

# DIN EN ISO 13849-1:2023-12 (D)

## Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2023

---

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	7
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG.....	8
Vorwort.....	11
Einleitung.....	13
1 Anwendungsbereich.....	17
2 Normative Verweisungen.....	17
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	18
3.1 Begriffe.....	18
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	28
4 Überblick.....	30
4.1 Prozess zur Risikobeurteilung und Risikominderung an der Maschine.....	30
4.2 Beitrag zur Risikominderung.....	32
4.3 Entwurfsprozess eines SRP/CS.....	33
4.4 Verfahren.....	34
4.5 Erforderliche Informationen.....	35
4.6 Ausführung von Sicherheitsfunktionen mithilfe von Teilsystemen.....	35
5 Spezifikation der Sicherheitsfunktionen.....	36
5.1 Identifizierung und allgemeine Beschreibung der Sicherheitsfunktion.....	36
5.2 Spezifikation der Sicherheitsanforderungen.....	36
5.2.1 Allgemeine Anforderungen.....	36
5.2.2 Anforderungen an spezifische Sicherheitsfunktionen.....	39
5.2.3 Minimierung des Anreizes zum Umgehen von Sicherheitsfunktionen.....	44
5.2.4 Fernzugriff.....	45
5.3 Bestimmung des erforderlichen Performance Levels (PL <sub>r</sub> ) für jede Sicherheitsfunktion.....	45
5.4 Überprüfung der Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (SRS).....	45
5.5 Zerlegung eines SRP/CS in Teilsysteme.....	45
6 Entwurfsaspekte.....	47
6.1 Bewertung des erreichten Performance Levels.....	47
6.1.1 Allgemeine Übersicht der Performance Level.....	47
6.1.2 Zusammenhang zwischen dem Performance Level (PL) und dem Sicherheits- Integritätslevel (SIL).....	49
6.1.3 Architektur — Kategorien und deren Beziehung zur MTTFD jedes Kanals, zum durchschnittlichen Diagnosedeckungsgrad und zum Ausfall infolge gemeinsamer Ursache (CCF).....	50
6.1.4 Mittlere Dauer bis zum gefahrbringenden Ausfall (MTTF <sub>D</sub> ).....	58
6.1.5 Diagnosedeckungsgrad (DC).....	59
6.1.6 Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF).....	60
6.1.7 Systematische Ausfälle.....	60
6.1.8 Vereinfachtes Verfahren für die Abschätzung des Performance Levels für Teilsysteme.....	61

6.1.9	Alternatives Verfahren für die Bestimmung des Performance Levels und der PFH ohne MTTFD .....	63
6.1.10	Fehlerbetrachtung und Fehlerausschluss.....	64
6.1.11	Bewährtes Bauteil.....	66
6.2	Kombination von Teilsystemen zum Erreichen eines gesamten Performance Levels für die Sicherheitsfunktion.....	66
6.2.1	Allgemeines.....	66
6.2.2	Bekannte PFH-Werte .....	66
6.2.3	Unbekannte PFH-Werte .....	67
6.3	Softwarebasierte manuelle Parametrierung .....	68
6.3.1	Allgemeines.....	68
6.3.2	Einflüsse auf sicherheitsbezogene Parameter.....	68
6.3.3	Anforderungen an die softwarebasierte manuelle Parametrierung.....	69
6.3.4	Verifizierung des Parametrierungswerkzeugs .....	70
6.3.5	Dokumentation der softwarebasierten manuellen Parametrierung.....	70
7	Software-Sicherheitsanforderungen .....	71
7.1	Allgemeines.....	71
7.2	Programmiersprache mit eingeschränktem Sprachumfang (LVL) und Programmiersprache mit nicht eingeschränktem Sprachumfang (FVL).....	72
7.2.1	Programmiersprache mit eingeschränktem Sprachumfang (LVL).....	72
7.2.2	Programmiersprache mit nicht eingeschränktem Sprachumfang (FVL).....	73
7.2.3	Entscheidung zwischen Programmiersprache mit eingeschränktem Sprachumfang (LVL) und Programmiersprache mit nicht eingeschränktem Sprachumfang (FVL) .....	73
7.3	Sicherheitsbezogene Embedded-Software (SRESW) .....	75
7.3.1	Entwurf der sicherheitsbezogenen Embedded-Software (SRESW) .....	75
7.3.2	Alternative Verfahren für nicht zugängliche Embedded-Software.....	76
7.4	Sicherheitsbezogene Anwendungssoftware (SRASW) .....	77
8	Verifizierung des erreichten Performance Levels.....	80
9	Ergonomische Entwurfsaspekte.....	80
10	Validierung.....	80
10.1	Grundsätze der Validierung.....	80
10.1.1	Allgemeines.....	80
10.1.2	Validierungsplan .....	83
10.1.3	Allgemeine Fehlerlisten .....	83
10.1.4	Spezielle Fehlerlisten.....	83
10.1.5	Angaben zur Validierung.....	84
10.2	Validierung der Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (SRS) .....	85
10.3	Validierung durch Analyse.....	85
10.3.1	Allgemeines.....	85
10.3.2	Analysetechniken.....	86
10.4	Validierung durch Prüfung .....	86
10.4.1	Allgemeines.....	86
10.4.2	Messgenauigkeit.....	87
10.4.3	Zusätzliche Prüfanforderungen.....	87
10.4.4	Anzahl der Prüflinge .....	87
10.4.5	Prüfverfahren.....	88
10.5	Validierung der Sicherheitsfunktionen .....	88
10.6	Validierung der Sicherheitsintegrität des SRP/CS .....	89
10.6.1	Validierung von Teilsystem(en).....	89
10.6.2	Validierung der Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Ausfälle .....	90
10.6.3	Validierung der sicherheitsbezogenen Software.....	91
10.6.4	Validierung der Kombination von Teilsystemen.....	92
10.6.5	Gesamtvalidierung der Sicherheitsintegrität .....	92
10.7	Validierung der Umgebungsanforderungen .....	92
10.8	Aufzeichnung der Validierung .....	93
10.9	Validierung der Instandhaltungsanforderungen.....	93

11	Wartungsfreundlichkeit von SRP/CS .....	94
12	Technische Dokumentation .....	94
13	Benutzerinformation .....	95
13.1	Allgemeines .....	95
13.2	Informationen für die Integration des SRP/CS .....	95
13.3	Informationen für den Benutzer .....	96
<b>Anhang A (informativ) Leitlinien für die Bestimmung des erforderlichen Performance Levels (PL<sub>r</sub>) .....</b>		<b>98</b>
A.1	Allgemeines .....	98
A.2	Auswahl des erforderlichen Performance Levels (PL <sub>r</sub> ) .....	98
A.3	Anleitung für die Auswahl der Parameter S, F und P zur Einschätzung des Risikos .....	99
A.3.1	Schwere der Verletzung S1 und S2 .....	99
A.3.2	Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition F1 und F2 .....	99
A.3.3	Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens, P1 und P2 .....	100
A.4	Überlagerte Gefährdungen .....	102
<b>Anhang B (informativ) Blockmethode und sicherheitsbezogenes Blockdiagramm .....</b>		<b>103</b>
B.1	Blockmethode .....	103
B.2	Sicherheitsbezogenes Blockdiagramm .....	103
<b>Anhang C (informativ) Berechnung oder Bewertung von MTTFD<sub>D</sub>-Werten für einzelne Bauteile .....</b>		<b>105</b>
C.1	Allgemeines .....	105
C.2	Verfahren guter ingenieurmäßiger Praxis .....	105
C.3	Hydraulische Bauteile .....	107
C.4	MTTF <sub>D</sub> von pneumatischen, mechanischen und elektromechanischen Bauteilen .....	107
C.4.1	Allgemeines .....	107
C.4.2	Berechnung der MTTFD <sub>D</sub> für Bauteile aus B <sub>10D</sub> .....	108
C.4.3	Erläuterung der Gleichungen .....	109
C.4.4	Beispiel .....	109
C.5	MTTF <sub>D</sub> -Daten für elektronische Bauteile .....	110
C.5.1	Allgemeines .....	110
C.5.2	Halbleiter .....	110
C.5.3	Passive Bauteile .....	111
<b>Anhang D (informativ) Vereinfachtes Verfahren zur Abschätzung der MTTFD<sub>D</sub> für jeden Kanal .....</b>		<b>113</b>
D.1	Parts-Count-Verfahren .....	113
D.2	MTTF <sub>D</sub> für unterschiedliche Kanäle, Symmetrisierung der MTTFD <sub>D</sub> für jeden Kanal .....	114
<b>Anhang E (informativ) Abschätzungen des Diagnosedeckungsgrades (DC) für Funktionen und Teilsysteme .....</b>		<b>115</b>
E.1	Beispiele für den Diagnosedeckungsgrad (DC) .....	115
E.2	Abschätzung des durchschnittlichen Diagnosedeckungsgrads .....	118
<b>Anhang F (informativ) Verfahren zur Quantifizierung von Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) .....</b>		<b>119</b>
F.1	Allgemeines .....	119
F.2	Abschätzung der Auswirkung der Maßnahmen gegen CCF .....	119
F.3	Beschreibung der Maßnahmen von Tabelle F.1 gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) .....	120
F.3.1	Trennung/Abtrennung .....	120
F.3.2	Diversität .....	121
F.3.3	Gestaltung/Anwendung/Erfahrung .....	121
F.3.4	Beurteilung/Analyse .....	121
F.3.5	Ausbildung .....	122
F.3.6	Umgebung .....	122
F.4	Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (CCF) und weitere zutreffende Normen .....	122

<b>Anhang G (informativ) Systematischer Ausfall</b> .....	<b>123</b>
G.1 Allgemeines.....	123
G.2 Maßnahmen zur Beherrschung systematischer Ausfälle.....	123
G.3 Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Ausfälle während des SRP/CS-Entwurfs .....	124
G.4 Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Ausfälle während der Integration des SRP/CS .....	125
G.5 Management der funktionalen Sicherheit .....	125
<b>Anhang H (informativ) Beispiel für eine Kombination von mehreren Teilsystemen</b> .....	<b>127</b>
<b>Anhang I (informativ) Beispiele für das vereinfachte Verfahren zur Abschätzung des PL von Teilsystemen</b> .....	<b>130</b>
I.1 Allgemeines.....	130
I.2 Sicherheitsfunktion und erforderlicher Performance Level ( $PL_T$ ) .....	130
I.3 Beispiel A — Einkanaliges System.....	131
I.3.1 Identifizierung der sicherheitsbezogenen Teile .....	131
I.3.2 Quantifizierung von $MTTF_D$ , $DC_{avg}$ , Maßnahmen gegen CCF, Kategorie und Performance Level .....	132
I.4 Beispiel B — Redundantes System .....	133
I.4.1 Identifizierung der sicherheitsbezogenen Teile .....	133
I.4.2 Quantifizierung von $MTTF_D$ für jeden Kanal, durchschnittlichem Diagnosedeckungsgrad, Maßnahmen gegen CCF, Kategorie und Performance Level .....	135
<b>Anhang J (informativ) Beispiel für die Ausführung einer SRESW</b> .....	<b>140</b>
J.1 Beschreibung des Beispiels .....	140
J.2 Anwendung des V-Modells des Software-Sicherheitslebenszyklus .....	141
J.3 Verifizierung der Softwarespezifikation auf verschiedenen Ebenen (d. h. SDS, SSDS, MDS)..	142
J.4 Beispiel für Programmierregeln .....	143
<b>Anhang K (informativ) Numerische Darstellung von Bild 12</b> .....	<b>145</b>
<b>Anhang L (informativ) Elektromagnetische Störfestigkeit (EMI)</b> .....	<b>149</b>
<b>Anhang M (informativ) Ergänzende Informationen zur Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (SRS)</b> .....	<b>153</b>
<b>Anhang N (informativ) Vermeiden eines systematischen Ausfalls durch den Entwurf von Software</b> .....	<b>155</b>
N.1 Auswahl von Maßnahmen zur Fehlervermeidung für den Entwurf von sicherheitsbezogener Software .....	155
N.2 Beispiel für eine Software-Validierung.....	160
N.2.1 Allgemeines.....	160
N.2.2 Codierungsrichtlinien.....	160
N.2.3 Spezifikation der Sicherheitsfunktionen.....	160
N.2.4 Eingangsinformationen aus der Spezifikation des Hardware-Entwurfs.....	161
N.2.5 Anwendungsprogramm .....	164
N.2.6 Validierung der eingesetzten SRASW .....	164
<b>Anhang O (informativ) Sicherheitsbezogene Werte von Bauteilen oder Komponenten der Steuerungen</b> .....	<b>175</b>
O.1 Definition der Gerätetypen .....	175
O.1.1 Allgemeines.....	175
O.1.2 Gerätetyp 1 .....	176
O.1.3 Gerätetyp 2 .....	176
O.1.4 Gerätetyp 3 .....	177
O.1.5 Gerätetyp 4 .....	177
O.2 Zusätzliche Informationen.....	177
O.2.1 Software .....	177
O.2.2 Grundlegende Sicherheitsprinzipien.....	177
O.2.3 Bewährte Sicherheitsprinzipien .....	177
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>178</b>