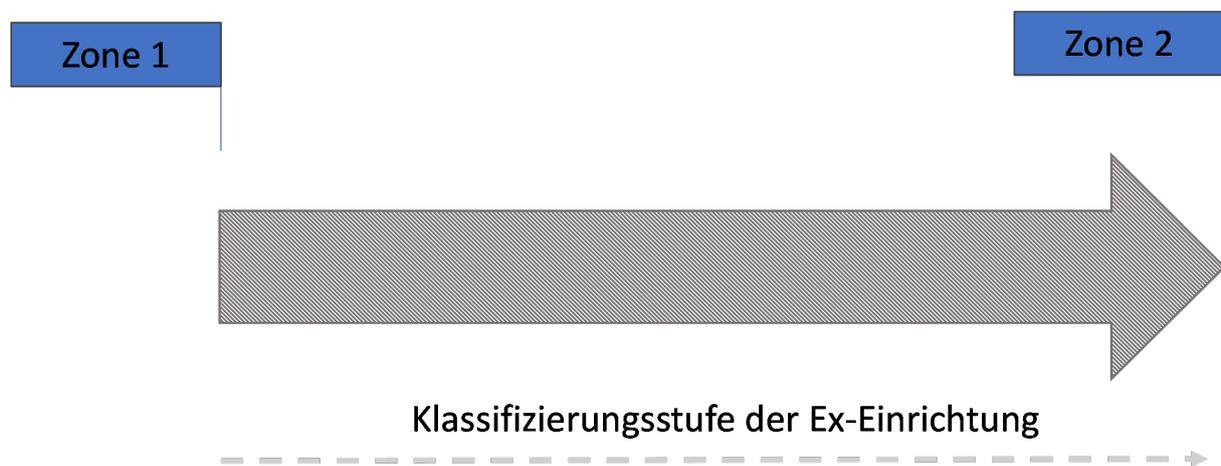


Abbildung 19: Erreichen der Zonenreduzierung durch die Ex-Einrichtung.

(2) Vorhandene Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung: Querlüftung, Volumenstrom richtig dimensioniert, so dass die gewünschte Konzentrationsminderung im Normalbetrieb erreicht wird. Der Volumenstrom kann unentdeckt zu klein oder nicht vorhanden sein, so dass die erforderliche Anforderung an Zielzone (hier: Explosionsgefahr nur selten und kurzzeitig) nicht erreicht wird. Die Verfügbarkeit der vorhandenen Explosionsschutzmaßnahme allein wird als nicht ausreichend bewertet.

(3) Konzept: Ex-Einrichtung überwacht den Mindestvolumenstrom und löst im Anforderungsfall die Einleitung von Gegenmaßnahmen aus (technisch oder organisatorisch), so dass der Ausfall erkannt und der sichere Zustand hergestellt wird.

A1.1.2 Fall 2:

(1) Ein Bereich ist mit einer technischen Lüftung versehen, die zu einer Zonenreduzierung um eine Stufe (von Zone 1 nach Zone 2) verwendet werden soll. Die Lüftung wirkt ausschließ-

lich in dem betroffenen Bereich. Der Lüfter ist starr gekoppelt. Ein Ausfall ist nur bei Motorversagen oder zentralem Stromausfall denkbar. Die Lüftung wird als ausreichend verfügbar eingestuft (Abbildung 2020: grau), daher ist keine zusätzliche Ex-Einrichtung erforderlich.

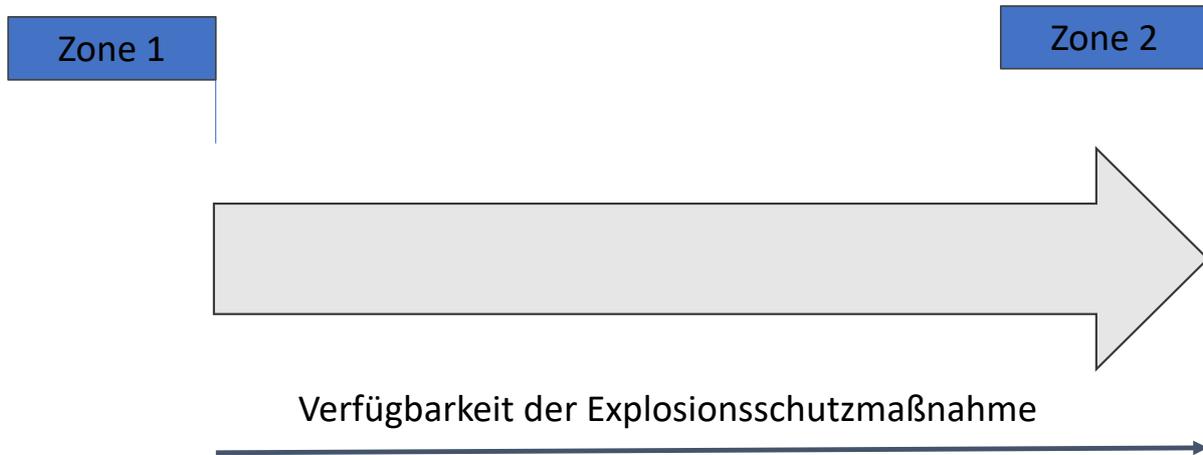


Abbildung 20: Erreichen der Zonenreduzierung durch Explosionsschutzmaßnahme (hier: durch technische Lüftung ohne zusätzliche Ex-Einrichtung).

(2) Konzept: Technische Lüftung - Querlüftung, Volumenstrom richtig dimensioniert, so dass die gewünschte Konzentrationsminderung erreicht wird. Ein Ausfall wird nur selten erwartet und wird im Rahmen der Betriebsroutine erkannt.

Die Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme wird als ausreichend für die Reduzierung der Explosionsgefahr um eine Stufe definiert.

A1.2 Inertisierung

A1.2.1 Fall 1:

(1) Ein Lagerbehälter für entzündbare Flüssigkeiten 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 Lagerbehälter ist mit einer Unterdrucksicherung ausgerüstet. Die Inertisierung im Lagerbehälter wird mittels einer für die Prozessbedingungen geeigneten Druckmessung überwacht. Es wird eine Druckmessung als Ex-Einrichtung definiert, die bei Versagen der Druckregelung (Überdruck wird nicht gehalten) alarmiert. Die Ex-Einrichtung (Abbildung 21) muss eine Klassifizierungsstufe erfüllen. Im Lagertank wird durch die Inertisierung eine Zonenreduzierung um eine Stufe erreicht.

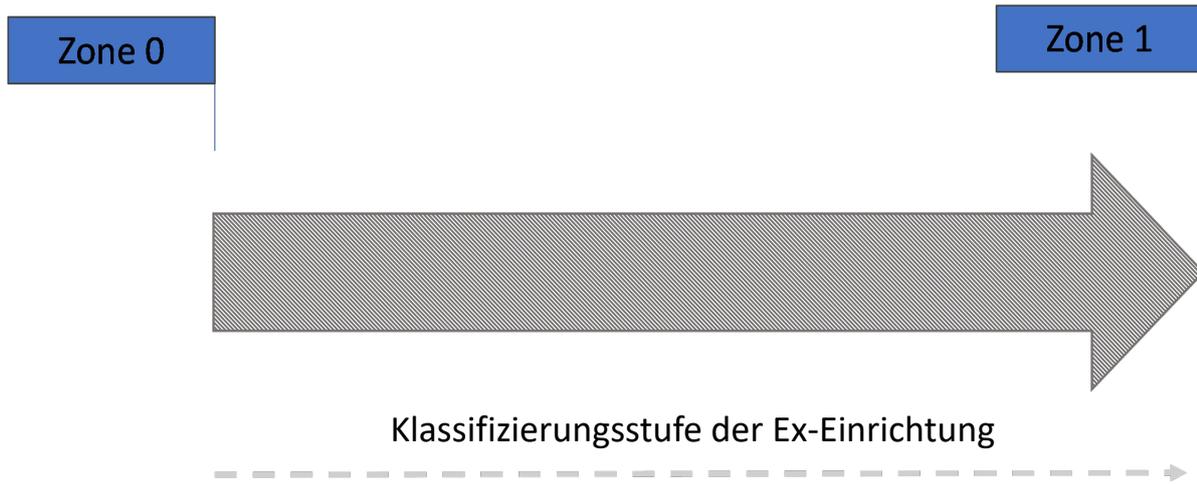


Abbildung 21: Durch Ex-Einrichtung abgesicherter Überdruck (eine Klassifizierungsstufe).

(2) Vorhandene Explosionsschutzmaßnahme ohne Ex-Einrichtung: Inertisierung: Erst-Inertisierung und richtige Auslegung der Überdruckhaltung erforderlich, trotzdem kann es dazu kommen, dass störungsbedingt (z.B. bei Ansprechen der Unterdrucksicherung) der Sauerstoffgehalt unerkannt steigt, die vorhandene Explosionsschutzmaßnahme reicht nicht zur Erreichung der angestrebten Zone.

(3) Konzept: Ex-Einrichtung misst den Überdruck, so dass ein Fehler bei der mechanischen Überdruckhaltung erkannt wird und das Ansprechen der Unterdrucksicherung (Eintrag von Luftsauerstoff) durch weitere Maßnahmen verhindert wird.

A1.2.2 Fall 2:

(1) In einem Tank wird durch eine Erst-Inertisierung die Sauerstoffgrenzkonzentration unterschritten. Der Tank wird im leichten Überdruck betrieben und ist vakuumfest. Der Tank ist an ein Abluftsystem angeschlossen, das der Zone 1 zugeordnet ist (sauerstoffarm). Die Druckregelung wird als betriebliche MSR-Einrichtung definiert.

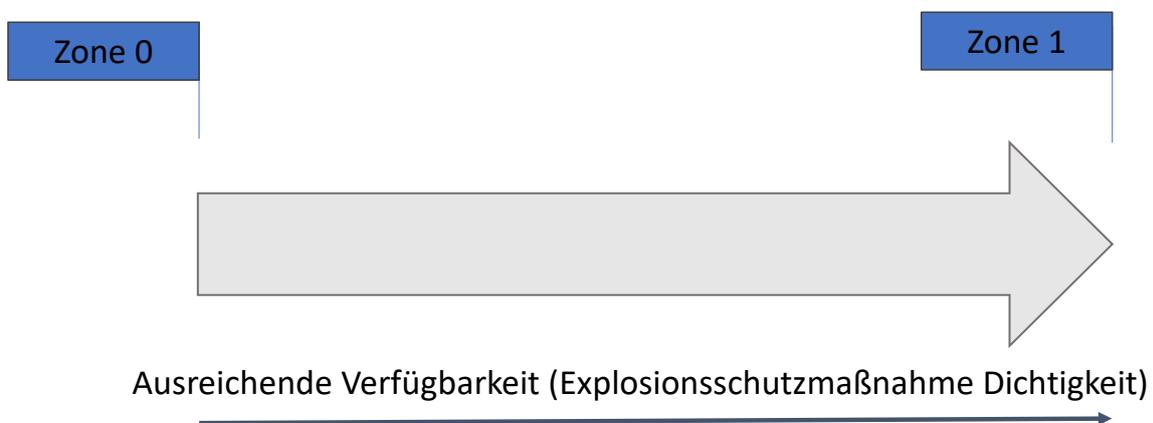


Abbildung 22: Zonenreduzierung durch Explosionsschutzmaßnahme (hier: Inertisierung ohne zusätzliche Ex-Einrichtung).

(2) Konzept: Inertisierung - Erstinertisierung und verfahrenstechnische Randbedingungen (Dichtigkeit, Vakuumfestigkeit, Anschluss an Zone 1 (sauerstoffarm)) sind so ausgeführt, dass ein Sauerstoffeintrag im Störfall nicht auftritt. Die Explosionsschutzmaßnahme (Abbildung 2) ist ausreichend, es ist keine zusätzliche Ex-Einrichtung erforderlich

A1.3 Flüssigkeitsverschluss

Durch einen Flüssigkeitsverschluss wird eine Zonenreduzierung erreicht, ein Abhebern des Flüssigkeitsverschlusses ist ausgeschlossen. Da kontinuierlich Flüssigkeit nachläuft, wird der Explosionsschutzmaßnahme eine hohe Verfügbarkeit (entspricht 2 Klassifizierungsstufen) in der Gefährdungsbeurteilung zugewiesen (Abbildung). Um bei ausgefallenem Zulauf langfristig ein Austrocknen zu vermeiden, kann durch eine zusätzliche Standmessung (Ex-Einrichtung) die Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme erhöht werden (Standabnahme wird erkannt, Gegenmaßnahmen werden rechtzeitig eingeleitet).

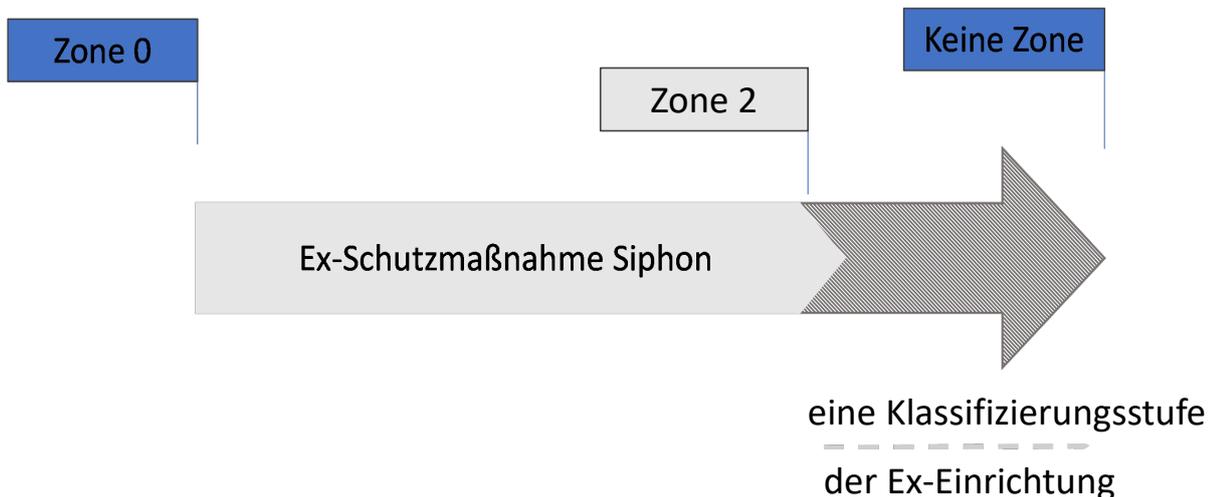


Abbildung 23: Erreichen der Explosionssicherheit durch Explosionsschutzmaßnahme (Siphon) in Verbindung mit einer Ex-Einrichtung (K1).

A1.4 Taumeltrockner

(1) In einem Taumeltrockner wird ein mit Lösemittel verunreinigtes, nicht brennbares Granulat, getrocknet. Die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches kann nur im Ablaufschritt Heizen, d.h. bei Temperaturen $> 65\text{ °C}$, erfolgen.

Betriebskonzept: Der Trocknungsvorgang wird mehrmals täglich, automatisiert durch eine Schrittkette, gestartet. Das Aufheizen erfolgt erst, wenn das Endvakuum erreicht ist (kleiner $50\text{ mbar}_{\text{absolut}}$, Zündgrenzdruck ist unterschritten). Am Ende der Trocknung wird im Rahmen der Schrittkette das Vakuum mit Stickstoff gebrochen.

(2) Die Bildung eines gefährlichen explosionsfähigen Gemisches ist möglich durch

1. Versagen eines Dichtungssystems und Eintrag von Luftsauerstoff während des Trocknens oder

2. Versagen der druckabhängigen Heizungssteuerung.

(3) Bewertung: Da ein Versagen der Schrittkette durch Qualitätssicherungsmaßnahmen aufgedeckt wird, wird das Innere des Taumeltrockners der Zone 1 zugeordnet.

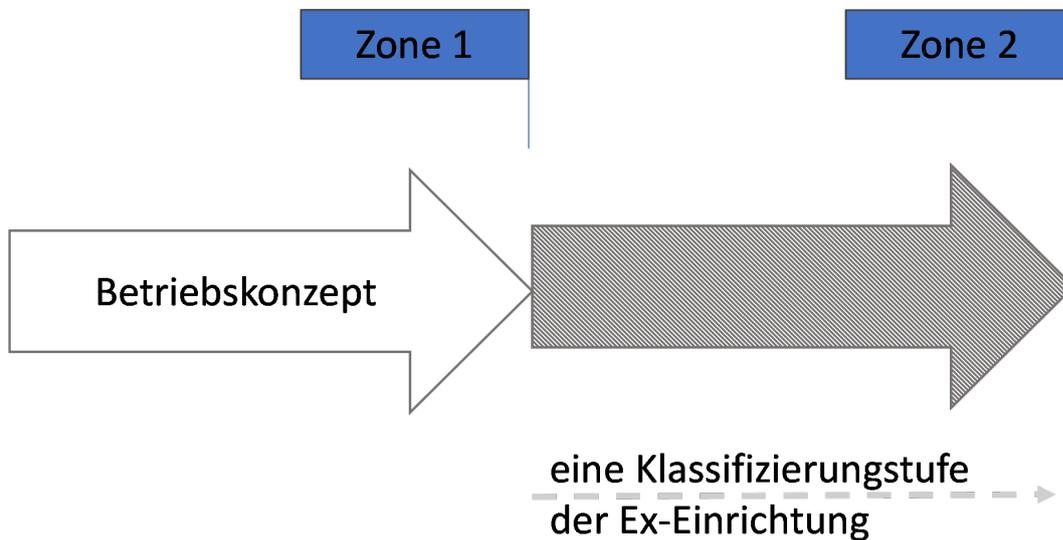


Abbildung 24: Zonenreduzierung um eine Stufe durch die Ex-Einrichtung (K1).

(4) Konzept: In der Gefährdungsbeurteilung wird festgelegt, dass zur Erreichung der gewünschten Zone 2 eine zusätzliche Ex-Einrichtung installiert werden soll. Dazu soll die Heizung erst freigegeben werden, wenn ein Druck von 50 mbar unterschritten wird. Bei Überschreitung des Grenzwertes soll die Heizung ausgeschaltet und Stickstoff zugegeben werden. Dazu wird die Stickstoffzufuhr und die Verriegelung der Heizung über die Druckmessung als Ex-Einrichtung definiert, die eine Klassifizierungsstufe beitragen muss (Abbildung 24).

A1.5 Förderung von Feststoff mit Stickstoff

(1) Ein Vorratssilo zur Lagerung eines explosionsfähigen, hoch aufladbaren Pulvers wird aus einem Silofahrzeug befüllt. Die Entleerung des Fahrzeuges erfolgt mit Hilfe von Stickstoff im Überdruck.



Abbildung 25: Erreichen der Zonenreduzierung um zwei Stufen durch das Betriebskonzept (Förderung mit Stickstoff).

(2) Konzept: Bei Stickstoffausfall kann der Entleervorgang nicht fortgeführt werden. Da Staubablagerungen nicht ausgeschlossen werden können, wird das Innere der Förderleitung in die Zone 22 eingeteilt. Elektrostatische Entladungen können nur während des Fördervorgangs mit Stickstoff auftreten. Nach Beendigung des Fördervorgangs sind keine zündwirksamen Entladungen innerhalb der Rohrleitung zu erwarten. Daher ist keine zusätzliche Ex-Einrichtung für das Explosionsschutzkonzept der pneumatischen Förderung erforderlich (Abbildung 25).

(3) Anmerkung: Für das nachgeschaltete Silo zur Lagerung des Feststoffs kann durch die Art der Befüllung als alleinige Explosionsschutzmaßnahme eine Inertisierung nicht sichergestellt werden, da ohne weitere Explosionsschutzmaßnahmen ein Eintrag von Sauerstoff bei Entnahme- oder Atmungsvorgängen nicht ausgeschlossen ist. Für das Explosionsschutzkonzept des Silos, insbesondere wegen der Möglichkeit einer Schüttkegelentladung, ist daher eine separate Beurteilung zur Explosionssicherheit erforderlich.

Anhang 2 Maßnahmen zur Erkennung, Vermeidung oder Beherrschung des Ausfalls von Ex-Einrichtungen

- (1) Falls für die ordnungsgemäße Funktion der Ex-Einrichtung das Vorhandensein oder die Vorhaltung von Hilfsenergien (z. B. elektrische Energie) oder Hilfsmedien (z. B. Inertgase oder Druckluft) erforderlich sind, so ist bei Ausfall derselben die dafür festgelegte Sicherheitsfunktion auszuführen.
- (2) Grundsätzlich sind bei der Realisierung der Ex-Einrichtung bewährte Sicherheitsprinzipien anzuwenden, wie:
 1. Verwendung bewährter und zuverlässiger Installationstechnik,
 2. geeignete Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile durch Berücksichtigung der Anwendungshinweise der Hersteller sowie von Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen,
 3. übersichtlicher und einfacher Aufbau der Ex-Einrichtung, geringere Anzahl von Bauteilen,
 4. Begrenzung von Fehlerauswirkungen durch z. B.
 - a) hochohmige Entkopplung oder
 - b) Kurzschlussfestigkeit oder
 - c) galvanische Trennung,
 5. Anwendung des Ruhestrom- bzw. Ruhesignalprinzips für Signalleitungen,
 6. Grenzwertveränderungen oder Änderungen an der Logik erfolgen nur durch autorisierte Personen,
 7. Toleranz der Ex-Einrichtung gegen Abweichungen der Hilfsenergieversorgung (z. B. Steuerluft, elektrische Versorgung usw.); Abweichungen über die für die Versorgung der Geräte zulässigen Grenzwerte hinaus, dürfen keinen Fehler in der Ex-Einrichtung zur Folge haben z.B. durch
 - a) entsprechende Eigenschaften der Geräte selbst oder
 - b) Sicherstellung der Hilfsenergieversorgung durch z. B. Redundanzen oder
 - c) automatische Überwachung der Hilfsenergieversorgung mit Melden und Auslösen der Schutzfunktion,
 8. Vermeidung von Fehlern gemeinsamer Ursache in redundanten Ex-Einrichtungen,
- (3) Ex-Einrichtungen dürfen nach Auslösung nicht automatisch zurückgesetzt werden, es sei denn in der Gefährdungsbeurteilung ist etwas Anderes festgelegt.
- (4) Sofern manuelle Absperrrichtungen an Prozessanschlüssen von Ex-Einrichtungen vorhanden sind, muss deren Fehlstellung erkannt werden und zu Maßnahmen führen oder der Stellungszustand muss leicht erkennbar und gegen unbeabsichtigtes Schließen (z. B. durch Sperrhülsen, Kette und Schloss oder durch Entfernen von Handrädern) gesichert sein.
- (5) Ex-Einrichtungen müssen grundsätzlich unabhängig von betrieblichen Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen sein, wenn diese als Teil des Betriebskonzeptes zur Festlegung von Anforderungen an diese Ex-Einrichtung verwendet werden. Dies betrifft in der Regel einzelne Funktionseinheiten, im Einzelfall auch ganze Ex-Einrichtungen.

- (6) Das Signal zur Auslösung der Sicherheitsfunktion muss stets Vorrang vor den Signalen der Betriebseinrichtung haben.
- (7) Steuerungen und Prozessleitsysteme (PLS) können als komplexe Systeme für die Klassifizierungsstufe K1 eingesetzt werden, wenn für diese die folgenden Bedingungen erfüllt sind:
1. Es dürfen nur Steuerungen oder PLS von Herstellern eingesetzt werden, die ein geeignetes Qualitätssicherungssystem betreiben (z.B. inkl. Änderungsmanagement des Herstellers für Hard- und Systemsoftware).
 2. Die Systeme haben sich in Standardanwendungen des Arbeitgebers oder vergleichbaren Anwendungen bewährt und entsprechen dem Stand der Technik.
 3. Das System hat eine dokumentierte Spezifikation, in der die grundlegenden Systemkomponenten und Bibliotheken beschrieben sind.
 4. Für die Erstellung oder Änderung der Anwendersoftware ist geeignet qualifiziertes Personal einzusetzen. Zur Ausführung der Ex-Einrichtung im PLS sind die Anforderungen nach Abschnitt 4.2.2 zu berücksichtigen.
 5. Ex-Einrichtungen sind grundsätzlich mit separaten Softwaremodulen übersichtlich zu programmieren. Deren Funktionen müssen gegenüber Betriebseinrichtungen stets Vorrang haben und sind als solche in der Funktionsspezifikation festzulegen.
 6. Funktional zusammenhängende Ex-Einrichtungen sollen nicht auf gleichen Eingangs- und Ausgangskarten liegen. Vorhandene Diagnose-Eigenschaften, z.B. bei Feldgeräten, sind grundsätzlich zu verwenden.
 7. Funktionseinheiten der Ex-Einrichtung im Leitsystem müssen grundsätzlich unabhängig von betrieblichen Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen sein, wenn diese als Teil des Betriebskonzeptes zur Festlegung von Anforderungen an die Ex-Einrichtung verwendet werden.
 8. Die Anwendersoftware ist vom Betreiber mit ihrem Stand zu dokumentieren, soweit die Änderung für die Ex-Einrichtung relevant ist.
 9. Der Arbeitgeber verfügt über ein Änderungsmanagement für alle Änderungen in der Hard- und Software mit Freigabe zur Änderung sowie genehmigter Spezifikation und anschließender dokumentierter Prüfung, soweit sie die Ex-Einrichtungen betreffen.
 10. Das für Änderungen und Instandhaltungen eingesetzte Personal hat eine geeignete Qualifikation. Dieses beinhaltet technisches Wissen, Ausbildung und Erfahrung bezogen auf
 - a) die verfahrenstechnische Anwendung,
 - b) die eingesetzte PLS-Technologie,
 - c) Sensoren und Aktoren.
- (8) Für eine nicht redundante Funktionseinheit mit der Klassifizierungsstufe K2 gilt, dass ein unentdeckter Fehler, der die Sicherheitsfunktion (des betreffenden Kanals) bei Aktivierung der Funktion blockiert, innerhalb einer Zeitspanne erkannt und beseitigt werden muss (z.B. durch Kontroll- oder Prüfzyklen), in der vernünftigerweise nicht mit einem weiteren Fehler gerechnet werden muss, der in Kombination mit dem passiven Fehler zu einem unsicheren Zustand führt. Grundsätzlich ist die Fehlerdiagnostik der Geräte zu aktivieren und auszuwerten.

(9) Bei softwaregesteuerten Geräten (z. B. Frequenzumrichter oder Stellungsregler) müssen sicherheitstechnische Schalthandlungen grundsätzlich ohne deren Softwaresteuerung direkt auf das entsprechende Stellglied einwirken, es sei denn, es liegt der Nachweis der erforderlichen funktionalen Sicherheit vor.

Anhang 3 Anforderungen an die Betriebsbewährung der Funktionseinheiten von Ex-Einrichtungen

(1) Wenn der Nachweis der Betriebsbewährung für Geräte mit Prozessanschluss (Sensoren, Aktoren) geführt werden soll, wird vorausgesetzt, dass für das eingesetzte Gerät Erfahrungen im Betrieb vorliegen. Mögliche systematische Fehler haben bei solchen Geräten keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen gezeigt und zufällige Fehler sind hinreichend selten, so dass die nach Abschnitt 2.15 festgelegten Verfügbarkeiten erreicht werden können. Die Betriebsbewährung hängt von den Einsatzbedingungen (z. B. Prozessgrößen und Stoffeigenschaften) ab, denen die Geräte ausgesetzt sind. Der Nachweis der Betriebsbewährung kann dabei allgemein für mehrere Applikationen oder als Einzelfallbetrachtung für einzelne Applikationen geführt werden und ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

(2) Für die Beurteilung der Betriebsbewährung im Sinne dieser TRGS sind für die verwendeten Geräte nachfolgend beispielhaft aufgelistete Informationen erforderlich:

1. Nachweis über eine ausreichende Betriebserprobung
 - a) 10.000h in den gleichen speziellen Anwendungen oder
 - b) 100.000h in verschiedenen Applikationen für eine allgemeine Bewertung,
2. Bewertung der (sicherheitstechnischen Eigenschaften) der Geräte
 - a) Sensor: kann das Gerät eigene Fehler erkennen?
 - b) Aktor: bringt der Aktor das Gerät bei Energieverlust in den sicheren Zustand?
3. Bewertung der systematischen Eignung der Geräte
 - a) Ist das Gerät für die Prozessbedingungen geeignet?
 - b) Kann das Gerät den Alarm / Trippunkt hinreichend genau erkennen?
4. Abschätzung möglicher Fehlerraten aufgrund von Felderfahrungen durch Auswertung der Ergebnisse aus Nummer 1,
5. Störstatistiken während der Verwendung, inklusive Fehleranalyse

Über die eigentliche erste Bewertung hinaus, muss bei den Geräten stetig darauf geachtet werden, dass die angenommenen Fehlerraten noch gültig sind.

Literaturhinweise

In den folgenden Regelwerken und Normen sind applikations- und technologiespezifische Vorgehensweisen und Methoden beschrieben und werden Anforderungen an die Zuverlässigkeit von sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtungen definiert:

[1] Technische Regeln wie TRBS 1115 „Sicherheitsrelevante Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen“

[2] die Normen der Reihe DIN EN ISO 13849 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“

[3] DIN EN 62061 „Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme“

[4] die Normen der Reihe DIN EN 61508 „Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme“

[5] die Normen der Reihe DIN EN 61511 „Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie“

[6] die Norm DIN EN ISO 80079-37 „Explosionsfähige Atmosphären - Teil 37: Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären - Schutz durch konstruktive Sicherheit "c", Zündquellenüberwachung "b", Flüssigkeitskapselung "k"“

[7] NAMUR Empfehlung NE 130: "Betriebsbewährte Geräte für PLT-Schutzeinrichtungen und vereinfachte SIL-Berechnung"