

**Bernd Künne
Ulrike Willms**

**Maschinenelemente kompakt
Band 2: Gestaltung**

Maschinenelemente kompakt

Band 2: Gestaltung

**Von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Künne
und Dr.-Ing. Ulrike Willms**



Maschinenelemente-Verlag Soest
www.maschinenelemente-verlag.de
www.maschinenelemente-verlag.info

Herausgegeben und bearbeitet von
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Künne und Dr.-Ing. Ulrike Willms, Fachgebiet Maschinenelemente,
Technische Universität Dortmund.

1. Auflage 2014

Alle Rechte vorbehalten
© Maschinenelemente-Verlag, Soest, 2014.
www.maschinenelemente-verlag.de
www.maschinenelemente-verlag.info

Das Werk und alle seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Eine Nutzung außerhalb der gesetzlich zugelassenen Fälle ist ohne die vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet. Weder das Gesamtwerk noch Teile davon dürfen ohne Genehmigung des Verlages vervielfältigt, übersetzt, mikroverfilmt und in elektronischen Systemen eingespeichert und verarbeitet werden.

Maschinenelemente-Verlag
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Künne
Eberhard-Viegener-Weg 1
59494 Soest

ISBN 3-937651-09-8

Vorwort und Hinweise zur Benutzung

Das vorliegende Werk soll dazu dienen, den Leserinnen und Lesern die grundlegenden Kenntnisse der Gestaltung technischer Produkte zu vermitteln. Darüber hinaus soll eine kurze Einführung in die Grundlagen der Festigkeitsberechnung als Basis für die Berechnung von Maschinenelementen gegeben werden. Nach Durchlesen der Inhalte und Bearbeitung der Übungsbeispiele sollten sie in der Lage sein, alle Standardprobleme in den behandelten Gebieten problemlos zu lösen. Bei der Vermittlung der Inhalte werden praktisch kaum Kenntnisse vorausgesetzt, außer einem gewissen Maß an Interesse und an technischem Grundverständnis.

Das Buch richtet sich an alle, die sich mit der Gestaltung von Produkten vertraut machen möchten. Neben den Studierenden konstruktiver Fächer und anderen in Ausbildungsgängen angesiedelten Personen können dies auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus konstruktiven Bereichen der Industrie sein, die Ihre Kenntnisse vertiefen möchten.

Die Gestaltung von Produkten ist eine interessante, vielseitige und anspruchsvolle Aufgabe. Einerseits gilt es, technisch einwandfreie, d. h. funktions- bzw. anforderungsgerechte Produkte zu gestalten, andererseits bestehen Randbedingungen wie z. B. das Anstreben geringer Kosten und eines geringen Gewichts, die dazu führen, dass Kompromisse eingegangen werden müssen, die die Produktqualität negativ beeinflussen. Im vorliegenden Buch sind stets „konstruktiv einwandfreie“, also funktions sichere Lösungen beschrieben. Kostengesichtspunkte o. ä. sind dabei nicht berücksichtigt. Hierdurch sollen fundierte konstruktive Kenntnisse vermittelt werden; darüber hinaus wird die Möglichkeit geschaffen, hiervon abweichende Lösungen, die beispielsweise aus Kostengründen gefordert werden, dort kritisch zu hinterfragen, wo von den einschlägigen Gestaltungsregeln abgewichen wird.

Die Inhalte sind folgendermaßen aufgebaut: Zunächst werden Grundlagen des Vorgehens bei der Konstruktionserstellung behandelt. Hierbei sollen erste bescheidene Schritte in Richtung einer konstruktionssystematischen Bearbeitung erfolgen. Weiterhin wird als Hilfsmittel der Kraftfluss beschrieben, der dazu genutzt werden kann, hochbelastete Bauteilbereiche und Schwachpunkte einer entsprechenden Konstruktion zu erkennen.

Sollen Maschinen o. ä. konstruiert werden, so ist es unerlässlich, Kenntnisse über die zu verwendenden Werkstoffe und deren Eigenschaften zu besitzen; diese sollen im zweiten Kapitel vermittelt werden. Hier soll keine tiefgehende Werkstoffkunde betrieben werden, sondern es soll eine grobe Übersicht darüber gegeben werden, welche Materialien für welche Zwecke eingesetzt werden können. Ähnliche Ziele verfolgt das dritte Kapitel, in dem die wichtigsten Fertigungsverfahren erläutert werden. Hierbei soll den Lesenden vermittelt werden, welche Bauteilgeometrie mittels der einzelnen Fertigungsverfahren erzeugt werden kann. Dies ist heutzutage umso wichtiger, weil grundlegende handwerkliche und fertigungstechnische Kenntnisse teilweise dadurch in den Hintergrund getreten sind, dass Praxisphasen im Rahmen von Ausbildungen verkürzt worden sind usw.

Die nachfolgenden Kapitel beinhalten die wichtigsten Voraussetzungen und Randbedingungen für die Gestaltung, so dass hieraus Leitregeln abgeleitet werden können.

Im vierten Kapitel werden Gestaltungsregeln für die Fertigung und Montage behandelt. Hieran schließt sich die Beschreibung der wichtigsten Dichtungen mit ihren spezifischen Einbaubedingungen an. Auch hieraus werden Leitregeln zur Gestaltung abgeleitet. Die folgenden Kapitel behandeln Achsen und Wellen, Lagerungen und Lager, allgemeine Regeln für Gestellteile, Guss- und Schweißkonstruktionen. Damit sind die wichtigsten Grundlagen zur Erstellung eigener Konstruktionen geschaffen. Weiterführende Themen, beispielsweise die Gestaltung von Kunststoffteilen, Stanz- und Schmiedeteilen o. ä., würden den Rahmen sprengen; hier wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

Im elften Kapitel werden Grundlagen der Festigkeitsberechnung behandelt. Hiermit soll die Basis für die Behandlung der Berechnungsverfahren der einzelnen Maschinenelemente erstellt werden; detailliertere Betrachtungen sollen dagegen nicht Gegenstand dieses Buchs sein.

Die einzelnen Kapitel enthalten zahlreiche Übungsbeispiele, die zur Wissensstandkontrolle genutzt werden sollen. Diese Übungsbeispiele können direkt im Buch bearbeitet werden; dies geht naturgemäß allerdings nur einmal, und das Buch ist danach für die erneute Benutzung kaum noch geeignet. Alternativ können die Vorlagen zur eigenen Bearbeitung herauskopiert werden, was vom Herausgeber und den Autoren hiermit ausdrücklich gestattet wird. Weiterhin können die Übungsbeispiele als Vorlagen kostenlos aus dem Internet heruntergeladen werden unter www.maschinenelemente-verlag.info. Die Lösungen hierzu sind in Kapitel 12 dargestellt und ausführlich erläutert. E-Learning-Materialien in Form von Videos (E-Vorlesung und E-Übung) sind dort ebenfalls verfügbar.

Die Strichstärken in den Zeichnungen sind durch die Verkleinerung teilweise nicht mehr normgerecht. Die zitierten DIN-Normen entsprechen dem Stand bei Abschluss des Manuskripts. Alle Angaben sind nach bestem Wissen erfolgt; trotzdem können inhaltliche Fehler oder Druckfehler nicht ausgeschlossen werden. Hierfür und für daraus ggf. resultierende Folgen übernehmen der Verlag und die Autoren keinerlei Haftung.

Mein Dank gilt allen, die bei der Erstellung des Werkes direkt und indirekt mitgewirkt haben. Besonders bedanken wir uns bei Herrn Thomas Kallenbach und Frau Laura Altland.

Für Anregungen, die dazu dienen können, das Werk zu verbessern und weiterzuentwickeln, sind wir stets dankbar.

Dortmund/Soest, im Februar 2014

Bernd Künne
Ulrike Willms

Inhalt

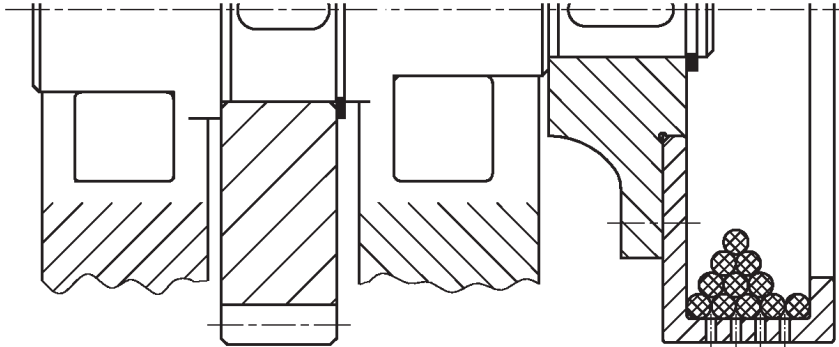
1 Grundlagen	1
1.1 Ablauf des Konstruktionsvorgangs	1
1.2 Kraftfluss	6
2 Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften	9
2.1 Übersicht über Werkstoffe	9
2.2 Festigkeit, Streckgrenze und Elastizitätsmodul	12
2.3 Übersicht über Härte- und Vergütungsverfahren	16
3 Übersicht über einige Fertigungsverfahren	18
3.1 Seriengröße und Herstellverfahren	18
3.2 Drehen	19
3.3 Fräsen	21
3.4 Bohren und Bearbeitung auf dem Bohrwerk	23
3.5 Aufspannen von Werkstücken	25
3.6 Sägen	25
3.7 Schleifen	26
3.8 Räumen	27
3.9 Schweißen	28
3.10 Handwerkzeuge und handgeführte Maschinen	30
4 Gestaltungsregeln für Bearbeitung und Montage	33
4.1 Freistiche, Kanten, Radien	33
4.2 Gestaltungsregeln für Dreh-, Fräs- und Bohrbearbeitung	35
4.3 Gestaltungsregeln für Gewindefertigung und Schraubkopfauflagen	39
4.4 Montageplan und Demontageplan	41
5 Dichtungen	43
5.1 Ruhende Dichtungen	43
5.2 Bewegungsdichtungen	46
6 Gestaltung von Achsen und Wellen	52
6.1 Festigkeit und Steifigkeit	52
6.2 Kerbwirkungen	53
6.3 Montage und Demontage, Absätze	55
6.4 Bauteilfestlegung mit Sicherungsring oder Wellenmutter	58
6.5 Fertigungs- und montagegerechte Gestaltung von Achsen und Wellen	60
6.6 Ausführungsbeispiele für typische Wellenenden	65
7 Gestaltung von Lagerungen	67
7.1 Lagerungsprinzipien	67
7.2 Ausführungsbeispiele für Gleitlagerungen	69
7.3 Wälzlagerungen, Voraussetzungen	71

II	Inhalt
7.4	Wälzlagerungen, Passungen74
7.5	Wälzlagerungen, Fest-Los-Lagerungen76
7.6	Wälzlagerungen, schwimmende Lagerungen80
7.7	Wälzlagerungen, Trag-Stütz-Lagerungen82
7.8	Komplettbeispiele für gelagerte und abgedichtete Wellen87
8	Gestaltung von Gestell- und Gehäuseteilen91
8.1	Profilauswahl91
8.2	Wandstärken95
8.3	Schrauben-Grobabmessungen95
8.4	Teilung und Zentrierung96
9	Gusskonstruktionen102
9.1	Gießverfahren102
9.2	Sandguss mit zwei Formkästen und Kernen103
9.3	Sandguss mit drei Formkästen, Schablonen und Einlegeteilen106
9.4	Lunker und Eigenspannungen108
9.5	Gestaltungsregeln für Gussteile110
10	Schweißkonstruktionen122
10.1	Schweißverfahren122
10.2	Gestaltungsvoraussetzungen125
10.3	Gestaltungsregeln für Schweißteile127
11	Grundlagen der Berechnung von Maschinenelementen141
11.1	Masse, Kraft, Beschleunigung, Moment, Einheiten, Vorsilben141
11.2	Gleichgewichtsbedingungen143
11.3	Prinzip des Freischneidens145
11.4	Beanspruchungen, vorhandene Spannungen150
11.5	Schadensformen156
11.6	Dauerfestigkeitskennwerte157
12	Lösungen und Erläuterungen zu den Übungsbeispielen161
12.1	Lösungen zu Kapitel 1: Grundlagen161
12.2	Lösungen zu Kapitel 2: Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften162
12.3	Lösungen zu Kapitel 3: Übersicht über einige Fertigungsverfahren165
12.4	Lösungen zu Kapitel 4: Gestaltungsregeln für Bearbeitung und Montage168
12.5	Lösungen zu Kapitel 5: Dichtungen169
12.6	Lösungen zu Kapitel 6: Gestaltung von Achsen und Wellen171
12.7	Lösungen zu Kapitel 7: Gestaltung von Lagerungen173
12.8	Lösungen zu Kapitel 8: Gestaltung von Gestell- und Gehäuseteilen181
12.9	Lösungen zu Kapitel 9: Gusskonstruktionen184
12.10	Lösungen zu Kapitel 10: Schweißkonstruktionen195
12.11	Lösungen zu Kapitel 11: Grundlagen der Berechnung von Maschinenelementen206
	Normen- und Literaturverzeichnis211
	Stichwortverzeichnis214
	Beschreibung der E-Learning-Software218

Übungsbeispiel 7.13: Welle mit raumfesten und umlaufenden Kraftanteilen

Bei einer Zentrifuge (Fliehkraft, umlaufend) ist eine gelochte Trommel auf eine Welle aufgesetzt, die mittels eines ebenfalls aufgesetzten Zahnrades angetrieben wird. Hierfür ist eine geeignete Fest-Los-Lagerung (Festlager rechts, Loslager links) zu konstruieren.

- Welcher Ring hat Punktlast, welcher Umfangslast? Welcher Lagerring muss eine Presspassung haben?
- Konstruieren Sie die Lagerung mit Rillenkugellagern.

**7.6 Wälzlagerungen, schwimmende Lagerungen**

- Sonderfall der Trag-Stütz-Lagerung,
- jedes der beiden Lager überträgt Axialkräfte in einer Richtung, beide Richtungen entgegengesetzt, Lager müssen Axialkräfte in mindestens einer Richtung (oder in beiden Richtungen) übertragen können,
- Lager müssen jeweils einseitig und gegenüberliegend an Innen- und Außenring axial festgelegt werden,
- schwimmende Lagerungen haben stets Axialspiel; Wärmedehnungen beeinflussen das Axialspiel, daher kleiner Lagerabstand bzw. kurze Wellen erforderlich.

Die **schwimmende Lagerung** mit Rillenkugellagern ist eine einfache und kostengünstige Anordnung für Anwendungsfälle, bei denen die Welle zwischen den Lagern den größten Durchmesser hat. Sie ist dann ein Sonderfall der Trag-Stütz-Lagerung in X-Anordnung. Die Lager stützen sich zur Mitte hin gegen einen Wellenabsatz und nach außen hin gegen Gehäusedeckel ab. Um Fertigungstoleranzen und Wärmedehnungen auszugleichen ist ein axiales Spiel (i.d.R. am Außenring) erforderlich. Bei größeren Radialkräften werden Zylinderrollenlager der Bauform NJ verwendet. Bei unbestimmten Kraftverhältnissen, d. h. bei Presspassungen an Innen- und Außenring, sollte die untere Ausführung genutzt werden. Das Axialspiel ist dann innerhalb des Lagers vorhanden.

