

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Sichere Produkte sind Chefsache	1
1.2 Zum Buch	2
1.3 Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte im Rückblick	4
1.4 Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte heute	6
1.5 Systematische Lösungssammlungen.....	9
2 Rechtliche Anforderungen an sicherheitsgerechte Produkte...	11
2.1 Allgemeine Rechtssystematik.....	11
2.1.1 Grundlegende rechtliche Aspekte	11
2.1.2 Systematik des Produktsicherheitsrechts	13
2.2 Europäisches Produktsicherheitsrecht	14
2.2.1 Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	17
2.2.2 Europäische Normen	24
2.2.3 Das Konformitätsbewertungsverfahren	28
2.2.4 Technische Unterlagen für Maschinen	36
2.3 Nationales Produktsicherheitsrecht	40
2.3.1 Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)	40
2.3.2 Staatliches und Berufsgenossenschaftliches Regelwerk.....	43
2.3.3 Sicherheitszeichen an Produkten.....	46
2.4 Produkthaftung.....	50
2.4.1 Produkthaftungsgesetz.....	51
2.4.2 Unbestimmte Rechtsbegriffe	52
2.4.3 Produktfehler	54
2.4.4 Sicherheitstechnische Nachrüstungen und deren Kosten	57
2.4.5 Produktüberwachung	58
2.4.6 Leit- und Merksätze zur Produkthaftung.....	61
2.5 Zusammenfassung	63
3 Der Mensch im Arbeitssystem	65
3.1 Arbeitssystem	65
3.2 Funktionelle Systeme von Maschinen.....	70
3.2.1 Technisierungsstufe.....	72
3.2.2 Äußere Funktionselemente von Maschinen.....	74
3.2.3 Typologie der äußeren Funktionselemente	78
3.3 Zusammenfassung	82
4 Gefährdungen und Risiken an und mit Maschinen	83
4.1 Gefahr – Gefährdung – Risiko	83
4.2 Gefahren im Arbeitssystem.....	84
4.2.1 Stochastische und deterministische Gefahren	87
4.2.2 Mechanische Gefahren	96
4.2.3 Gefahr durch Anstoßen und Stürzen.....	98
4.2.4 Gefahr durch plötzlich freiwerdende mechanische Energie..	102

4.3	Gefahrstellen	111
4.3.1	Grundtypen von Gefahrstellen	111
4.3.2	Verletzungen an Gefahrstellen	113
4.3.3	Gefahrstellen der funktionellen Systeme	118
4.3.4	Typologie und Systematik der Gefahrstellen	120
4.4	Gefahren- und Gefährdungsanalysen	128
4.4.1	Zweck von Gefährdungsanalysen	129
4.4.2	Durchführung von Gefährdungsanalysen	129
4.4.3	Suchstrategie für Gefährdungen	133
4.5	Risikobeurteilung	137
4.5.1	Umgang mit Risiken	137
4.5.2	Risiken in und mit der Technik	138
4.5.3	Grenzkrisiko, Restrisiko	142
4.5.4	Risikobeurteilung in der Praxis	144
4.5.5	Analytische Methoden	146
4.5.6	Entscheidungsmatrizen und Risikographen	149
4.5.7	Branchenspezifische Risikobeurteilungen	156
4.5.8	Risikobeurteilung von Abstürzen	160
4.5.9	Dokumentation der Risikobeurteilung	161
4.5.10	Nutzung zeitgemäßer Software-Tools	165
4.6	Sicherheitswidriges Verhalten	169
4.6.1	Grundsätzliches zum Verhalten	169
4.6.2	Menschliche Zuverlässigkeit	171
4.6.3	Verhaltensbedingte Unfälle	175
4.6.4	Unfälle durch Reflexe	177
4.6.5	Unfälle durch unbewusstes und bewusstes Handeln	178
4.6.6	Manipulation von Schutzmaßnahmen	179
4.6.7	Verhalten in gefährlichen Situationen	180
4.6.8	Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung	183
4.7	Risikobeurteilung im Überblick	185
5	Sicherheitstechnik	191
5.1	Sicherheitsstrategien	191
5.1.1	Sicherheit – Verfügbarkeit – Zuverlässigkeit	191
5.1.2	Methoden der Sicherheitstechnik	194
5.1.3	Grundlegende Konstruktionsmaßnahmen	195
5.1.4	Organisatorische Voraussetzungen	197
5.2	Konstruktionsmaßnahmen gegen stochastische Gefährdungen	200
5.2.1	Prinzip des sicheren Bestehens (safe life)	200
5.2.2	Prinzip des beschränkten Versagens (fail safe)	211
5.2.3	Prinzip der Redundanz	218
5.2.4	Sichere Steuerungen	224
5.2.5	Normen zu sicherheitsrelevanten Teilen von Steuerungen	229
5.2.6	Wahrscheinlichkeitsbasierte Auslegung von Steuerungen	234
5.2.7	Zusammenfassung	252
5.3	Konstruktionsmaßnahmen gegen deterministische Gefährdungen	253
5.3.1	Drei Wege der Sicherheitstechnik	253
5.3.2	Funktioneller Ablauf eines Unfalls	255
5.4	Unmittelbare Sicherheitstechnik	257
5.4.1	Geometrische Gestaltungsmaßnahmen	257
5.4.2	Energetische Gestaltungsmaßnahmen	271

5.5	Mittelbare Sicherheitstechnik	282
5.5.1	Schutzeinrichtungen im Arbeitssystem	282
5.5.2	Schutzeinrichtungen: Grundtypen und Auswahlkriterien	283
5.5.3	Trennende Schutzeinrichtungen	288
5.5.4	Fangende Schutzeinrichtungen	288
5.5.5	Schutzhauben an Drehmaschinen und Fräsmaschinen	291
5.5.6	Schutzhauben an Schleifmaschinen	299
5.5.7	Schutzaufbauten an Fahrzeugen	305
5.5.8	Grundlegende Bauarten trennender Schutzeinrichtungen	307
5.5.9	Gestaltung trennender Schutzeinrichtungen	311
5.5.10	Schutzeinrichtungen als Zukaufteile	322
5.5.11	Unverlierbare Befestigungsmittel	325
5.5.12	Zusätzliche Funktionen trennender Schutzeinrichtungen	328
5.5.13	Abweisende Schutzeinrichtungen	333
5.6	Verriegelungseinrichtungen	335
5.6.1	Funktionelle Kopplungen	335
5.6.2	Verriegelungen	338
5.6.3	Verriegelungen mit Zuhaltung	340
5.6.4	Funktionelle Sicherheit von Zuhaltungen	349
5.6.5	Manuelles Entsperrn von Zuhaltungen	352
5.6.6	Arbeiten bei offenen Schutzeinrichtungen	353
5.6.7	Akzeptanz und Manipulation von Schutzeinrichtungen	357
5.7	Sicherheitsschalter	365
5.7.1	Elektromechanische Sicherheitsschalter	366
5.7.2	Berührungslos betätigte Sicherheits-Näherungsschalter	377
5.7.3	Optoelektronische Sicherheitsschalter	386
5.8	Ortsbindende Schutzeinrichtungen	388
5.8.1	Bauarten	388
5.8.2	Gestaltung ortsbindender Schutzeinrichtungen	396
5.9	Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion	402
5.9.1	Bauarten	402
5.9.2	Durch Berührung wirkende (taktile) Schutzeinrichtungen	405
5.9.3	Berührungslos optoelektronisch wirkende Schutzeinrichtungen	415
5.9.4	Lichtschranken	417
5.9.5	Lichtgitter und Lichtvorhänge	422
5.9.6	Blanking und Muting	431
5.9.7	Tastende Lasersysteme	439
5.9.8	Bildverarbeitende Schutzsysteme	446
5.9.9	Ultraschall-Schutzsysteme	448
5.9.10	Passive Infrarot-Schutzsysteme	451
5.10	Hinweisende Sicherheitstechnik	453
5.10.1	Passive Sicherheitsinformationen	454
5.10.2	Sicherheitszeichen nach MRL	455
5.10.3	Sicherheitszeichen nach ANSI-Standards	458
5.10.4	Sicherheits-Piktogramme und Markierungen	462
5.10.5	Aktive Sicherheitsinformationen	467
5.10.6	Optische Gefahren- und Sicherheitssignale	468
5.10.7	Akustische Gefahren- und Sicherheitssignale	472
5.10.8	Akustische Anlaufwarneinrichtungen	474
5.10.9	Kombination akustischer und optischer Signale	476

6 Spezielle Anwendungen der Sicherheitstechnik	479
6.1 Sicherung rotierender Maschinenteile.....	479
6.1.1 Sicherung von Fangstellen	480
6.1.2 Sicherung von Einzugstellen	482
6.1.3 Sicherung von Einzugstellen mit variabler Geometrie	489
6.1.4 Sicherung von Auflaufstellen	490
6.2 Konstruktionsmaßnahmen gegen Absturzgefahren.....	496
6.2.1 Arbeitsbühnen und Podeste	497
6.2.2 Auf- und Abstiege.....	498
6.2.3 Geländer.....	510
6.2.4 Durchgänge.....	513
6.2.5 Multifunktionale Absturzsicherungen.....	516
6.2.6 Zusammenfassung.....	518
6.3 Not-Befehls-Einrichtungen	519
6.3.1 Stopp-Kategorien.....	519
6.3.2 Not-Halt-Einrichtungen	521
6.3.3 Not-Halt-Befehlsgeräte.....	522
6.3.4 Kennzeichnung und Kodierung.....	524
6.3.5 Platzierung und Anordnung von Not-Halt-Befehlsgeräten..	526
6.3.6 Steuerungstechnische Aspekte.....	530
6.3.7 Not-Aus-Funktion	534
6.4 Hauptbefehlseinrichtungen	536
6.4.1 Funktion der Hauptbefehlseinrichtungen.....	536
6.4.2 Netztrenneinrichtung (Hauptschalter)	539
6.5 Findige konstruktive Lösungen in der Sicherheitstechnik	541
6.5.1 Anwendung geometrischer Prinzipien	541
6.5.2 Anwendung kinematischer Prinzipien	543
6.5.3 Anwendung allgemeiner Gestaltungsprinzipien.....	545
6.5.4 RFID in der Sicherheitstechnik.....	548
7 Gestaltung ergonomiegerechter Maschinen	551
7.1 Grundlagen und Randbedingungen.....	552
7.1.1 Langzeitwirkung ergonomischer Mängel.....	552
7.1.2 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept.....	553
7.1.3 Zwangshaltungen	554
7.2 Räumliche Gestaltung	556
7.2.1 Anthropometrische Daten.....	556
7.2.2 Körperfreiräume.....	561
7.2.3 Somatographie	561
7.2.4 Körperstellungen und Körperhaltungen.....	566
7.2.5 Bewegungstechnische Gestaltung.....	567
7.2.6 Sichtgeometrie	570
7.2.7 Höhe von Arbeitsflächen	573
7.2.8 Mannlöcher, Durchgangs-, Zugangs- und Zugriffsöffnungen..	578
7.3 Funktionselemente des Wahrnehmungs- und Handlungsbereiches..	583
7.3.1 Anzeiger und Anzeigen	583
7.3.2 Bedienteile	589
7.3.3 Vermeiden unerwünschter Betätigungen von Bedienteilen..	591
7.4 Ergonomiegerechte schemelgelenkte Straßenwalze	596
7.4.1 Funktionelle Systeme der Straßenwalze	596
7.4.2 Ergonomiegerechte Lösungen	598

8 Wichtige Begriffe der Maschinensicherheit	605
9 Weiterführende Informationen	625
9.1 Schrifttum	625
9.2 Gesetze, Richtlinien und Normen	640
9.2.1 Gesetze	640
9.2.2 EU-Richtlinien	640
9.2.3 EN Normen.....	640
9.2.4 EN ISO-Normen	646
9.2.5 IEC/ISO-Schriften und Normen	648
9.2.6 DIN-Normen.....	649
9.2.7 VDI-Richtlinien	649
9.2.8 Berufsgenossenschaftliches und Staatliches Arbeitsschutzrecht	650
9.2.9 US-Standards.....	650
9.3 Organisationen	650
10 Stichwortverzeichnis.....	653