

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe und Abkürzungen	14
Anhang A (informativ) Risiko und Sicherheitsintegrität – Allgemeine Anleitung	15
A.1 Allgemeines	15
A.2 Notwendige Risikominderung.....	15
A.3 Die Rolle der PLT-Sicherheitseinrichtungen	15
A.4 Risiko und Sicherheitsintegrität	17
A.5 Zuordnung der Sicherheitsanforderungen.....	18
A.6 Gefährliches Ereignis, gefährliche Situation und Schadensereignis.....	18
A.7 Sicherheits-Integritätslevel	19
A.8 Auswahl einer Methode zur Bestimmung der erforderlichen Sicherheits-Integritätslevel.....	19
Anhang B (informativ) Teilquantitative Methode – Ereignisbaumanalyse	21
B.1 Überblick.....	21
B.2 Übereinstimmung mit IEC 61511-1:2016	21
B.3 Beispiel	21
B.3.1 Allgemeines	21
B.3.2 Zielwert für die Prozesssicherheit	22
B.3.3 Gefährdungsanalyse	23
B.3.4 Teilquantitative Methode der Risikoanalyse.....	24
B.3.5 Risikoanalyse eines bestehenden Prozesses	24
B.3.6 Ereignisse, die den Zielwert für die Prozesssicherheit nicht erfüllen	27
B.3.7 Risikominderung mit Hilfe anderer Schutzebenen.....	27
B.3.8 Risikominderung durch eine PLT-Sicherheitsfunktion	27
Anhang C (informativ) Matrixmethode für die Sicherheitsebenen.....	30
C.1 Überblick.....	30
C.2 Zielwert für die Prozesssicherheit	31
C.3 Gefährdungsanalyse	32
C.4 Risikoanalyse	32
C.5 Matrix der Schutzebenen.....	33
C.6 Allgemeine Vorgehensweise	34
Anhang D (informativ) Teilqualitative Methode: der kalibrierte Risikograph.....	36
D.1 Überblick.....	36
D.2 Aufbau des Risikographen	36

	Seite
D.3 Kalibrierung	37
D.4 Mitglieder und Organisation des für die SIL-Bestimmung eingesetzten Teams	38
D.5 Dokumentation der Ergebnisse der SIL-Bestimmung	39
D.6 Beispiel für eine Kalibrierung auf Basis eines typische Maßstabs	39
D.7 Risikographen für Umweltschäden	42
D.8 Risikograph für Vermögensschäden	44
D.9 Bestimmung des Integritätslevels von PLT-Sicherheitsfunktionen, wenn zu den Auswirkungen eines Versagens mehr als ein Schadenstyp gehört	44
Anhang E (informativ) Qualitative Methode: der Risikograph	45
E.1 Allgemeines	45
E.2 Typischer Einsatz von Funktionen der Prozessleittechnik	45
E.3 Aufbau des Risikographen	46
E.4 Einsatz des Risikographen beim Risiko von Personenschäden	46
E.5 Wichtige Gesichtspunkte bei der Anwendung von Risikographen	48
Anhang F (informativ) Analyse der Schutzebenen (LOPA) (en: Layer of Protection Analysis)	49
F.1 Überblick	49
F.2 Schadensereignis	49
F.3 Schweregrad	50
F.4 Auslösende Ursache	51
F.5 Eintrittswahrscheinlichkeit	51
F.6 Schutzebenen	52
F.7 Zusätzliche Schadensbegrenzungsmaßnahmen	52
F.8 Unabhängige Schutzebenen (IPL)	53
F.9 Vorläufige Ereigniswahrscheinlichkeit	53
F.10 Integritätslevel der PLT-Sicherheitsfunktion	53
F.11 Vermeidenswahrscheinlichkeit für das Ereignis	54
F.12 Gesamtrisiko	54
F.13 Beispiel	54
F.13.1 Allgemeines	54
F.13.2 Schadensereignis und Schweregrad	54
F.13.3 Auslösende Ursache	54
F.13.4 Eintrittswahrscheinlichkeit	55
F.13.5 Auslegung der Schutzebenen	55
F.13.6 PLT-Betriebseinrichtungen (BPCS)	55
F.13.7 Alarme	55
F.13.8 Zusätzliche Schadensbegrenzungsmaßnahmen	55
F.13.9 Unabhängige Schutzebene(n) (IPL)	55
F.13.10 Vorläufige Ereigniswahrscheinlichkeit	56
F.13.11 PLT-Sicherheitseinrichtungen (SIS)	56

	Seite
F.13.12 Nächste PLT-Sicherheitsfunktion.....	56
Anhang G (informativ) Analyse der Schutzebenen unter Verwendung einer Risikomatrix.....	57
G.1 Überblick.....	57
G.2 Vorgehensweise.....	58
G.2.1 Allgemeines.....	58
G.2.2 Schritt 1: Allgemeine Information und Definition der Funktionsgruppen.....	59
G.2.3 Schritt 2: Beschreibung des gefährlichen Vorfalls.....	60
G.2.4 Schritt 3: Ermittlung der Häufigkeit des auslösenden Ereignisses.....	63
G.2.5 Schritt 4: Bestimmung des Schweregrads der Auswirkung des gefährlichen Vorfalls und des Risikoreduzierungsfaktors.....	64
G.2.6 Schritt 5: Ermittlung der unabhängigen Schutzebenen und des Risikoreduzierungsfaktors.....	65
G.2.7 Schritt 6: Ermittlung von Schadensbegrenzungssystemen und des Risikoreduzierungsfaktors.....	66
G.2.8 Schritt 7: Bestimmung der Risikolücke des CMS.....	67
G.2.9 Schritt 8: Ermittlung der Risikolücke des Szenarios.....	70
G.2.10 Schritt 9: Erstellung von Empfehlungen, sofern erforderlich.....	70
Anhang H (informativ) Qualitativer Ansatz für Risikoeinschätzung und Zuordnung der Sicherheits-Integritätslevel (SIL).....	72
H.1 Überblick.....	72
H.2 Risikoeinschätzung und SIL-Zuordnung.....	74
H.2.1 Allgemeines.....	74
H.2.2 Ermittlung/Angabe der Gefährdung.....	74
H.2.3 Risikoeinschätzung.....	74
H.2.4 Auswahl der Auswirkungsparameter (C) (Tabelle H.2).....	75
H.2.5 Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Schadens.....	76
H.2.6 Einschätzung der Schadenswahrscheinlichkeit.....	79
H.2.7 SIL-Zuordnung.....	79
Anhang I (informativ) Erstellen und Kalibrieren eines Risikographen.....	84
I.1 Überblick.....	84
I.2 Schritte für das Erstellen und Kalibrieren eines Risikographen.....	84
I.3 Erstellen des Risikographen.....	84
I.4 Parameter des Risikographen.....	85
I.4.1 Auswahl der Parameter.....	85
I.4.2 Anzahl der Parameter.....	85
I.4.3 Parameterwerte.....	85
I.4.4 Parameterdefinition.....	85
I.4.5 Risikograph.....	86
I.4.6 Vertretbare Ereignishäufigkeit jeder Auswirkung.....	86
I.4.7 Kalibrierung.....	87
I.4.8 Fertigstellen des Risikographen.....	88

	Seite
Anhang J (informativ) Mehrfache Sicherheitseinrichtungen.....	89
J.1 Überblick	89
J.2 Angabe systematischer Abhängigkeiten	89
J.3 Teilquantitative Ansätze	92
J.4 Boolesche Ansätze	94
J.5 Zustandsübergang	97
Anhang K (informativ) Konzepte für ALARP und tolerierbares Risiko (ALARP: Prinzip der Verhältnismäßigkeit)	101
K.1 Allgemeines	101
K.2 ALARP-Modell.....	101
K.2.1 Überblick	101
K.2.2 Grenzwerte für das tolerierbare Risiko	102
Literaturhinweise	104
Bilder	
Bild 1 – Gesamtrahmen der Reihe IEC 61511	12
Bild 2 – Typische Schutzebenen und Maßnahmen zur Risikominderung.....	14
Bild A.1 – Risikominderung: allgemeiner Ansatz	17
Bild A.2 – Risiko und Konzepte der Sicherheitsintegrität	18
Bild A.3 – Schadensereignis.....	18
Bild A.4 – Zuordnung der Sicherheitsanforderungen zu Nicht-SIS-Schutzebenen und anderen Schutzebenen	20
Bild B.1 – Druckbehälter mit vorhandenen Sicherheitseinrichtungen	22
Bild B.2 – Fehlerbaum für Überdruck im Behälter.....	25
Bild B.3 – Gefährliche Vorfälle bei vorhandenen Sicherheitseinrichtungen.....	26
Bild B.4 – Gefährliche Vorfälle mit einer SIL2-PLT-Sicherheitsfunktion	29
Bild C.1 – Schutzebenen	30
Bild C.2 – Beispiel für eine Matrix der Schutzebenen	34
Bild D.1 – Allgemeiner Risikograph.....	40
Bild D.2 – Risikograph für Umweltschäden	43
Bild E.1 – Risikograph nach VDI/VDE 2180 – Personenschutz und Beziehung zu den SIL	47
Bild F.1 – Dokumentationsblatt zur Analyse der Schutzebenen (LOPA).....	50
Bild G.1 – Schutzebenen mit hervorgehobenen proaktiven und reaktiven IPL.....	57
Bild G.2 – In Anhang G verwendeter Arbeitsablauf	59
Bild G.3 – Beispiel für eine Prozessabgrenzung für ein ausgewähltes Szenario	60
Bild G.4 – Akzeptables Sekundärrisiko	68
Bild G.5 – Nicht akzeptables Sekundärrisiko	68
Bild G.6 – Verändertes Risiko der Sekundärauswirkung	70
Bild H.1 – Prozessablauf der SIL-Zuordnung.....	73
Bild H.2 – Parameter für die Risikoeinschätzung.....	75

	Seite
Bild I.1 – Zu betrachtende Parameter des Risikographen.....	85
Bild I.2 – Darstellung eines Risikographen mit den Parametern aus Bild I.1	86
Bild J.1 – Übliche Berechnungen.....	89
Bild J.2 – Genaue Berechnungen.....	90
Bild J.3 – Redundantes PLT-Sicherheitseinrichtung	92
Bild J.4 – Korrektorkoeffizienten für die Berechnungen der Häufigkeit des gefährlichen Vorfalls, wenn die Wiederholungsprüfungen gleichzeitig durchgeführt werden.....	93
Bild J.5 – Erweiterung des einfachen Beispiels.....	94
Bild J.6 – Fehlerbaummodellierung der mehrfachen PLT-Sicherheitseinrichtung in Bild J.5.....	95
Bild J.7 – Modellierung von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache zwischen SIS ₁ und SIS ₂	96
Bild J.8 – Auswirkung gestaffelter Prüfungen.....	96
Bild J.9 – Effekt einer Teilhubprüfung.....	97
Bild J.10 – Modellierung der Beschaffung der Reparaturressource.....	98
Bild J.11 – Beispiel der Ausgabewerte aus der Monte-Carlo-Simulation	99
Bild J.12 – Einfluss von Reparaturen infolge gemeinsam genutzter Reparaturressourcen	100
Bild K.1 – Tolerierbares Risiko und ALARP	102
Tabellen	
Tabelle B.1 – Ergebnisse der HAZOP-Analyse.....	23
Tabelle C.1 – Häufigkeit gefährlicher Vorfälle (ohne Berücksichtigung von Schutzebenen)	33
Tabelle C.2 – Kriterien zur Bewertung der Auswirkung gefährlicher Vorfälle.....	33
Tabelle D.1 – Beschreibung der Parameter des Risikographen für die Prozessindustrie	37
Tabelle D.2 – Beispiel für eine Kalibrierung des allgemeinen Risikographen.....	41
Tabelle D.3 – Allgemeine Auswirkungen auf die Umwelt.....	43
Tabelle E.1 – Legende zum Risikographen (siehe Bild E.1)	48
Tabelle F.1 – LOPA-Informationen aus der HAZOP-Studie.....	50
Tabelle F.2 – Schweregrade von Schadensereignissen	51
Tabelle F.3 – Wahrscheinlichkeit von Ereignissen	51
Tabelle F.4 – Typische PFD _{avg} von Schutzebenen (Schutz und Schadensbegrenzung).....	52
Tabelle G.1 – Ausgewähltes Szenario aus dem HAZOP-Arbeitsblatt.....	61
Tabelle G.2 – Ausgewähltes Szenario aus dem HAZOP-Arbeitsblatt.....	62
Tabelle G.3 – Beispiele für auslösender Ursachen und ihren zugeordnete Häufigkeit.....	64
Tabelle G.4 – Entscheidungstabelle für den Schweregrad der Auswirkung	65
Tabelle G.5 – Matrix für den Risikoreduzierungsfaktor	65
Tabelle G.6 – Beispiele für unabhängige Schutzebenen (IPLs) mit zugeordneten Risikoreduzierungsfaktoren (RRF) und Ausfallwahrscheinlichkeiten bei Anforderung (PFD)	67
Tabelle G.7 – Beispiele für Schadensbegrenzungssysteme (CMS) mit zugeordneten Risikoreduzierungsfaktoren (RRF) und Ausfallwahrscheinlichkeiten bei Anforderung (PFD)	67
Tabelle G.8 – Schritt 7 – LOPA-Arbeitsblatt	69
Tabelle G.9 – Schritt 8 – LOPA-Arbeitsblatt	71
Tabelle H.1 – Verzeichnis der SIF und der zu bewertenden gefährlichen Ereignisse	74

	Seite
Tabelle H.2 – Auswirkungsparameter/Schweregrad	76
Tabelle H.3 – Aufenthaltsparameter/Einwirkungswahrscheinlichkeit (F)	77
Tabelle H.4 – Vermeidungsparameter/Vermeidungswahrscheinlichkeit.....	78
Tabelle H.5 – Parameter der Anforderungsrate (W)	78
Tabelle H.6 – Matrix des Risikographen (Formular der SIL-Zuordnung für PLT- Sicherheitsfunktionen).....	80
Tabelle H.7 – Beispiel für Auswirkungskategorien	81
Tabelle K.1 – Beispiel für die Risikoklassifizierung von Ereignissen	103
Tabelle K.2 – Interpretation der Risikoklassen.....	103