

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	21
2.2.3 Das Konformitätsbewertungsverfahren.....	25
2.2.4 Technische Unterlagen für Maschinen.....	32
2.3 Nationales Produktsicherheitsrecht	36
2.3.1 Produktsicherheitsgesetz (ProdSG).....	36
2.3.2 Berufsgenossenschaftliches und staatliches Regelwerk	39
2.3.3 Sicherheitszeichen an Produkten	42
2.4 Produkthaftung	46
2.4.1 Produkthaftungsgesetz	47
2.4.2 Unbestimmte Rechtsbegriffe	48
2.4.3 Produktfehler.....	50
2.4.4 Sicherheitstechnische Nachrüstungen und deren Kosten ..	53
2.4.5 Produktüberwachung	54
2.5 Zusammenfassung.....	57
3 Der Mensch im Arbeitssystem.....	59
3.1 Arbeitssystem	59
3.2 Funktionelle Systeme von Maschinen	64
3.2.1 Technisierungsstufe.....	66
3.2.2 Äußere Funktionselemente von Maschinen.....	68
3.2.3 Typologie der äußeren Funktionselemente	72
3.3 Zusammenfassung.....	76
4 Gefährdungen und Risiken an und mit Maschinen	77
4.1 Gefahr - Gefährdung - Risiko	77
4.2 Gefahren im Arbeitssystem	78
4.2.1 Stochastische und deterministische Gefahren	81
4.2.2 Mechanische Gefahren.....	86
4.2.3 Gefahr durch Kollision, Stoß und Sturz	88
4.2.4 Gefahr durch plötzlich freiwerdende mechanische Energie.	92
4.3 Gefahrstellen	101

4.3.1	Grundtypen von Gefahrstellen	101
4.3.2	Verletzungen an Gefahrstellen.....	103
4.3.3	Gefahrstellen der funktionellen Systeme.....	106
4.3.4	Typologie und Systematik der Gefahrstellen	108
4.4	Gefahren- und Gefährdungsanalysen.....	116
4.4.1	Zweck von Gefährdungsanalysen	117
4.4.2	Durchführung von Gefährdungsanalysen.....	117
4.4.3	Suchstrategie für Gefährdungen	121
4.5	Risikobeurteilung	125
4.5.1	Umgang mit Risiken	125
4.5.2	Risiken in und mit der Technik	126
4.5.3	Grenzrisiko, Restrisiko	130
4.5.4	Risikobeurteilung in der Praxis	132
4.5.5	Dokumentation der Risikobeurteilung	145
4.5.6	Nutzung zeitgemäßer Software-Tools	149
4.6	Sicherheitswidriges Verhalten	153
4.6.1	Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung	153
4.6.2	Grundsätzliches zum Verhalten	154
4.6.3	Verhaltensbedingte Unfälle	155
4.6.4	Unfälle durch Reflexe.....	158
4.6.5	Unfälle durch unbewusstes und bewusstes Handeln.....	159
4.6.6	Manipulation von Schutzmaßnahmen	162
4.6.7	Menschliche Zuverlässigkeit	164
4.6.8	Verhalten in gefährlichen Situationen.....	166
4.7	Risikobeurteilung im Überblick	168
5	Sicherheitstechnik	173
5.1	Sicherheitsstrategien	173
5.1.1	Grundlegende Konstruktionsmaßnahmen	175
5.1.2	Organisatorische Voraussetzungen	177
5.2	Konstruktionsmaßnahmen gegen stochastische Gefährdungen	180
5.2.1	Prinzip des sicheren Bestehens (safe life)	180
5.2.2	Prinzip des beschränkten Versagens (fail safe).....	190
5.2.3	Prinzip der Redundanz.....	197
5.2.4	Zuverlässige Steuerungen.....	203
5.2.5	Normen zu sicherheitsrelevanten Teilen von Steuerungen.	208
5.2.6	Wahrscheinlichkeitstheoretische Auslegungsverfahren für Steuerungen.....	213
5.2.7	Zusammenfassung	226
5.3	Konstruktionsmaßnahmen gegen deterministische Gefährdungen	227
5.3.1	Drei Wege der Sicherheitstechnik	227
5.3.2	Funktioneller Ablauf eines Unfalls	229
5.4	Unmittelbare Sicherheitstechnik	231
5.4.1	Geometrische Gestaltungsmaßnahmen.....	231
5.4.2	Energetische Gestaltungsmaßnahmen	243
5.5	Mittelbare Sicherheitstechnik	254
5.5.1	Schutzeinrichtungen im Arbeitssystem	254
5.5.2	Schutzeinrichtungen: Grundtypen und Auswahlkriterien .	255
5.5.3	Trennende Schutzeinrichtungen	260
5.5.4	Fangende Schutzeinrichtungen	260
5.5.5	Schutzauben an Drehmaschinen und Fräsmaschinen.....	263
5.5.6	Schutzauben an Schleifmaschinen	271

5.5.7 Schutzaufbauten an Fahrzeugen.....	277
5.5.8 Grundlegende Bauarten trennender Schutzeinrichtungen.....	279
5.5.9 Gestaltung trennender Schutzeinrichtungen	283
5.5.10 Schutzeinrichtungen als Zukaufteile.....	294
5.5.11 Unverlierbare Befestigungsmittel.....	297
5.5.12 Zusätzliche Funktionen trennender Schutzeinrichtungen.....	300
5.5.13 Abweisende Schutzeinrichtungen	305
5.6 Verriegelungen und Zuhaltungen.....	307
5.6.1 Funktionelle Kopplungen.....	307
5.6.2 Elektrische Verriegelung trennender Schutzeinrichtungen	311
5.6.3 Aufbau von Verriegelungen und Zuhaltungen.....	312
5.6.4 Arbeiten bei offenen Schutzeinrichtungen	321
5.6.5 Akzeptanz und Manipulation von Schutzeinrichtungen	325
5.7 Sicherheitsschalter	330
5.7.1 Elektromechanische Sicherheitsschalter.....	330
5.7.2 Sicherheits-Näherungsschalter.....	339
5.7.3 Optoelektronische Sicherheitsschalter	347
5.8 Ortsbindende Schutzeinrichtungen	351
5.8.1 Bauarten	351
5.8.2 Gestaltung ortsbinder Schutzeinrichtungen.....	359
5.9 Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion	365
5.9.1 Bauarten	365
5.9.2 Durch Berührung wirkende (taktile) Schutzeinrichtungen	368
5.9.3 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen	378
5.9.4 Lichtschranken	380
5.9.5 Lichtgitter und Lichtvorhänge	383
5.9.6 Blanking und Muting.....	391
5.9.7 Tastende Lasersysteme	399
5.9.8 Bildverarbeitende Schutzsysteme.....	403
5.9.9 Ultraschall-Schutzsysteme	405
5.9.10 Passive Infrarot-Schutzsysteme.....	407
5.10 Hinweisende Sicherheitstechnik.....	410
5.10.1 Passive Sicherheitsinformationen	411
5.10.2 Sicherheitszeichen nach MRL	412
5.10.3 Sicherheitszeichen nach ANSI-Standards.....	415
5.10.4 Sicherheits-Piktogramme und Markierungen	419
5.10.5 Aktive Sicherheitsinformationen	424
5.10.6 Optische Sicherheitssignale	425
5.10.7 Akustische Sicherheitssignale	429
5.10.8 Akustische Anlaufwarneinrichtungen	431
5.10.9 Kombination akustischer und optischer Signale	433
6 Spezielle Anwendungen der Sicherheitstechnik	435
6.1 Sicherung rotierender Maschinenteile	435
6.1.1 Sicherung von Fangstellen.	436
6.1.2 Sicherung von Einzugsstellen	438
6.1.3 Sicherung von Einzugsstellen mit variabler Geometrie	445
6.1.4 Sicherung von Auflaufstellen	446
6.2 Konstruktionsmaßnahmen gegen Absturzgefahren	452
6.2.1 Arbeitsbühnen und Podeste.....	453
6.2.2 Auf- und Abstiege	454

6.2.3	Geländer	466
6.2.4	Durchgänge	469
6.2.5	Multifunktionale Absturzsicherungen	472
6.2.6	Zusammenfassung	474
6.3	Not-Halt-Einrichtungen	475
6.3.1	Aktivierung der Not-Halt-Einrichtungen	476
6.3.2	Steuerungstechnische Aspekte	478
6.4	Hauptbefehleinrichtungen	482
6.4.1	Funktion der Hauptbefehleinrichtungen	482
6.4.2	Netztrenneinrichtung (Hauptschalter)	485
6.5	Findige konstruktive Lösungen in der Sicherheitstechnik	487
6.5.1	Anwendung geometrischer Prinzipien	487
6.5.2	Anwendung kinematischer Prinzipien	489
6.5.3	Anwendung allgemeiner Gestaltungsprinzipien	491
7	Gestaltung ergonomiegerechter Maschinen	495
7.1	Grundlagen und Randbedingungen	496
7.1.1	Langzeitwirkung ergonomischer Mängel	496
7.1.2	Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	497
7.1.3	Zwangshaltungen	498
7.2	Räumliche Gestaltung	500
7.2.1	Anthropometrische Daten	500
7.2.2	Körperfreiräume	504
7.2.3	Somatographie	504
7.2.4	Körperstellungen und Körperhaltungen	509
7.2.5	Bewegungstechnische Gestaltung	510
7.2.6	Sichtgeometrie	513
7.2.7	Höhe von Arbeitsflächen	516
7.2.8	Mannlöcher, Durchgangs-, Zugangs- und Zugriffsöffnungen ..	521
7.3	Funktionselemente des Wahrnehmungs- und Handlungsbereiches ..	526
7.3.1	Anzeiger und Anzeigen	526
7.3.2	Bedienteile	532
7.3.3	Vermeiden unerwünschter Betätigungen von Bedienteilen.	534
8	Begriffe der Maschinensicherheit	539
9	Weiterführende Informationen	557
9.1	Schrifttum	557
9.2	Gesetze, Richtlinien und Normen	570
9.2.1	Gesetze	570
9.2.2	EG-Richtlinien	571
9.2.3	EN Normen	571
9.2.4	EN ISO-Normen	577
9.2.5	IEC/ISO-Schriften und Normen	578
9.2.6	DIN-Normen	579
9.2.7	VDI-Richtlinien	580
9.2.8	Berufsgenossenschaftliches Regelwerk	580
9.2.9	US-Standards	581
9.3	Organisationen	581
10	Stichwortverzeichnis	583