

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zu diesem Buch</b> .....	V
<b>Vorwort</b> .....	XI
<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Historie und Stand der Sicherheitstechnik .....	1
<b>2 Grundüberlegungen zur Maschinensicherheit</b> .....	7
2.1 Ermittlung von Risiko und Restrisiko .....	8
2.2 Auswahl von Schutzmaßnahmen .....	10
2.2.1 Grundsätzliche Überlegungen .....	10
2.2.2 Lebenszyklen .....	12
2.3 Hierarchie der Maßnahmen .....	13
2.4 Umgehung von Schutzmaßnahmen .....	15
<b>3 Richtlinien, Gesetze, Normen</b> .....	17
3.1 Allgemeines zu Richtlinien, Gesetzen, Normen .....	17
3.1.1 Grundlage der Gesetzgebung in verschiedenen Ländern .....	17
3.1.2 Gesetze und Richtlinien .....	17
3.1.3 Normen .....	18
3.1.3.1 A-Normen .....	18
3.1.3.2 B-Normen .....	18
3.1.3.3 Maschinenspezifische C-Normen .....	21
3.1.4 Maschinenrichtlinie, CE-Kennzeichnung .....	23
3.1.5 Artikel der Maschinenrichtlinie .....	24
3.1.5.1 Artikel 1: Anwendungsbereich .....	25
3.1.5.2 Artikel 2: Begriffsbestimmungen .....	25
3.1.5.3 Artikel 4: Marktaufsicht .....	25
3.1.5.4 Artikel 5: Inverkehrbringen .....	25
3.1.5.5 Artikel 7: Konformitätsvermutung und harmonisierte Normen .....	26
3.1.5.6 Weitere Artikel .....	27
3.2 Anhänge der Maschinenrichtlinie .....	27
<b>4 Risikobeurteilung</b> .....	29
4.1 Grundsätzliches zur Risikobeurteilung im Maschinenbau .....	29
4.2 Durchführung der Risikobeurteilung .....	30
4.2.1 Risikoanalyse .....	31
4.2.1.1 Gefährdungen .....	32
4.2.1.2 Lebensphasen .....	34
4.2.1.3 Risiken .....	35
4.2.1.4 Maßnahmen .....	36
4.3 Dokumentation der Risikobeurteilung .....	38

<b>5</b>	<b>Organisatorische Aspekte</b> .....	41
<b>6</b>	<b>Beispiel: Konformitätsbewertungsverfahren und Risikobeurteilung</b> .....	43
6.1	Konformitätsbewertungsverfahren .....	43
6.2	Risikobeurteilung .....	47
6.2.1	Grundkonzept der Maschine .....	48
6.2.2	Ermittlung der Gefährdungen .....	49
6.2.3	Mechanische Gefährdungen .....	50
6.2.3.1	Lebensphase Betrieb .....	51
6.2.3.2	Weitere Lebensphasen .....	54
6.2.4	Elektrische Gefährdungen .....	57
6.2.5	Thermische Gefährdungen .....	58
6.2.6	Gefährdungen durch Lärm .....	60
6.2.7	Gefährdungen durch Schwingungen .....	60
6.2.8	Gefährdungen durch Strahlung .....	61
6.2.9	Gefährdungen durch Materialien und Substanzen .....	62
6.2.10	Gefährdungen in Zusammenhang mit der Ergonomie .....	62
6.2.11	Gefährdungen durch die Einsatzumgebung der Maschine .....	62
6.2.12	Weitere Gefährdungen .....	63
6.2.13	Veränderungen des Konzepts .....	64
<b>7</b>	<b>Einstufung des Risikos nach Norm</b> .....	67
7.1	Das Verfahren der Beurteilung des Risikos mithilfe von Risikografen .....	67
7.2	Weitere wichtige Risikografen .....	70
7.2.1	Risikograf nach den Normen IEC 61508 und IEC 61511 .....	70
7.2.2	Risikobeurteilung nach der Norm DIN EN IEC 62061 .....	71
7.2.3	Kategorien innerhalb der Norm DIN EN ISO 13849 .....	73
7.3	Ableitung der notwendigen Maßnahmen aus der Bewertung .....	75
<b>8</b>	<b>Kenngrößen eines Sicherheitssystems</b> .....	77
8.1	Quantifizierung der Sicherheit .....	77
8.2	Quantitative Kenngrößen .....	79
8.2.1	Die Struktur des Sicherheitssystems .....	81
8.2.2	Die Ausfallrate oder die Lebensdauer .....	83
8.2.3	Der Diagnosedeckungsgrad .....	86
8.2.4	Fehler gemeinsamer Ursache .....	88
8.3	Aufteilung in Systeme, Einheiten und Komponenten .....	89
8.4	Darstellung als Block-Diagramm .....	92
<b>9</b>	<b>Berechnungsmethoden</b> .....	97
9.1	Sichere Auslegung einer Krananlage .....	97
9.1.1	Technische Ausführung der Krananlage .....	97
9.1.2	Die Sicherheitskomponenten der Anlage .....	98
9.2	Entwurf einer geeigneten Block-Struktur .....	101
9.3	Beherrschung eines Überlastfehlers .....	102

9.4	Nachweis der Eignung durch Berechnung .....	104
9.4.1	Auffinden der Ausfallraten .....	104
9.4.2	Auffinden der DC-Werte .....	109
9.4.3	Berechnung im Detail .....	110
9.4.4	Berechnung mit einer Tabellenkalkulation .....	111
9.4.5	Verwendung von SISTEMA zur Berechnung .....	113
9.4.6	Bestimmung des Anteils für Fehler gemeinsamer Ursache .....	114
9.4.7	Ermittlung weiterer Kenngrößen der Sicherheit .....	115
9.4.8	Optimierung der Lösung .....	117
9.5	Abschaltung am Hubwegende .....	119
9.6	Verwendung von Standard-Komponenten .....	121
9.7	FMEA und FTA .....	122
<b>10</b>	<b>Hydraulik und Pneumatik .....</b>	<b>125</b>
10.1	Maschinenfunktion mit pneumatischen Einheiten .....	125
10.2	Aufbau der Maschine und Druckerzeugung .....	126
10.3	Realisierte technische Lösung .....	126
10.4	Nachweis der Eignung nach DIN EN ISO 13849 .....	128
10.4.1	Umsetzung in ein Sicherheitsblockschaltbild .....	128
10.4.2	Bewertung nach Norm .....	131
10.5	Sicherheitstechnische Verbesserung .....	134
10.6	Berechnung der zweikanaligen Lösung .....	136
<b>11</b>	<b>Verwendung sicherer Antriebe .....</b>	<b>139</b>
11.1	Wirkung sicherer Antriebe .....	139
11.2	Erfüllung der Anforderungen aus der MRL und den Normen .....	139
11.2.1	Sicheres Stillsetzen .....	140
11.2.2	Schutz gegen unerwarteten Anlauf .....	140
11.3	Die Funktion STO (Safe Torque Off) .....	141
11.4	Die Funktion SS1 (Safe Stop 1) .....	143
11.5	Technische Realisierungsprinzipien für STO und SS1 .....	143
11.5.1	Unterbrechung der Kommutierung .....	144
11.5.2	Verwendung eines Sicherheitsgeräts .....	145
11.5.3	Verwendung einer speicherprogrammierbaren Steuerung .....	148
11.6	Weitergehende Sicherheitsfunktionen von Antrieben .....	152
<b>12</b>	<b>Erstellung von sicherheitsrelevanter Steuerungssoftware .....</b>	<b>157</b>
12.1	Systematische Fehler .....	158
12.2	Sicherheitsbezogene Software Spezifikation .....	159
12.2.1	Aufbau einer Beispielapplikation .....	160
12.3	Formulierung der Sicherheitsanforderungen .....	162
12.3.1	Sicherheitsfachsprache .....	163
12.3.2	Formular für Anforderungen .....	164
12.3.3	Definition der Sicherheitsanforderungen .....	164
12.3.4	Verwendung von Prioritäten .....	167

12.4	Sicherheitsarchitektur .....	167
12.4.1	Aufbau einer Softwaresicherheitsarchitektur entsprechend der Beispielapplikation.....	168
12.5	Moduldesign.....	171
12.5.1	Semi-formale Methoden .....	171
12.5.2	Anwendung einer semi-formalen Beschreibung.....	172
12.5.3	Beschreibung der Module aus der Beispielapplikation.....	175
12.6	Codierung.....	180
12.6.1	Umgang und Verwendung von Passwörtern .....	183
12.6.2	Arten der Kontaktaufnahme zwischen Programmiersystem und Steuerung.....	183
12.7	Verifizieren und Validieren.....	187
12.8	Test der Module.....	188
12.8.1	Modultestbeispiel.....	188
12.9	Integrationstest .....	191
12.9.1	Erfassung der Reaktionszeiten .....	191
12.9.2	Beispiel einer Integrationstestspezifikation.....	193
12.10	Validierung der Sicherheitsspezifikation.....	194
12.11	Weitere Anforderungen an das Software-Sicherheitsmanagement .....	195
	<b>Mathematische Formeln.....</b>	<b>197</b>
	<b>Zuordnung SIL-Werte, HFT und Ausfallraten .....</b>	<b>199</b>
	<b>Begriffe und Abkürzungen .....</b>	<b>201</b>
	<b>Literaturangaben .....</b>	<b>205</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>207</b>