

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	12
4 Allgemeine Anforderungen	17
4.1 Spezifikation der Sicherheitsfunktionen	17
4.2 Bestimmung der Sicherheitsfunktion	24
4.3 Merkmale der funktionalen Sicherheit von Modulen	26
5 Funktionale Module und Elemente – Merkmale und Anforderungen.....	27
5.1 Allgemeines	27
5.1.1 Aufbau funktionaler Module.....	27
5.1.2 Allgemeine Anforderungen.....	30
5.2 Messgaszuführung	31
5.2.1 Messgasförderung.....	31
5.2.2 Messgasaufbereitung	32
5.2.3 Probenahmeumschaltung	33
5.2.4 Messgaszuführung im Diffusionsbetrieb	33
5.2.5 Automatische Kalibrierung und Justierung.....	34
5.3 Sensor	34
5.4 Signalübertragung	36
5.4.1 Allgemeine Anforderungen.....	36
5.4.2 Signalübertragung zwischen räumlich voneinander getrennten Modulen	36
5.4.3 Signalübertragung zwischen nicht räumlich voneinander getrennten Modulen.....	38
5.5 Eingang der Steuereinheit.....	39
5.5.1 Allgemeines	39
5.5.2 Schnittstelle für Messsignal.....	39
5.5.3 Eingang Systemkommunikation	39
5.5.4 Benutzerschnittstelle	39
5.5.5 Eingang von Peripherie	40
5.5.6 Energieversorgung	40
5.6 Signalverarbeitung.....	41
5.6.1 Allgemeines	41
5.6.2 Messwertbildung.....	42
5.6.3 Sonderzustand	43
5.6.4 Signalbewertung.....	44
5.6.5 Diagnosemaßnahmen innerhalb der Steuereinheit.....	44
5.6.6 Eingeschränkter Messbetrieb.....	46

	Seite
5.6.7	Steuerung der Messgasförderung 47
5.6.8	Steuerung Probenahmeumschaltung 47
5.6.9	Steuerung Automatische Kalibrierung 48
5.6.10	Steuerung Automatische Justierung 48
5.7	Ausgang der Steuereinheit..... 49
5.7.1	Optische Anzeige 49
5.7.2	Schaltausgang 50
5.7.3	Ausgang Systemkommunikation..... 51
5.7.4	Ausgang zur Peripherie..... 52
5.7.5	Datenarchivierung 52
6	Software 53
6.1	Allgemeine Anforderungen..... 53
6.2	Zusammenhang zwischen den Softwarenormen 53
6.3	Anforderungen aus EN 61508-3 54
6.4	Liste der ersetzten oder nicht zutreffenden Abschnitte der EN 61508-3:2010 54
6.5	Liste der Änderungen gegenüber Abschnitten der EN 61508-3:2010 55
6.6	EN 50402 Grade der Strenge 57
6.7	Tabellen der Verfahren und Maßnahmen aus EN 61508-3:2010, Anhang A..... 58
6.7.1	Erklärung der Begriffe 58
6.7.2	Schreibeweise in den Tabellen der Verfahren und Maßnahmen..... 58
6.7.3	Spezifikation der Softwareanforderungen..... 58
6.7.4	Entwurf der Softwarearchitektur..... 61
6.7.5	Softwareentwurf und Softwareentwicklung – Werkzeuge und Programmiersprachen..... 64
6.7.6	Softwareentwurf 64
6.7.6.1	EN 50402 Softwareentwurf 64
6.7.7	Softwaremodultests und Softwareintegration 66
6.7.8	PE-Integration (Hardware + Software)..... 68
6.7.9	Softwarevalidierung..... 69
6.7.10	Modifikation 69
6.7.11	Softwareverifikation..... 70
7	Kombination funktionaler Module zu Sicherheitsfunktionen 72
7.1	SIL-Fähigkeit 72
7.2	Ermittlung der SIL-Fähigkeiten für eine Sicherheitsfunktion 73
7.2.1	Allgemeines..... 73
7.2.2	Zusammenfassung serieller Ketten 73
7.2.3	Zusammenfassung paralleler Ketten 74
8	Ermittlung der Hardware Ausfallraten für jede Sicherheitsfunktion 75
9	Gasdetektion als Teil eines Gesamtsicherheitssystems..... 77
10	Informationspflicht 77

	Seite
11 Validierung.....	78
12 Management der Funktionalen Sicherheit.....	79
13 Bewertung der Funktionalen Sicherheit	79
14 Dokumentation	79
Anhang A (normativ) Umsetzung der SIL-Fähigkeiten von Gaswarnsystemen	80
A.1 Einleitung.....	80
A.2 Umsetzung von SIL-Fähigkeiten von Gaswarnsystemen auf die Sicherheits-Integritätslevel der EN 61508 (alle Teile).....	80
Anhang B (normativ) Umsetzung der Anforderungen der Grundnormen auf Module.....	81
B.1 Allgemeines	81
B.2 SIL-Fähigkeit 1	81
B.3 SIL-Fähigkeit 2	81
B.4 SIL-Fähigkeit 3	82
Anhang C (informativ) Bestimmung der SIL-Fähigkeit für eine Sicherheitsfunktion des Gaswarnsystems	83
C.1 Allgemeines	83
C.2 Verfahren zur Bestimmung der SIL-Fähigkeit.....	83
C.3 Beispiel: Bestimmung der SIL-Fähigkeit für ein Gaswarnsystem	88
C.3.1 Allgemeines	88
C.3.2 Beispiel: Zuordnung für Schaltausgänge der Steuereinheiten A und B.....	88
C.3.3 Beispiel: Zuordnung des Sammelalarm-Schaltausgangs	89
Anhang D (informativ) Fehlermodi für spezifische Messprinzipien	92
D.1 Einleitung.....	92
D.2 Für die meisten oder alle Messprinzipien und Typen von Sensorelementen anwendbare Ausfall-/Fehlermodi.....	92
D.2.1 Allgemeine Ausfall-/Fehlermodi.....	92
D.2.2 In den messtechnischen Normen betrachtete Ausfall-/Fehlermodi	92
D.3 Wärmetönungs-Sensorelemente.....	93
D.4 Wärmeleitfähigkeits-Sensorelemente.....	93
D.5 Infrarot-Sensorelemente.....	93
D.5.1 Punktdetektoren	93
D.5.2 Detektoren mit offener Messstrecke.....	93
D.5.3 TDLAS (z. B. für Sauerstoff).....	94
D.6 Halbleiter-Sensorelemente	94
D.7 Elektrochemische-Sensorelemente.....	94
D.7.1 Galvanisch – Sauerstoff auf Bleibasis.....	94
D.7.2 Amperometrisch mit organischem oder wässrigem Elektrolyten	95
D.8 FID-Sensorelemente	95
D.9 FTA-Sensorelemente	95
D.10 Paramagnetische Sensorelemente	96

	Seite
D.10.1 Allgemeines	96
D.10.2 Messprinzip unter Benutzung einer Hantel	96
D.10.3 Mikroströmungsmessprinzip	96
D.10.4 Messung der magnetischen Suszeptibilität.....	96
D.10.5 Paramagnetische Temperatureffekte.....	97
D.11 PID-Sensorelemente.....	97
Bilder	
Bild 1 – Begriffe Messstelle, Messplatz und Messort.....	15
Bild 2a – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion	19
Bild 2b – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion	20
Bild 2c – Gasdetektor mit Relaisausgang plus Aktor für Sicherheitsfunktion.....	21
Bild 2d – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion	22
Bild 2e – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion	22
Bild 2f – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion	23
Bild 2g – Gaswarnsystem plus Aktor für Sicherheitsfunktion.....	24
Bild 2 – Beispiele für die gesamte Sicherheitsfunktion von Gaswarnsystemen.....	24
Bild 3 – Überblick über ein sicherheitsbezogenes System	28
Bild 4 – Module eines Gaswarnsystems	30
Bild 5 – Architekturen für Datenkommunikation	38
Bild 6 – Serielle und parallele Ketten	73
Bild 7 – Behandlung komplexer Module in einer redundanten Anordnung.....	75
Bild C.1 – Schritt 1 – Verknüpfungen der Module	83
Bild C.2 – Schritt 2 – Ermittlung der für die Sicherheitsfunktion notwendigen Module	84
Bild C.3 – Schritt 3 – Eliminierung der für die Sicherheitsfunktion nicht benötigten Module und Verknüpfungen.....	84
Bild C.4 – Schritt 4 (1. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten	84
Bild C.5 – Schritt 5 (1. Durchlauf) – Zusammenfassung paralleler Ketten.....	85
Bild C.6 – Schritt 6 (1. Durchlauf) – Anpassung der Struktur des Blockschaltbildes	86
Bild C.7 – Schritt 4 (2. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten	87
Bild C.8 – Schritt 5 (2. Durchlauf) – Zusammenfassung paralleler Ketten.....	87
Bild C.9 – Schritt 6 (2. Durchlauf) – Anpassung der Struktur des Blockschaltbildes – <i>Keine Aktion erforderlich</i>	87
Bild C.10 – Schritt 4 (3. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten.....	87
Bild C.11 – Schritt 5 (3. Durchlauf) – Zusammenfassung paralleler Ketten.....	87
Bild C.12 – Schritt 6 (3. Durchlauf) – Anpassung der Struktur des Blockschaltbildes – <i>Keine Aktion erforderlich</i>	87
Bild C.13 – Schritt (4. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten – <i>Ende des Verfahrens</i>	88
Bild C.14 – Schritt 1 – Verknüpfungen der Module im Beispiel.....	88
Bild C.15 – Schritt 2 – Ermittlung der Module mit Einfluss auf die Sicherheitsfunktion	89
Bild C.16 – Schritt 3 – Eliminierung der Module und Verknüpfungen ohne Einfluss auf die	

	Seite
Sicherheitsfunktion	89
Bild C.17 – Schritt 4 – Zusammenfassung serieller Ketten	89
Bild C.18 – Schritt 5 – Zusammenfassung paralleler Ketten – <i>Ende des Verfahrens</i>	89
Bild C.19 – Schritt 2 – Ermittlung der Module mit Einfluss auf die Sicherheitsfunktion.....	90
Bild C.20 – Schritt 3 – Eliminierung der Module und Verknüpfungen ohne Einfluss auf die Sicherheitsfunktion	90
Bild C.21 – Schritt 4 (1. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten	90
Bild C.22 – Schritt 5 (1. Durchlauf) – Zusammenfassung paralleler Ketten.....	91
Bild C.23 – Schritt 6 (1. Durchlauf) – Anpassung der Struktur des Blockschaltbildes – <i>Keine Aktion erforderlich</i>	91
Bild C.24 – Schritt 4 (2. Durchlauf) – Zusammenfassung serieller Ketten – <i>Ende des Verfahrens</i>	91
Tabellen	
Tabelle 1 – Fehlertoleranz für einfache Module nach EN 61508-2:2010, Tabelle 2	26
Tabelle 2 – Fehlertoleranz für komplexe Module nach EN 61508-2:2010, Tabelle 3	26
Tabelle 3 – Diagnoseverfahren für die Programmablauf-Überwachung aus EN 61508-2	44
Tabelle 4 – Diagnoseverfahren für Speicher aus EN 61508-2.....	45
Tabelle 5 – Liste der ersetzten oder nicht zutreffenden Abschnitte der EN 61508-3:2010.....	54
Tabelle 6 – Liste der Änderungen gegenüber Abschnitten der EN 61508-3:2010.....	55
Tabelle 7 – EN 50402 Grade der Strenge	57
Tabelle 8 – EN 50402 Spezifikation der Softwareanforderungen (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.1)	58
Tabelle 9 – Semiformale und formale Methoden (aus EN 61508-3:2010, Tabelle B.7) wie in Tabelle A.1 angewendet.....	59
Tabelle 10 – EN 50402 Entwurf der Softwarearchitektur (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.2)	61
Tabelle 11 – EN 50402 Softwareentwurf (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.3).....	64
Tabelle 12 – EN 50402 Softwareentwurf (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.4).....	64
Tabelle 13 – Semiformale Methoden (aus EN 61508-3:2010, Tabelle B.7) wie bei Tabelle A.4 angewendet	66
Tabelle 14 – EN 50402 Softwaremodultests und Softwareintegration (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.5) (1 von 2).....	66
Tabelle 15 – EN 50402 PE-Integration (Hardware + Software) (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.6)	68
Tabelle 16 – EN 50402 Softwarevalidierung (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.7)	69
Tabelle 17 – EN 50402 Modifikation (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.8).....	69
Tabelle 18 – EN 50402 Softwareverifikation (aus EN 61508-3:2010, Tabelle A.9)	70
Tabelle 19 – Für den Betrieb mit niedriger Anforderungsrate (low demand mode) (siehe EN 61508-1:2010, 7.6.2.9, Tabelle 2)	76
Tabelle 20 – Für den Betrieb mit hoher Anforderungsrate (high demand mode) oder für kontinuierlichen Betrieb (siehe EN 61508-1:2010, 7.6.2.9, Tabelle 3).....	77
Tabelle A.1 – Umsetzung der SIL-Fähigkeiten nach EN 50402 in SIL nach EN 61508 (alle Teile).....	80
Tabelle C.1 – Ermittlung der SIL-Fähigkeit für ein paralleles Kettenglied (anwendbar nur für Hardware).....	86