

Stefan Vöth

**Maschinenelemente
Aufgaben und Lösungen**

Festigkeit, Verbindungen, Antriebe

Stefan Vöth

Maschinenelemente Aufgaben und Lösungen

**Festigkeit, Verbindungen,
Antriebe**

Mit 172 Abbildungen und Tabellen
sowie 42 Aufgaben mit Lösungen



Teubner

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Vöth lehrt am Fachbereich Maschinen- und Verfahrenstechnik an der Technischen Fachhochschule Georg Agricola in Bochum.

1. Auflage Januar 2007

Alle Rechte vorbehalten

© B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007

Der B.G. Teubner Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.

www.teubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Strauss Offsetdruck, Mörlenbach

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8351-0054-1

Vorwort

Zum Gebiet der Maschinenelemente sind bereits viele Titel erschienen. Sowohl hinsichtlich der Breite der Darstellung als auch bzgl. der konzentrierten, vertieften Behandlung einzelner Themen ist eine Vielzahl von Werken verfügbar.

Wo liegen also die Schwerpunkte dieses Buches?

In der industriellen Praxis wird in zunehmendem Maße das Denken in Systemen gefordert. Die Konsequenz für den Ingenieur im Maschinenbau und verwandten Gebieten ist hieraus die vernetzte Anwendung von Kenntnissen z.B. aus den Gebieten der Technischen Mechanik, der Maschinenelemente, der Antriebstechnik, des Technischen Zeichnens und der Konstruktion. Diesem Anspruch will dieses Werk zumindest ansatzweise in den dargestellten Aufgaben, Lösungen und Kommentaren gerecht werden.

Für das Lernen auf einem Themengebiet ist es wichtig, Aufgaben selbständig anzugehen und individuell einen geeigneten Lösungsweg zu suchen. Nach intensiver Bearbeitung einer Aufgabe ist es dann von Bedeutung, einen möglichen Lösungsweg vorliegen zu haben. Anhand dieser Lösung können unterschiedliche Ansätze aufgearbeitet und bisher unbekannte Aspekte erarbeitet werden. Dem folgend sind in diesem Buch zu allen Aufgaben Lösungswege dargestellt und zum näheren Verständnis kommentiert.

Das vorliegende Werk ist dazu geeignet, sich intensiv in das Gebiet der Maschinenelemente einzuarbeiten. Damit bietet es insbesondere den Studierenden des Maschinenbaus und verwandten Fächern eine Unterstützung. Darüber hinaus kann es auch Praktikern in den Tätigkeitsbereichen Entwicklung, Konstruktion und Prüfung eine gute Hilfe sein.

Ich freue mich, wenn der ein oder andere Punkt Sie motiviert, sich mit diesem Werk näher zu befassen.

Dieses Buch ist kein Grundlagenlehrbuch. Vielmehr soll es die Lösung praxisorientierter Aufgaben unterstützen. Trotzdem gibt es im Umfeld von Praxisaufgaben immer Aspekte, deren Erläuterung auch für den Praktiker von Bedeutung ist. Solche Punkte werden in diesem Buch durch so genannte Anmerkungen aufgegriffen. Die Anmerkungen geben Hinweise für die Interpretation von Lösungen und gehen auf weiterführende Aspekte ein. Insofern werden grundlegende Themen aufgegriffen, ohne den roten Faden des Buches - bestehend aus Aufgaben und Lösungen - zu verwischen.

Gerade auf dem Gebiet der Maschinenelemente stellt sich wiederkehrend die Frage, mit welchem wissenschaftlichen Anspruch das Thema angegangen wird. Viele Zusammenhänge sind sehr komplex und im Detail gar nicht verstanden. Auf der anderen Seite existieren zum großen Teil einfache Berechnungsregeln zur Auslegung von Maschinenelementen. Der Fokus dieses Buches liegt in der Darstellung von Berechnungskonzepten und deren ingenieurmäßiger, zielorientierter Anwendung in der Praxis. Es werden wesentliche Zusammenhänge gezeigt, nicht aber Detailfragen mit wissenschaftlicher Präzision aufgegriffen. Ein Beispiel hierfür ist der dynamische Festigkeitsnachweis. Dieser wird hinsichtlich seiner grundlegenden Aspekte dargestellt. Nicht thematisiert werden allerdings die unterschiedlichsten auf dem Markt befindlichen Konzepte, die selbst zum Teil geringfügigste Einflussgrößen und deren gegenseitige Beeinflussung behandeln.

Ich bedanke mich bei allen Beteiligten, die zum Gelingen des Buches beigetragen haben. Zunächst zu nennen ist die Vielzahl an Impulsen seitens der Studierenden. Darüber hinaus gilt

mein Dank den Unternehmen, die durch ihre Beiträge und Diskussionsbereitschaft eine plastische und praxisnahe Präsentation des Themas ermöglicht haben. Zu guter Letzt hat auch die zielgerichtete Zusammenarbeit mit dem Lektorat das Projekt unterstützt.

Trotz aller Mühe ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass sich weiterhin Verbesserungspotentiale in diesem Buch verbergen. Entsprechende Hinweise werde ich gerne aufgreifen. Vor diesem Hintergrund wird auch darauf verwiesen, dass für Arbeiten auf Grundlage des Buches keine Gewähr übernommen werden kann. Insbesondere sind stets aktuelle Normen und Richtlinien, die gültigen Hinweise von Herstellern und der Stand der Technik zu beachten.

Viele Erfolgserlebnisse bei der Bearbeitung wünscht Ihnen

Stefan Vöth

Velbert im Juni 2006

Inhalt

1 Festigkeitslehre	1
1.1 Zangengreifer	1
1.1.1 Aufgabenstellung Zangengreifer	1
1.1.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Zangengreifer	3
1.2 Gelochter Zugstab	5
1.2.1 Aufgabenstellung Gelochter Zugstab	5
1.2.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Gelochter Zugstab	7
1.3 Exzentrisch gelochter Zugstab	9
1.3.1 Aufgabenstellung Exzentrisch gelochter Zugstab	9
1.3.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Exzentrisch gelochter Zugstab	11
1.4 Wellenabsatz	13
1.4.1 Aufgabenstellung Wellenabsatz	13
1.4.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Wellenabsatz	16
1.5 Fahrradpedal	20
1.5.1 Aufgabenstellung Fahrradpedal	20
1.5.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Fahrradpedal	23
1.6 Kranlaufkatze	25
1.6.1 Aufgabenstellung Kranlaufkatze	25
1.6.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Kranlaufkatze	26
1.7 Konsole	30
1.7.1 Aufgabenstellung Konsole	30
1.7.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Konsole	31
1.8 Konsole mit modifizierter Last	33
1.8.1 Aufgabenstellung Konsole mit modifizierter Last	33
1.8.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Konsole mit modifizierter Last	34
2 Federn	37
2.1 Kraftbegrenzer	37
2.1.1 Aufgabenstellung Kraftbegrenzer	37
2.1.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Kraftbegrenzer	40
3 Schraubenverbindungen	44
3.1 Verschraubung Druckbehälter	44
3.1.1 Aufgabenstellung Verschraubung Druckbehälter	44
3.1.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Verschraubung Druckbehälter	46
3.2 Entlastung Schraubenverbindung	49
3.2.1 Aufgabenstellung Entlastung Schraubenverbindung	49
3.2.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Entlastung Schraubenverbindung	51
3.3 Zahnkranzverschraubung	55
3.3.1 Aufgabenstellung Zahnkranzverschraubung	55
3.3.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Zahnkranzverschraubung	57
3.4 Anzugswinkel Schraubenverbindung	58
3.4.1 Aufgabenstellung Anzugswinkel Schraubenverbindung	58
3.4.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Anzugswinkel Schraubenverbindung	59
3.5 Plattenverschraubung	61

3.5.1	Aufgabenstellung Plattenverschraubung	61
3.5.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Plattenverschraubung.....	63
3.6	Schraube mit Querkraft.....	66
3.6.1	Aufgabenstellung Schraube mit Querkraft	66
3.6.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schraube mit Querkraft.....	67
3.7	Schraubenreibung	69
3.7.1	Aufgabenstellung Schraubenreibung.....	69
3.7.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schraubenreibung	69
4	Welle-Nabe-Verbindungen	72
4.1	Vergleich Welle-Nabe-Verbindungen 1	72
4.1.1	Aufgabenstellung Welle-Nabe-Verbindungen 1	72
4.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Welle-Nabe-Verbindungen 1.....	73
4.2	Kegelpressverband.....	75
4.2.1	Aufgabenstellung Kegelpressverband	75
4.2.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Kegelpressverband.....	76
4.3	Vergleich Welle-Nabe-Verbindungen 2	77
4.3.1	Aufgabenstellung Welle-Nabe-Verbindungen 2	77
4.3.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Welle-Nabe-Verbindungen 2.....	78
5	Lagerungen.....	82
5.1	Wellenlagerung.....	82
5.1.1	Aufgabenstellung Wellenlagerung	82
5.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Wellenlagerung.....	86
6	Umschlingungstriebe	88
6.1	Flachriemengetriebe.....	88
6.1.1	Aufgabenstellung Flachriemengetriebe	88
6.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Flachriemengetriebe	93
6.2	Keilriementrieb	96
6.2.1	Aufgabenstellung Keilriementrieb.....	96
6.2.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Keilriementrieb	100
6.3	Rollenkette	102
6.3.1	Aufgabenstellung Rollenkette.....	102
6.3.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Rollenkette.....	103
7	Kupplungen.....	105
7.1	Klauenkupplung.....	105
7.1.1	Aufgabenstellung Klauenkupplung	105
7.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Klauenkupplung.....	106
7.2	Elastische Kupplung	109
7.2.1	Aufgabenstellung Elastische Kupplung.....	109
7.2.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Elastische Kupplung	113
7.3	Kupplungsdrehmoment.....	117
7.3.1	Aufgabenstellung Kupplungsdrehmoment	117
7.3.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Kupplungsdrehmoment.....	118
7.4	Lamellenkupplung	120
7.4.1	Aufgabenstellung Lamellenkupplung.....	120
7.4.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Lamellenkupplung	121

7.5	Schaltkupplung	122
7.5.1	Aufgabenstellung Schaltkupplung	122
7.5.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schaltkupplung	124
7.6	Hydraulisch betätigte Schiffskupplung	125
7.6.1	Aufgabenstellung Schiffskupplung	125
7.6.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schiffskupplung	129
7.7	Reibbelag Lamellenkupplung	130
7.7.1	Aufgabenstellung Lamellenkupplung	130
7.7.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Reibbelag Lamellenkupplung	131
7.8	Fliehkraftkupplung	132
7.8.1	Aufgabenstellung Fliehkraftkupplung	132
7.8.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Fliehkraftkupplung	134
8	Getriebe	136
8.1	Stirnradgetriebe	136
8.1.1	Aufgabenstellung Stirnradgetriebe	136
8.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Stirnradgetriebe	137
8.2	Drehkranz	138
8.2.1	Aufgabenstellung Drehkranz	138
8.2.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Drehkranz	139
8.3	Schiffsgetriebe	140
8.3.1	Aufgabenstellung Schiffsgetriebe	140
8.3.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schiffsgetriebe	141
8.4	Schrägverzahntes Getriebe	144
8.4.1	Aufgabenstellung Schrägverzahntes Getriebe	144
8.4.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schrägverzahntes Getriebe	145
8.5	V-Null-Getriebe	145
8.5.1	Aufgabenstellung V-Null-Getriebe	145
8.5.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe V-Null-Getriebe	146
8.6	Schaltgetriebestufe	147
8.6.1	Aufgabenstellung Schaltgetriebestufe	147
8.6.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Schaltgetriebestufe	148
8.7	Getriebemotor	150
8.7.1	Aufgabenstellung Getriebemotor	150
8.7.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Getriebemotor	152
9	Systeme	155
9.1	Antriebstrommel	155
9.1.1	Aufgabenstellung Antriebstrommel	155
9.1.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Antriebstrommel	157
9.2	Straßenwalze	158
9.2.1	Aufgabenstellung Straßenwalze	158
9.2.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Straßenwalze	162
9.3	Radlagerung	165
9.3.1	Aufgabenstellung Radlagerung	165
9.3.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Radlagerung	170
9.4	Riemengetriebe	174
9.4.1	Aufgabenstellung Riemengetriebe	174
9.4.2	Mögliche Lösung zur Aufgabe Riemengetriebe	177

9.5 Unwuchterreger	179
9.5.1 Aufgabenstellung Unwuchterreger	179
9.5.2 Mögliche Lösung zur Aufgabe Unwuchterreger	187
Quellenverzeichnis	191
Register	193