

Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

A. Neudörfer

Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte

Methoden und systematische
Lösungssammlungen
zur EG-Maschinenrichtlinie

2., vollst. überarb. und erw. Auflage

Mit 320 Abbildungen



Springer

Dr.-Ing. Alfred Neudörfer
Mechatronik und Maschinenakustik
Fachbereich 16
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstraße 4
64289 Darmstadt

E-mail: neudoerfer@mum.tu-darmstadt.de

ISBN 978-3-662-08155-6

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Neudörfer, Alfred: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte : Methoden und systematische Lösungssammlungen zur EG-Maschinenrichtlinie / Alfred Neudörfer. - 2. Aufl.

ISBN 978-3-662-08155-6 ISBN 978-3-662-08154-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-08154-9

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

<http://www.springer.de>

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2002

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 2002

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Satzzerstellung durch Autor

Einband: Struve & Partner, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier SPIN: 10849359 62/3020hu - 5 4 3 2 1 0 -

Vorwort zur zweiten Auflage

Fortschritte in der Sicherheitstechnik und deren internationale Normung machten es notwendig, die zweite Auflage zu aktualisieren und zu erweitern. Neben der Entwicklung der Vorschriften und Normen für den Bau sicherer Maschinen, soweit ein Überblick im europäischen Maßstab noch überhaupt möglich ist, wurden auch viele Anregungen der Leser berücksichtigt. Das Buch wurde um mehrere wichtige Wissensgebiete der Sicherheitstechnik und der Ergonomie ergänzt. Das Prinzip der übersichtlichen Strukturierung und konsequenter Informationsverdichtung in systematisch aufgebauten Bildern wurde beibehalten. Zugleich wurde die Gelegenheit wahrgenommen, einerseits Bewährtes zu präzisieren, andererseits möglichst viele Fehler, die sich in die erste Auflage eingeschlichen haben, zu korrigieren. Sollte dennoch trotz aller Sorgfalt an irgendeiner Stelle Kritik üben zu sein, werde ich Anregungen und Hinweise dankbar entgegennehmen.

Dem Springer-Verlag danke ich für die angenehme und ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Bensheim, im Juli 2001

A. Neudörfer

Vorwort zur ersten Auflage

Produkte sicherheitsgerecht auszulegen und zu konstruieren geht über das Einhalten von Vorschriften hinaus. Sicherheitsgerecht zu konstruieren fordert Konstrukteure genauso heraus, wie die konstruktive Umsetzung aller anderen Anforderungen, deren Erfüllung erfolgreiche marktgerechte Produkte ausmachen. Durch die Verwirklichung des Binnenmarkts hat sich der Bedarf nach Informationen über das Gestalten sicherheitsgerechter Produkte erhöht. Das dazu benötigte Wissen ist zwar vorhanden, aber auf zahlreiche Quellen unterschiedlichster Natur verteilt, vom Fachbuch bis zum umfangreichen Vorschriftenwerk. Es wird meistens uneinheitlich dargeboten und vor allem in den Vorschriften in einer den Konstrukteuren nicht immer geläufigen juristisch betonten Sprache verfaßt. Ziel des vorliegenden Buchs ist es, die wichtigsten sicherheitsrelevanten Erkenntnisse und Sachverhalte so kurz wie möglich und so ausführlich wie nötig in der Sprache der Konstrukteure wiederzugeben und sie deren Denkweise anzupassen.

Die Idee zu diesem Buch geht auf ein Konstrukteurseminar zurück, das seit Jahren das VDI-Bildungswerk veranstaltet. Es entstand aus dem immer wieder herangebrachten Wunsch nach Unterstützung der Konstrukteure bei der Umsetzung der wichtigsten Anforderungen beim Konstruieren sicherheitsgerechter Maschinen und Produkte. Die wiedergegebenen Sachverhalte gehen hauptsächlich auf praktische Erfahrungen und persönliche Erkenntnisse des Verfassers während der langjährigen

Tätigkeit als Maschinenprüfer eines berufsgenossenschaftlichen Fachausschusses zurück. Die Beratungsgespräche bei Maschinenherstellern haben immer wieder bestätigt, wie nützlich und vor allem wie praktisch ein solider theoretischer Fundus aus den Gebieten des methodischen Konstruierens, der Sicherheitstechnik und der Ergonomie sein kann.

Das aus den praktischen Erfahrungen und deren systematischen Aufbereitung hergeleitete und im Buch wiedergegebene Wissen stützt sich zwar auf die theoretischen Grundlagen der Ergonomie, der Sicherheitswissenschaft und des methodischen Konstruierens. Die theoretischen Ansätze werden hauptsächlich zur systematischen Gliederung des Stoffs und für seine didaktische Aufbereitung herangezogen. Die Erkenntnisse und Darstellungsmethoden sind zwar theoretisch nicht perfekt, haben sich jedoch in der Praxis als gut anwendbar und umsetzbar erwiesen, indem sie oft vor Ort nach einer Beratung von Konstrukteuren und Betriebspraktikern geholfen haben, Maschinen und Verfahren sicherer und damit menschengerechter zu gestalten.

Die aus der Praxis, der Fachliteratur und dem Vorschriftenwerk gewonnenen Erkenntnisse und Lösungsbeispiele erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sind vielmehr ein Versuch, das in vielen Quellen uneinheitlich dargebotene Wissen und die mehr oder weniger bekannten sicherheitstechnischen und ergonomischen Problemlösungen aus der Praxis im Sinne des methodischen Konstruierens so zusammenzufassen und systematisch derart aufzubereiten, daß praxiserfahrene Konstrukteure, die oft schnell übertragbare Lösungsansätze suchen, zumindest eine Anregung zu Lösung eigener Konstruktionsaufgaben finden. Aufbau und Darbietung der meisten systematischen Lösungssammlungen gehen auf Grundlagen des methodischen Konstruierens zurück, zahlreiche Beispiele sind bewußt an die komprimierte, für die Wissensvermittlung und Wissensspeicherung sehr wirkungsvolle Darstellungsart der Konstruktionskataloge angelehnt.

Aber Vorsicht! Ein Buch kann in der heutigen dynamischen Entwicklung der sicherheitsrechtlichen Gesetzgebung der Europäischen Union immer nur eine Momentaufnahme sein. Auch lassen sich die aufgeführten Lösungsbeispiele nicht ungeprüft auf jedes Problem jeder Branche übertragen. Branchenspezifische Lösungen für gleiche sicherheitstechnische Fragestellungen unterscheiden sich nicht selten in vielen Einzelheiten. Beispiele und Methoden sollen eher zu einer menschenbezogenen Denkrichtung der Konstrukteure hinführen, ihre Kreativität auf diesem Gebiet aktivieren und Anregungen zum eigenen Gestalten geben. Im konkreten Fall sind eigene Lösungen zumindest mit den aktuellen normativen Festlegungen abzustimmen, Konsultationen mit den für die Prüfung der jeweiligen Maschinen autorisierten Prüf- oder Zertifizierungsstellen sind empfehlenswert.

Mein herzlicher Dank gilt allen, die an der Entstehung dieses Buchs beteiligt waren. Zu besonderem Dank bin ich meiner Frau Ursula verpflichtet, in deren Händen die Herstellung der umfangreichen Zeichnungen lag. Dank ihres zeichnerischen Könnens, ihrer besonderen Sorgfalt und ihres Gefühls für Ästhetik, ist es ihr gelungen, in den bildlichen Darstellungen die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche zu lenken. Meinem Sohn Thomas, der mit seinen umfangreichen Kenntnissen der Rechnersysteme und Programme die Seiten gestaltet und den Umbruch erstellt hat, gilt der gleiche Dank. Nicht zuletzt bedanke ich mich beim Springer-Verlag und allen seinen Mitarbeitern, die es ermöglicht haben, eine Idee zu verwirklichen.

Möge das Buch einen Beitrag zur menschengerechten Gestaltung technischer Produkte leisten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte im Rückblick	1
1.2 Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte heute	2
1.3 Systematische Lösungssammlungen	4
1.4 Zum Buch	5
2 Rechtliche Anforderungen an sicherheitsgerechte Produkte	7
2.1 Rechtssystematik	7
2.2 Europäisches Recht	9
2.2.1 EG-Maschinenrichtlinie	11
2.2.2 Europäische Normen	12
2.2.3 Konformitätserklärung, CE-Kennzeichnung	16
2.2.4 Hersteller	21
2.3 Nationales Recht	22
2.3.1 Gerätesicherheitsgesetz	22
2.3.2 Berufsgenossenschaftliches Vorschriften- und Regelwerk	23
2.3.3 GS-Zeichen, BG-PRÜFZERT-Zeichen	25
2.4 Produkthaftungsgesetz	27
2.4.1 Unbestimmte Rechtsbegriffe	29
2.4.2 Produktfehler	31
2.4.3 Produktüberwachung	32
2.5 Produktsicherheitsgesetz	33
2.6 Zusammenfassung	34
3 Der Mensch im Arbeitssystem	37
3.1 Arbeitssystem	37
3.2 Funktionelle Systeme von Maschinen	40
3.2.1 Technisierungsstufe	43
3.2.2 Äußere Funktionselemente von Maschinen	43
3.2.3 Typologie der äußeren Funktionselemente	47
3.3 Zusammenfassung	51
4 Gefährdungen und Risiken im Arbeitssystem	53
4.1 Gefährdungsanalyse	53
4.1.1 Pflicht zur Gefährdungsanalyse	54
4.1.2 Durchführung von Gefährdungsanalysen	55
4.1.3 Suchstrategie für Gefahrstellen	58

4.2 Risikobewertung	60
4.2.1 Risiken in der Technik	61
4.2.2 Grenzzisiko	62
4.2.3 Risikobewertung in der Praxis	63
4.2.4 Dokumentation der Ergebnisse	71
4.3 Verhalten der Menschen im Arbeitssystem	73
4.3.1 Verhaltensbedingte Unfälle	73
4.3.2 Unfälle durch Reflexe	75
4.3.3 Unfälle durch unbewußtes und bewußtes Handeln	76
4.3.4 Menschliche Zuverlässigkeit	80
4.3.5 Verhalten in gefährlichen Situationen	82
4.4 Gefährdungen im Arbeitssystem	84
4.4.1 Stochastische und deterministische Gefahren	86
4.4.2 Mechanische Gefährdungen	89
4.4.3 Gefährdung durch Kollision, Stoß und Sturz	92
4.5 Gefahrstellen	102
4.5.1 Grundtypen von Gefahrstellen	102
4.5.2 Verletzungen an Gefahrstellen	104
4.5.3 Gefahrstellen der Maschinensysteme	106
4.5.4 Typologie und Systematik der Gefahrstellen	108
4.6 Zusammenfassung	115
5 Sicherheitstechnik	119
5.1 Sicherheitsstrategien	119
5.2 Konstruktionsmaßnahmen gegen stochastische Gefährdungen	124
5.2.1 Prinzip des sicheren Bestehens (safe life)	124
5.2.2 Prinzip des beschränkten Versagens (fail safe)	130
5.2.3 Prinzip der Redundanz	135
5.2.4 Zuverlässige Steuerungen	139
5.3 Konstruktionsmaßnahmen gegen deterministische Gefährdungen	146
5.3.1 Drei Wege der Sicherheitstechnik	146
5.3.2 Funktioneller Ablauf eines Unfalls	148
5.4 Unmittelbare Sicherheitstechnik	150
5.4.1 Geometrische Gestaltungsmaßnahmen	150
5.4.2 Energetische Gestaltungsmaßnahmen	160
5.5 Mittelbare Sicherheitstechnik	168
5.5.1 Funktion der Schutzeinrichtungen im Arbeitssystem	168
5.5.2 Grundtypen und Auswahl von Schutzeinrichtungen	168
5.5.3 Bauarten trennender Schutzeinrichtungen	172
5.5.4 Fangende Schutzeinrichtungen	174
5.5.5 Schutzhauben an Dreh- und Fräsmaschinen	176
5.5.6 Schutzhauben an Schleifmaschinen	182
5.5.7 Schutzaufbauten an Fahrzeugen	187
5.5.8 Grundtypen trennender Schutzeinrichtungen	191
5.5.9 Gestaltung trennender Schutzeinrichtungen	194
5.5.10 Schutzeinrichtungen als Zukaufteile.	199
5.5.11 Sonderfunktionen von Schutzeinrichtungen	203
5.5.12 Abweisende Schutzeinrichtungen	208

5.6 Verriegelungen und Zuhaltungen	210
5.6.1 Funktionelle Kopplungen	210
5.6.2 Verriegelung und Zuhaltung trennender Schutzeinrichtungen	214
5.6.3 Aufbau von Verriegelungen und Zuhaltungen	215
5.6.4 Arbeiten bei geöffneten Schutzeinrichtungen	221
5.6.5 Akzeptanz von verriegelten Schutzeinrichtungen	223
5.7 Positionsschalter mit Sicherheitsfunktion	224
5.7.1 Elektromechanische Sicherheitsschalter	224
5.7.2 Berührungslose Näherungsschalter	235
5.8 Ortsbindende Schutzeinrichtungen	239
5.8.1 Bauarten ortsbindender Schutzeinrichtungen	239
5.8.2 Gestaltung ortsbindender Schutzeinrichtungen	245
5.9 Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion	250
5.9.1 Bauarten der Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion	250
5.9.2 Durch Berührung wirkende Schutzeinrichtungen	253
5.9.3 Optoelektronische Schutzeinrichtungen	261
5.9.4 Lichtschranken	264
5.9.5 Lichtgitter, Lichtvorhänge	267
5.9.6 Muting	272
5.9.7 Tastende Lasersysteme	279
5.9.8 Ultraschallsensoren	282
5.9.9 Passive Infrarot-Sensoren	285
5.10 Hinweisende Sicherheitstechnik	288
5.10.1 Statische Sicherheitsinformationen	289
5.10.2 Aktive Warneinrichtungen	296
6 Spezielle Anwendungen der Sicherheitstechnik	305
6.1 Sicherung rotierender Maschinenteile	305
6.1.1 Sicherung von Fangstellen	306
6.1.2 Sicherung von Einzugstellen	308
6.1.3 Einzugstellen mit variabler Geometrie	312
6.1.4 Sicherung von Auflaufstellen	316
6.2 Konstruktionsmaßnahmen gegen Absturzgefahren	321
6.2.1 Podeste	322
6.2.2 Aufstiege	324
6.2.3 Geländer	333
6.2.4 Durchgänge	335
6.2.5 Multifunktionale Absturzsicherungen	338
6.2.6 Zusammenfassung	341
6.3 Not-Befehlseinrichtungen	342
6.3.1 Aktivierung von Not-Befehlseinrichtungen	342
6.3.2 Steuerungstechnische Aspekte	344
6.4 Hauptbefehlseinrichtungen	347
7 Verwendete Begriffe	351
8 Schrifttum	357
9 Stichwortverzeichnis	371