

Hochschultext



W. Steinhilper · R. Röper

Maschinen- und Konstruktionselemente

Band I
Grundlagen der Berechnung
und Gestaltung

Dritte, überarbeitete Auflage

Mit 222 Abbildungen und 39 Tabellen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1990

Dr.-Ing. Waldemar Steinhilper

o. Professor, Lehrstuhl für Maschinenelemente,
Universität Kaiserslautern

Dr.-Ing. Rudolf Röper

o. Professor, Lehrstuhl für Maschinenelemente,
Universität Dortmund

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Steinhilper, Waldemar:

Maschinen- und Konstruktionselemente / W. Steinhilper ; R. Röper.

Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ; Paris ; Tokyo ; Hong Kong : Springer.

(Hochschultext)

NE: Röper, Rudolf:

Bd. 1. Grundlagen der Berechnung und Gestaltung. – 3., überarb. Aufl. – 1990

ISBN 978-3-540-52251-5 ISBN 978-3-662-08509-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-08509-7

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.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982, 1988, and 1990

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1990.

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.

Vorwort zur dritten Auflage

In den zwei Jahren seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses Lehrbuches sind auf dem Gebiet der Toleranzen, Passungen sowie Paßtoleranzfelder und der Beschreibung von technischen Oberflächen, besonders der Kennzeichnung der Rauheit, neue national und international geltende Normen erschienen, die eine Überarbeitung dieses Buches notwendig machten. Daneben haben wir die nach gründlicher Durchsicht festgestellten Fehler korrigiert und einige, dem besseren Verständnis dienende Neuformulierungen und Ergänzungen vorgenommen.

Unseren Lesern und Mitarbeitern, die zu dieser Auflage wertvolle Anregungen gegeben haben, danken wir ganz besonders. Wir ermutigen Sie alle, diesen konstruktiven Dialog auch in der Zukunft fortzusetzen. Für die Mithilfe bei der Reinschrift, beim Anfertigen der Bilder sowie Tabellen und beim Lesen der Korrekturen danken wir unseren Mitarbeitern sehr herzlich. Auch den Mitarbeitern des Springer-Verlages gilt unser Dank für die gute Zusammenarbeit bei der Drucklegung des Bandes.

Kaiserslautern, Dortmund, April 1990

W. Steinhilper R. Röper

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage

Unter Technik verstehen wir jene Vorrichtungen und Maßnahmen, mit denen der Mensch die Naturkräfte auf Grund der Kenntnis ihrer Gesetzmäßigkeiten in seinen Dienst stellt, um menschliches Leben und in der Folge Zivilisation und Kultur zu ermöglichen und zu sichern. Das Tätigkeitsfeld der Technik umfaßt global die Erzeugung und Umformung von Energie, Stoff und Information sowie die Orts- und Lagewandlung. Solche Vorgänge erfolgen durch den Einsatz technischer Systeme (Maschinen, Apparate und Geräte), in denen physikalische und chemische Abläufe unter der Beachtung besonderer technischer Begriffe wie Funktion, Funktionssicherheit, Herstellbarkeit und Aufwand-Nutzen-Relation nutzbar gemacht werden. Mit der Ingenieur Tätigkeit ver-

bindet sich daher primär die schöpferische Gestaltung technischer Systeme, und sie wird maßgebend gekennzeichnet durch das Konstruieren, d.h. das Auffinden von Zielvorgaben und deren Verwirklichung durch logische, physikalische und konstruktive Wirkzusammenhänge.

Hochtechnisierte Länder, insbesondere die mit nur geringen natürlichen Reichtümern an Bodenschätzen und Energie, sind darauf angewiesen, technische Produkte und Verfahren höchster Qualität zu schaffen und unterliegen damit einem besonderen Zwang zu außerordentlichen Ingenieurleistungen. Ferner ist die Entwicklung der Technik gekennzeichnet durch immer kürzere Innovationszeiten für technische Produkte, einen wachsenden Grad an Komplexität der Strukturen und eine immer engere Verknüpfung technischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Systeme. Dies bewirkt eine zunehmend schnellere Veralterung von - z.B. im Studium erworbenen - Kenntnissen und den frühen Verlust von zeitlich begrenzten Vorteilen einer Spezialisierung. Die sich abzeichnende Entwicklung verlangt eine stärkere Gewichtung der Grundlagen und eine gegenüber dem heutigen Stand weiter auszubauende Methodenlehre. Da eine speziellere Kenntnisvermittlung nur noch exemplarisch erfolgen kann, ist eine verstärkte Ausbildung in den Grundlagenfächern unerlässlich.

Gerade aus dieser Sicht kommt den Maschinen- und Konstruktionselementen als Basis für das Konstruieren eine herausragende Rolle zu. Dem widerspricht nicht die sicher zu pauschale Ansicht, daß "die Elemente nur in der Lehre für Dimensionierungsaufgaben nützlich sind, in der Praxis aber aus den Katalogen der Herstellerfirmen entnommen werden". Tatsächlich sind Maschinen- und Konstruktionselemente die technische Realisierung physikalischer Effekte und weiterer Wirkzusammenhänge im Einzelement oder im technischen Teilsystem mit noch überschaubarer Komplexität. Sie fördern das Verständnis für die wesentlichen Merkmale höherer technischer Strukturen, lassen erkennen, auf welcher physikalischen (Funktion, Festigkeit, energetische Wirkung), logischen (Anordnung, Verknüpfung) und technischen (Werkstoff, Technologie) Systematik sie beruhen, die zum Gesamtverhalten führt, und schaffen somit überhaupt erst die Voraussetzungen zum Konstruieren.

Aus diesen Überlegungen heraus entstand das Konzept dieses Buches, die Maschinen- und Konstruktionselemente prinzipienorientiert darzustellen. Hierdurch werden die Elemente in der Vielzahl ihrer Erscheinungen geläufig und die Basis geschaffen, neue Techniken, verbesserte Werkstoffe und moderne Technologien einsichtig anzuwenden. Dem didaktisch getragenen Vorhaben, kein Rezeptbuch oder gar einen Katalog für Maschinenteile, sondern ein Lehrbuch zu schaffen, entspricht es auch, daß den jeweiligen Kapiteln Beispiele nachgefügt sind, die den Lernprozeß durch Übung fördern und den Lernerfolg durch eine richtige und selbständig erbrachte Lösung überprüfen helfen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Maschinen- und Konstruktionselemente	2
1.2	Konstruktionswesen	3
1.2.1	Systeme	3
1.2.1.1	Technische Systeme	4
1.2.2	Konstruieren	7
1.2.2.1	Methodisches Konstruieren	8
1.2.2.2	Konstruktionsprozeß	11
1.2.2.3	Rechnergestütztes Konstruieren	12
1.3	Einteilung der Maschinen- und Konstruktionselemente	13
1.4	Funktionsgerechte und wirtschaftliche Konstruktion eines Maschinen- und Konstruktionselementes	14
1.4.1	Beanspruchungsgerechte Konstruktionen	14
1.4.2	Gestaltungsgerechte Konstruktionen	18
1.4.3	Werkstoffgerechte Konstruktionen	24
1.5	Kräfte, Momente, Arbeit und Leistung	45
1.5.1	Kräfte	45
1.5.2	Momente	46
1.5.3	Arbeit (Energie)	47
1.5.4	Leistung	48
1.6	Wirkungsgrad	49
1.7	Berechnungsbeispiele	50
	Schrifttum zu Kapitel 1	54
2	Normen, Toleranzen und Passungen, technische Oberflächen	62
2.1	Normung	62
2.1.1	Einleitung	62
2.1.2	Historischer Überblick über die Entwicklung der Normen	63

2.1.3	Erstellung von Normen	64
2.1.4	Einige Grundnormen	64
2.2	Toleranzen und Passungen	71
2.2.1	Allgemeines und Begriffe	73
2.2.2	Maßangaben	79
2.2.2.1	Maße ohne Toleranzangaben	79
2.2.2.2	Maße mit zahlenmäßiger Toleranzangabe	80
2.2.2.3	Längenmaße mit Toleranzen nach dem ISO-Toleranzsystem ...	84
2.2.3	Passungen	92
2.2.3.1	Passungsarten	94
2.2.3.2	Paßsysteme	95
2.2.3.3	Beispiele für Passungen	96
2.3	Technische Oberflächen	107
2.3.1	Kennzeichnung von Oberflächen	110
2.3.2	Gestaltabweichungen	114
2.3.3	Rauheitsmessungen	117
2.3.4	Vergleich der Meßschriebe technischer Oberflächen	122
2.4	Berechnungsbeispiele	123
	Schrifttum zu Kapitel 2	131
3	Grundlagen der Festigkeitsberechnung	138
3.1	Grundbeanspruchungsarten	138
3.1.1	Zugbeanspruchung	139
3.1.2	Druckbeanspruchung und Flächenpressung	142
3.1.3	Biegebeanspruchung (gerade Biegung!)	148
3.1.4	Torsionsbeanspruchung	153
3.1.5	Schub- oder Scherbeanspruchung	156
3.2	Zusammengesetzte Beanspruchung, Vergleichsspannung und Festigkeithypothesen	158
3.2.1	Festigkeithypothesen	158
3.2.1.1	Hypothese der größten Gestaltänderungsenergie (GE-Hypothese)	159
3.2.1.2	Hypothese der größten Normalspannung	162
3.2.1.3	Hypothese der größten Schubspannung	164
3.2.1.4	Hypothese der größten Dehnung oder Kürzung	169
3.2.2	Graphische Darstellung der Versagenshypothesen beim zweiachsigen Hauptspannungszustand	174

3.2.3	Graphische Darstellung des mehrachsigen Spannungszustandes	179
3.2.4	Berechnungsbeispiele	180
3.3	Knickung und Knickbeanspruchung	183
3.3.1	Euler-Hyperbel und Tetmajer-Gerade	187
3.3.2	Das ω -Verfahren nach DIN 4114	188
3.4	Hertzsche Pressung und Stribecksche Wälzpressung	190
3.4.1	Berührung zweier Kugeln	190
3.4.2	Berührung einer Kugel und einer ebenen Platte	193
3.4.3	Berührung zweier Zylinder	194
3.4.4	Berührung eines Zylinders und einer ebenen Platte	197
3.4.5	Stribecksche Wälzpressung	198
3.5	Werkstoffkennwerte	201
3.5.1	Zügige Beanspruchung (stationäre Belastung)	202
3.5.1.1	Werkstoffkennwerte bei Raumtemperatur	203
3.5.1.2	Werkstoffkennwerte bei hoher Temperatur	205
3.5.1.3	Näherungswerte für die zulässigen Spannungen bei stationärer Belastung	205
3.5.2	Wechselnde Beanspruchung (dynamische Belastung)	206
3.5.2.1	Dauerfestigkeit und Zeitfestigkeit	208
3.5.2.2	Wöhler-Diagramm	210
3.5.2.3	Dauerfestigkeits-Schaubild (DFS)	211
3.5.2.4	Einflüsse auf die Dauerfestigkeit σ_D und den Spannungs- ausschlag σ_A ; Gestaltfestigkeit	219
3.6	Kerbwirkung und Kerbspannungen	221
3.6.1	Statische Beanspruchung	223
3.6.2	Rein schwingende Beanspruchung	235
3.6.3	Allgemeine dynamische Beanspruchung	240
3.6.4	Rechnerische Ermittlung der Kerbwirkungszahl	241
3.6.5	Einfluß der Bauteilgestaltung	246
3.7	Sicherheitsbeiwerte und Festlegung der zulässigen Spannung	247
3.7.1	Sicherheitsfaktoren	247
3.7.2	Zulässige Spannungen	248
3.8	Festigkeitsnachweis	250
3.9	Berechnungsbeispiele	250
	Schrifttum zu Kapitel 3	266
4	Gestaltung von Elementen und Systemen	270
4.1	Eindeutigkeit einer Konstruktion	270

4.2	Einfachheit einer Konstruktion	273
4.3	Sicherheit einer Konstruktion	275
4.3.1	Unmittelbare Sicherheit	276
4.3.2	Mittelbare Sicherheit	279
4.4	Beanspruchungsgerechte Gestaltung von Bauteilquerschnitten	280
4.4.1	Grundbeanspruchungsarten	281
4.4.2	Auswahl der untersuchten Querschnittsformen	282
4.4.3	Unterschiedliche Beanspruchungen	282
4.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	297
4.5	Fertigungsgerechte Gestaltung	298
4.5.1	Fertigungsverfahren	298
4.5.2	Herstellungskosten	299
4.5.3	Spanabhebend bearbeitete Konstruktionen	300
4.5.3.1	Drehteile	301
4.5.3.2	Frästeile	301
4.5.3.3	Bohrteile	304
4.5.3.4	Räumteile	306
4.5.3.5	Schleifteile	308
4.5.4	Gußkonstruktionen	309
4.5.4.1	Gießgerechtes Gestalten	311
4.5.5	Schmiedekonstruktionen	323
4.5.5.1	Schmiedegerechtes Gestalten	326
4.5.5.2	Kaltfließpressen	331
4.5.6	Blechkonstruktionen	333
4.5.6.1	Gestaltung von Blechteilen	333
4.5.7	Schweißkonstruktionen	356
4.5.7.1	Schweißstöße	357
4.5.7.2	Schweißverfahren	357
4.5.7.3	Gestaltung von Schweißteilen	358
4.5.7.4	Fugenvorbereitung	367
4.6	Gestaltungsbeispiele	371
4.6.1	Schmiedekonstruktionen	372
4.6.2	Gußkonstruktionen	372
	Schrifttum zu Kapitel 4	374
	Sachverzeichnis	381