

Inhaltsverzeichnis

Zu diesem Buch	V
Vorwort	XI
1 Einführung	1
1.1 Historie und Stand der Sicherheitstechnik	1
2 Grundüberlegungen zur Maschinensicherheit	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
3 Richtlinien, Gesetze, Normen	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
4 Risikobeurteilung	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

5	Organisatorische Aspekte	41
6	Beispiel: Konformitätsbewertungsverfahren und Risikobeurteilung	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
7	Einstufung des Risikos nach Norm	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
8	Kenngößen eines Sicherheitssystems	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
9	Berechnungsmethoden	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
10	Hydraulik und Pneumatik	125
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
11	Verwendung sicherer Antriebe	139
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
12	Erstellung von sicherheitsrelevanter Steuerungssoftware	157
12.1	Systematische Fehler	158
12.2	Sicherheitsbezogene Software Spezifikation	159
12.2.1	Aufbau einer Beispiellapplikation	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
	Mathematische Formeln	197
	Zuordnung SIL-Werte, HFT und Ausfallraten	199
	Begriffe und Abkürzungen	201
	Literaturangaben	205
	Stichwortverzeichnis	207