

**Konstruktionsbücher**  
Herausgeber Professor Dr.-Ing. K. Kollmann, Karlsruhe  
Band 7

# Gummifedern

## Berechnung und Gestaltung

Von

**E. F. Göbel**

**3. neubearbeitete und erweiterte Auflage**



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1969

**Dr.-Ing. E. F. GÖBEL**  
**Oberbaurat an der Staatlichen Ingenieurschule**  
**für Maschinenwesen in Frankfurt am Main**

ISBN 978-3-540-04584-7      ISBN 978-3-662-26796-7 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-26796-7

**Mit 147 Abbildungen**

**Alle Rechte vorbehalten**

**Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Springer-Verlages**  
**übersetzt oder in irgendeiner Form vervielfältigt werden**

**© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1948, 1955 und 1969**

**Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1969**

**Library of Congress Catalog Card Number 69-19292**

**Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem**  
**Buche 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**

**Titel Nr. 6147**

## Vorwort zur dritten Auflage

Die Gummifedern haben sich zu allgemein anerkannten und weithin angewendeten Konstruktionselementen entwickelt. Sie sind in vielfältiger Weise gestaltungsfähig und außerdem sind sie rationell herstellbar. Das große Spektrum der Eigenschaften und Qualitäten der heutigen gummielastischen Werkstoffe (Elastomere) erleichtert es dem Konstrukteur, federungstechnische und schwingungstechnische Probleme erfolgreich zu lösen. Er verwendet sie vorwiegend zur Schwingungsisolierung von Maschinen, Motoren, Geräten und Anlagen und als Energiespeicherfedern in schwingungstechnischen Arbeitsmaschinen. Darüber hinaus spielen sie eine Rolle bei der Lärmbekämpfung, bei der Lagerung von großen Brücken und bei bestimmten fertigungstechnischen Arbeitsverfahren.

Die große Bedeutung, die die Gummifedern in der Praxis gewonnen haben, geht auch aus der Patentlage hervor. Unter den 315 Patent- und Auslegeschriften der Klasse 47a Gruppe 17 (Federn als Maschinenelemente), die vom Deutschen Patentamt in München seit dem Jahre 1949 herausgegeben worden sind, befassen sich 129 mit Gummifedern. Das ist mehr als ein Drittel.

Es war notwendig, das Buch der charakterisierten Entwicklung entsprechend zu überarbeiten. Dabei wurde versucht, aus der großen Fülle der Einzelercheinungen das Allgemeingültige herauszuarbeiten, und zwar nicht nur im Bereich der mathematischen und konstruktiven Grundlagen, sondern auch bei den Anwendungsbeispielen. Das Kapitel über die Herstellung von Gummifedern wurde in angemessener Weise erweitert, weil erfahrungsgemäß der Konstrukteur zweckmäßiger gestalten kann, wenn er weiß, wie die verschiedenen Arten von Gummifedern hergestellt werden und welche Besonderheiten dabei zu beachten sind. Das gilt für den Gummifederkonstrukteur ebenso wie für den Vorrichtungskonstrukteur, der die Formgebungswerkzeuge verfahrensgerecht gestalten soll.

Bei der Überarbeitung war es möglich, diejenigen Anregungen zu berücksichtigen, die sich aus Zuschriften, Rezensionen und Firmenunterlagen aus dem In- und Ausland ergeben haben. Ich möchte an dieser Stelle für alle diese Anregungen danken, ebenso auch für die mannigfachen Hinweise, die sich aus berufsfreundschaftlichen Gesprächen mit den Fachingenieuren der einschlägigen Industrie ergeben haben. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. A. TITZE vom Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie für seine freundliche Vermittlung der Fachgespräche, Herrn Direktor Dipl.-Ing. R. JÖRN für seine fachmännische Beratung, Herrn Dr.-Ing. ANDERS für die Durchsicht des Abschnitts über die Herstellung von Gummifedern, Herrn Dipl.-Math. G. KLEIN für die Durchsicht der mathematischen Grundlagen, Herrn Prof. Dr.-Ing. K. KOLLMANN für seine herausgeberische Betreuung und dem Springer-Verlag für die ausgezeichnete Ausstattung des Buches.

Frankfurt/M., im Juli 1969

E. F. Göbel

# Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	1
1.1 Der Begriff Gummifeder . . . . .	1
1.2 Gummifederarten . . . . .	1
1.3 Gummifederwerkstoffe . . . . .	2
1.4 Herstellung von Gummifedern . . . . .	4
1.4.1 Rohstoffe . . . . .	4
1.4.2 Vorgang der Vulkanisation . . . . .	5
1.4.3 Ungebundene Gummifedern . . . . .	5
1.4.4 Gebundene Gummifedern . . . . .	6
1.4.5 Gestaltung der Formgebungswerkzeuge . . . . .	7
1.4.6 Gefügte Gummifedern . . . . .	8
1.4.7 Gummifedern aus Schaumstoffen . . . . .	8
1.5 Werkstoffkennwerte, Prüfung und Normung . . . . .	9
1.5.1 Elastizität . . . . .	9
1.5.2 Fließen und Setzen . . . . .	10
1.5.3 Härte . . . . .	11
1.5.4 Dämpfung . . . . .	12
1.5.5 Schalldämmfähigkeit . . . . .	14
1.5.6 Spezifische Arbeitsaufnahme . . . . .	15
1.5.7 Erholungsfähigkeit . . . . .	15
1.5.8 Festigkeit . . . . .	15
1.5.8.1 Statische Festigkeit . . . . .	15
1.5.8.2 Dauerfestigkeit . . . . .	16
1.5.8.3 Zulässige Spannungen . . . . .	17
1.5.8.4 Spannungsuntersuchungen . . . . .	17
1.5.9 Schubmodul . . . . .	18
1.5.10 Elastizitätsmodul . . . . .	18
1.5.11 Dynamische Federkonstante . . . . .	21
1.5.12 Einfluß der Temperatur . . . . .	21
1.5.13 Alterung . . . . .	22
2. Berechnungsgrundlagen . . . . .	23
2.1 Einführung . . . . .	23
2.1.1 Federkennlinien . . . . .	23
2.1.2 Beanspruchungsarten . . . . .	24
2.1.3 Arbeitsvermögen . . . . .	24
2.1.4 Gültigkeitsbereiche der Federgleichungen . . . . .	24
2.2 Statische Beanspruchung . . . . .	25
2.2.1 Schubbeanspruchung . . . . .	25
2.2.1.1 Scheibengummifedern bei Parallelschub . . . . .	25
2.2.1.2 Hülsengummifedern bei Parallelschub . . . . .	26
2.2.1.3 Hülsengummifedern bei Drehschub . . . . .	28
2.2.1.4 Scheibengummifedern bei Verdrehschub . . . . .	31

2.2.2	Druckbeanspruchung . . . . .	34
2.2.2.1	Scheibengummifedern . . . . .	34
2.2.2.2	Scheibengummifedern mit Zwischenlagen . . . . .	35
2.2.2.3	Zylindrische Hohlummifedern . . . . .	37
2.2.3	Druck-Schub-Beanspruchung . . . . .	38
2.2.4	Zugbeanspruchung . . . . .	41
2.2.5	Sonderfälle . . . . .	42
2.2.5.1	Hülsengummifedern bei Radialbeanspruchung . . . . .	42
2.2.5.2	Hülsengummifedern bei winkliger Beanspruchung . . . . .	44
2.3	Dynamische Beanspruchung . . . . .	46
2.3.1	Grundlagen der Schwingungsmechanik . . . . .	48
2.3.1.1	Schwingungssystem und Freiheitsgrad . . . . .	48
2.3.1.2	Berechnung der Eigenfrequenz . . . . .	48
2.3.1.3	Eigenfrequenz und statische Einfederung . . . . .	50
2.3.1.4	Federkennlinie für konstante Eigenfrequenz . . . . .	50
2.3.1.5	Schwingungsgleichung bei erzwungener, gedämpfter Schwingung . . . . .	52
2.3.1.6	Amplitudenverhältnisse . . . . .	54
2.3.1.7	Kraftverhältnisse . . . . .	54
2.3.1.8	Wirkung der Dämpfung . . . . .	55
2.3.1.9	Resonanzkurven bei nichtlinearer Federkennlinie . . . . .	56
2.3.2	Die Technik der Schwingungsisolierung . . . . .	57
2.3.2.1	Aktive und passive Schwingungsisolierung . . . . .	57
2.3.2.2	Bestimmung des Isolierwirkungsgrades . . . . .	57
2.3.2.3	Schwingungsisolierung eines Meßgeräts (passive Schwingungsisolierung) . . . . .	59
2.3.2.4	Anwendung von Nomogrammen . . . . .	60
2.3.3	Schwingungstechnische Arbeitsmaschinen . . . . .	62
2.3.4	Berechnung der Temperatur in dynamisch beanspruchten Gummifedern . . . . .	64
2.4	Gummikupplungen . . . . .	65
2.4.1	Eigenschaften der Gummikupplungen . . . . .	65
2.4.2	Kenngrößen bei statischer Beanspruchung . . . . .	66
2.4.3	Kenngrößen bei dynamischer Beanspruchung . . . . .	67
2.4.4	Abhängigkeiten der statischen und dynamischen Drehsteifigkeit . . . . .	68
2.4.5	Verhalten der Gummikupplung im Zweimassensystem . . . . .	69
2.4.6	Berechnung der Kupplungsgröße . . . . .	71
2.4.7	Auswahl der Kupplungsart . . . . .	72
3.	Konstruktionsgrundlagen . . . . .	73
3.1	Konstruktionsformen . . . . .	73
3.1.1	Die Rundgummifeder . . . . .	73
3.1.2	Die Flachgummifeder . . . . .	74
3.1.3	Die Keilgummifeder . . . . .	74
3.1.4	Die keilförmige Kastengummifeder . . . . .	75
3.1.5	Die ringförmige Scheibengummifeder . . . . .	75
3.1.6	Die zylindrische Hülsengummifeder . . . . .	76
3.1.7	Die konische Ringgummifeder . . . . .	78
3.1.8	Die zylindrische Hohlummifeder . . . . .	79
3.1.9	Die eingeschnürte Hohlummifeder . . . . .	79
3.1.10	Die Walzengummifeder . . . . .	80
3.1.11	Gummifedern mit Rippen und Warzen . . . . .	81
3.1.12	Die kugelige Gummifeder . . . . .	82
3.1.13	Die Ringgummifeder . . . . .	82
3.1.14	Die Segmentgummifeder . . . . .	83
3.1.15	Die Kegelmummifeder . . . . .	84
3.1.16	Die zylindrische Stabummifeder . . . . .	84
3.2	Verformung und Formgebung . . . . .	85
3.3	Konstruktionsrichtlinien . . . . .	86

4. Anwendungsbeispiele . . . . .	90
4.1 Allgemeiner Maschinenbau . . . . .	90
4.1.1 Kompressoren . . . . .	90
4.1.2 Schwingsiebmaschinen, Förderrinnen . . . . .	92
4.1.3 Spulmaschinen . . . . .	93
4.1.4 Schiffsmaschinen . . . . .	93
4.1.5 Landmaschinen . . . . .	93
4.1.6 Pumpen . . . . .	94
4.1.7 Ventilatoren . . . . .	94
4.1.8 Prüfmaschinen . . . . .	95
4.1.9 Gummifedern in Stromabnehmern . . . . .	95
4.2 Werkzeugmaschinenbau . . . . .	96
4.2.1 Feinbearbeitungsmaschinen . . . . .	96
4.2.2 Hobelmaschinen . . . . .	97
4.2.3 Pressen, Stanzen, Scheren und Hämmer . . . . .	97
4.2.4 Drehmaschinen . . . . .	98
4.2.5 Gummielastische Druckspeicher in Werkzeugmaschinen . . . . .	98
4.3 Fahrzeuge . . . . .	99
4.3.1 Straßenfahrzeuge . . . . .	100
4.3.1.1 Fahrzeugmotor . . . . .	100
4.3.1.2 Personenkraftwagen . . . . .	101
4.3.1.3 Lastkraftwagen . . . . .	103
4.3.1.4 Fahrzeugsitze . . . . .	103
4.3.2 Schienenfahrzeuge . . . . .	104
4.3.2.1 Gummibereifte Schienenräder . . . . .	104
4.3.2.2 Gummigefederte Schienenräder . . . . .	105
4.3.2.3 Gummigefederte Fahrgestelle . . . . .	107
4.3.2.4 Auf Gummi gelagerte Schienen . . . . .	109
4.4 Gummikupplungen . . . . .	110
4.4.1 Boge-Kupplungen . . . . .	111
4.4.2 Continental-Kupplungen . . . . .	112
4.4.3 Desch-Kupplungen . . . . .	113
4.4.4 Flender-Kupplungen . . . . .	114
4.4.5 Goetze-Giubo-Ortlinghaus-Kupplungen . . . . .	114
4.4.6 Jörn-Kupplungen . . . . .	115
4.4.7 Kauermann-Kupplungen . . . . .	116
4.4.8 Lohmann-und-Stolterfoht-Kupplungen . . . . .	117
4.4.9 Neidhart-Kupplungen . . . . .	118
4.4.10 Stromag-Kupplungen . . . . .	118
4.4.11 Vulkan-Kupplungen . . . . .	121
4.4.12 Wilke-Kupplungen . . . . .	121
4.4.13 Wüfel-Kupplungen . . . . .	122
4.5 Feinwerktechnik . . . . .	123
4.5.1 Drehstromzähler . . . . .	124
4.5.2 Elektronische Zählgeräte . . . . .	124
4.5.3 Relaiskästen . . . . .	125
4.5.4 Bordinstrumente in Flugzeugen . . . . .	125
4.5.5 Bordinstrumente in Kraftfahrzeugen . . . . .	126
4.5.6 Analysenwaagen . . . . .	126
4.5.7 Nähmaschinen . . . . .	126
4.6 Fertigungstechnik . . . . .	128
4.6.1 Gummifedern in Spannwerkzeugen . . . . .	128
4.6.2 Schneiden und Umformen von Blechen mit Hilfe von Gummikissen . . . . .	129
4.6.3 Bauteilfertigung mit Hilfe eines Gummisacks . . . . .	131
4.6.4 Gummifedern als Auswerferfedern . . . . .	131

4.7 Bauwesen . . . . .	132
4.7.1 Gummifedern als Brückenlager . . . . .	132
4.7.2 Gummiprofile zur Brückenabdeckung . . . . .	133
4.7.3 Schallgedämmte Wasserrohrleitungen . . . . .	133
4.7.4 Fender-Gummifedern . . . . .	134
4.7.5 Gummifedern in Vibro-Verdichtern . . . . .	135
4.8 Lärmbekämpfung . . . . .	135
Schrifttum . . . . .	138
Anhang . . . . .	142
Quellennachweis . . . . .	144
Sachverzeichnis . . . . .	145