

# HANSER



## Leseprobe

zu

## „Auslegung von Maschinenelementen“

von Stephan Regele

ISBN (Buch): 978-3-446-45430-9

ISBN (E-Book): 978-3-446-45561-0

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45430-9>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

## Vorwort

Das vorliegende Werk hat seinen Ursprung in meiner täglichen Arbeit als Konstrukteur und dem daraus entspringenden Bedürfnis, ein Nachschlagwerk zur Verfügung zu stellen, das die notwendigen Informationen zur Auslegung von Maschinen- und Verbindungselementen in anwenderbetonter, kompakter und zeitsparender Weise zusammenfasst.

In dieser überarbeiteten und erweiterten Auflage sind mehrere Kapitel neu hinzugekommen, wie z.B. Laufräder, Planetengetriebe und als größtes Kapitel die Antriebsauslegung der Getriebe- und Fördertechnik. Dieses letztgenannte Kapitel umfasst die Auslegung von Fördersystemen, Getrieben und elektrischen Antrieben, also den kompletten Antriebsstrang. Zuerst wird eine Fördereinheit ausgelegt. Dazu gehören lineare Fördereinheiten (Rollengurtförderer, Gewindespindelantrieb, Hebewerk), oszillierende Fördersysteme (Schubkurbel) und Schrittschaltwerke (Malteserkreuzgetriebe). Als nächstes wird das vorgeschaltete Getriebe (Stirnrad- oder Planetenradgetriebe) berechnet. Und als letztes werden die Kennwerte des elektrischen Antriebs (Direktantrieb, Getriebemotor) ermittelt.

Das Konzept des Werkes ist streng lösungsorientiert. Das heißt, die für die Lösung einer Aufgabenstellung notwendigen Informationen, wie Problembeschreibung, Skizzen, Berechnungsgleichungen und Tabellenwerte, sind jeweils umfassend dem entsprechenden Abschnitt zugeordnet und nicht über das Buch verstreut. Das für die Anwendung dieser Informationen notwendige theoretische Wissen des Benutzers wird vorausgesetzt. Deshalb kann und will dieses Werk kein Lehrbuch der Mechanik und Maschinenelemente ersetzen sondern es soll ein zuverlässiger Begleiter des praktisch tätigen Konstrukteurs sein und ihn in seiner täglichen Arbeit unterstützen. Dem Buch liegt eine CD mit Berechnungsprogrammen auf der Basis von Microsoft Excel® bei. Zwar gibt es bereits viele ähnliche Programme, allerdings benötigen die meisten davon konkrete Literatur, um damit Berechnungen durchführen zu können. Die mitgelieferten Excel-Tools wurden so konzipiert, dass der zeitliche Rechenaufwand für den Konstrukteur so gering wie nur möglich gehalten wird. Die Programme sind selbsterklärend, sie besitzen leicht verständliche und übersichtliche Eingabe- und Ausgabemasken. Die vorgegebenen Werkstofftabellen sind erweiterbar, sodass jederzeit mit neuen Materialwerten gerechnet werden kann. Bei fehlerhaften bzw. widersprüchlichen Eingaben erscheinen Fehlermeldungen mit Korrekturhinweisen. Sollte die mechanische Sicherheit nicht erfüllt werden, so gibt ein Hinweis die nötige Information zur Korrektur bestimmter Variablen. Das Übertragen von spezifischen Kennwerten und Konstanten aus diesem oder anderen Büchern entfällt, da diese Werte einprogrammiert sind und über Menüs eingestellt werden können. Mit diesen Excel-Tools können daher eigenständig und ohne weitere Hilfsmittel in kurzer Zeit Berechnungen durchgeführt werden.

Mein Dank geht an dieser Stelle an Dr.-Ing. Claus Müller, Dipl.-Ing. Klaus-Rüdiger Härtel und Dipl.-Ing. (FH) Géza Típecska, die mit ihren Ratschlägen und praxisnahen Informationen maßgeblich zum Gelingen dieses Buches beigetragen haben.

Des Weiteren möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Volker Herzberg vom Carl Hanser Verlag für seine hervorragende und inspirierende Zusammenarbeit danken.

Madrid, im März 2018

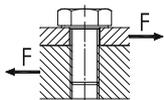
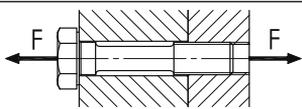
*Stephan Regele*

Für Kritik, Anregungen, Hinweise und Verbesserungsvorschläge unter der Adresse *info@maschinenelemente.biz* bin ich jederzeit dankbar.

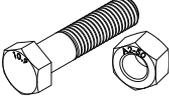
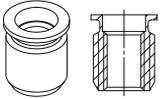
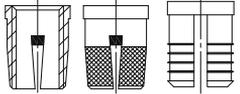
Auf der Webseite *http://www.maschinenelemente.biz* werden dann diese Veränderungen veröffentlicht.

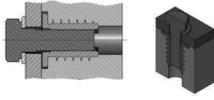
# Inhalt

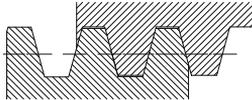
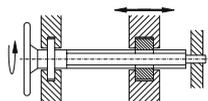
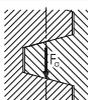
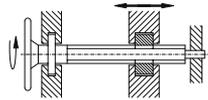
1	Werkstoffe		1	
1.1	Werkstofftechnik		$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	1
1.2	Stahl	Bau-, Vergütungs-, Einsatzstähle...	3	
1.3	Gusswerkstoffe	Gusseisen, Temperguss, Stahlguss...	4	
1.4	Nichteisenmetalle	Cu-, Al-, Mg-Legierungen...	5	
1.5	Kunststoffe	Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere...	6	

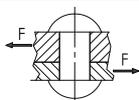
2	Schraubenverbindungen	Berechnungen	7
2.1	Gewindetabellen und -normen		7
2.2	Montagevorspannkraft und Anziehdrehmoment		9
2.3	Querbelastete Schrauben		13
2.4	Nachgiebigkeit der Schrauben und Bauteile		14

Inhalt

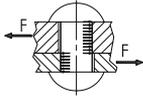
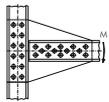
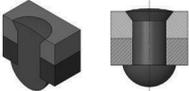
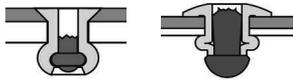
2.5	Einschraubtiefe/Mutterhöhe		15
2.6	Bezeichnungssysteme der Schrauben und Muttern		17
		<b>Praxistipps</b>	19
2.7	Schrauben		19
2.8	Muttern		28
2.9	Scheiben		35
2.10	Losdrehicherung durch Kleben		38
2.11	Hersteller und Lieferanten		39
<b>3</b>	<b>Gewindeeinsätze</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>40</b>
3.1	Drahtgewindeeinsatz Helicoil®		40
3.2	Gewindeeinsatzbuchse Ensart® S / SB		43
3.3	Gewindeeinsatzbuchse Kobsert®		44
3.4	Gewindeeinsatzbuchse Expansionsert® / Spredsert®		45

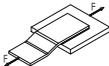
		<b>Praxistipps</b>	47
3.5	Funktion und Wirkung von Gewindeeinsätzen		47
3.6	Gewindeeinsätze		47
3.7	Hersteller und Lieferanten		51

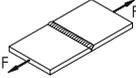
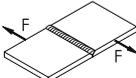
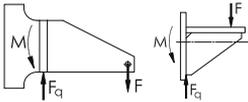
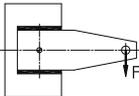
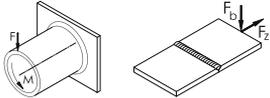
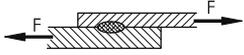
<b>4</b>	<b>Bewegungsschrauben</b>	<b>Berechnungen</b>	52
4.1	Gewindetabellen und -normen (Trapezgewinde, Sägewinde)		52
4.2	Gewindeauslegung		54
4.3	Festigkeitsnachweis	$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} < \sigma_{v,zul}$	55
4.4	Flächenpressung der Gewindeflanken		57
4.5	Prüfung auf Knicksicherheit		59

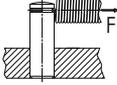
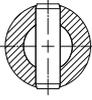
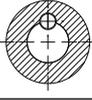
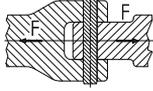
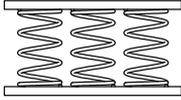
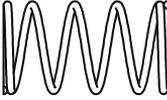
<b>5</b>	<b>Nietverbindungen</b>	<b>Berechnungen</b>	60
5.1	Scherspannung im Nietquerschnitt		60
5.2	Zugspannung im Niet		60

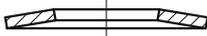
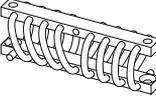
Inhalt

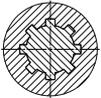
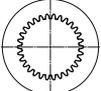
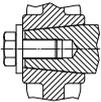
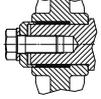
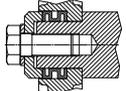
5.3	Lochleibungsdruck im Nietschaft		60
5.4	Momentenanschluss		62
		<b>Praxistipps</b>	63
5.5	Nietverbindungen allgemein		63
5.6	Niete		63
5.7	Verschiedene Blindniettypen im Vergleich		66
5.8	Hersteller und Lieferanten		67

<b>6</b>	<b>Klebeverbindungen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>68</b>
6.1	Festigkeitsnachweis		68
		<b>Praxistipps</b>	70
6.2	Kleben allgemein		70
6.3	Klebstoffarten	Epoxidharz-, Schmelzklebstoffe ...	72
6.4	Oberflächenbehandlung		73

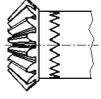
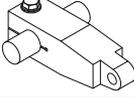
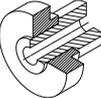
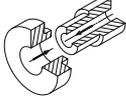
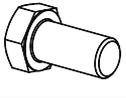
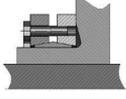
6.5	Konstruktive Gestaltung der Klebeverbindung		74
6.6	Hersteller und Lieferanten		74
<b>7</b>	<b>Schweißverbindungen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>75</b>
7.1	Zug-/Druckbeanspruchung		75
7.2	Scherung		75
7.3	Torsion		75
7.4	Biegung		76
7.5	Schubbeanspruchung durch Drehmoment		78
7.6	Überlagerte Beanspruchungen		79
7.7	Zulässige Spannungen in den Schweißnähten	$\sigma_{zul} = \sigma_{zul}^* \cdot K_A$	79
7.8	Punktschweißverbindungen		80

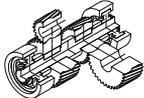
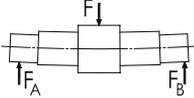
<b>8</b>	<b>Bolzen und Stifte</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>82</b>
8.1	Steckstiftverbindung		82
8.2	Querstiftverbindung		83
8.3	Längsstiftverbindung		84
8.4	Bolzen (Gelenkbolzen)		85
<b>9</b>	<b>Sicherungsringe</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>87</b>
9.1	Sicherungsringe für Wellen		87
9.2	Sicherungsringe für Bohrungen		89
9.3	Tragfähigkeitsberechnung der Nut		91
<b>10</b>	<b>Federn</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>92</b>
10.1	Grundlagen		92
10.2	Zylindrische Druckfedern		94
10.3	Zylindrische Zugfedern		95

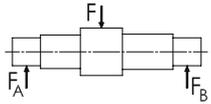
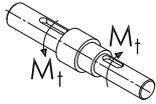
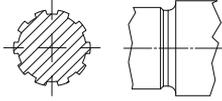
10.4	Drehfedern		96
10.5	Spiralfedern		97
10.6	Tellerfedern		98
10.7	Gummifedern		100
10.8	Drahtseilfedern		103

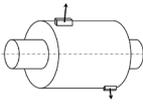
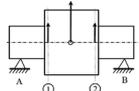
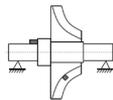
<b>11</b>	<b>Welle-Nabe-Verbindung</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>107</b>
11.1	Passfeder (formschlüssig)		107
11.2	Keilwelle (formschlüssig)		108
11.3	Zahnwelle (formschlüssig)		108
11.4	Kegelpressverband (kraftschlüssig)		109
11.5	Kegelspannring (kraftschlüssig)		110
11.6	Sternscheiben (kraftschlüssig)		112
11.7	Druckhülse (kraftschlüssig)		113

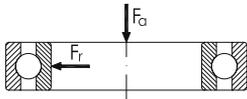
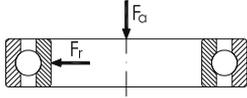
Inhalt

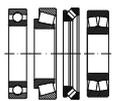
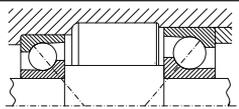
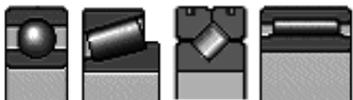
11.8	Kegelspannring (kraftschlüssig)		114
11.9	Stirnzahnverbindung		116
11.10	Klemmverbindung (kraftschlüssig)		117
11.11	Zylindrischer Pressverband, Berechnung rein elastischer Beanspruchung		119
11.12	Fügetemperatur		121
11.13	Vorspannkkräfte für kraft- schlüssige Spannelemente		122
		<b>Praxistipps</b>	124
11.14	Funktion und Wirkung von Spannelementen		124
11.15	Spannelemente		126
11.16	Hersteller und Lieferanten		132

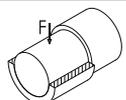
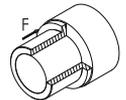
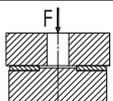
<b>12</b>	<b>Achsen und Wellen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>133</b>
12.1	Biegemomenten- und Querkraftverlauf		133
12.2	Durchbiegung		135

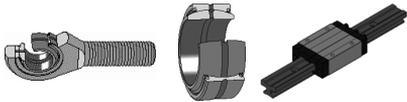
12.3	Biegekritische Drehzahl		136
12.4	Verdrehwinkel		137
12.5	Berechnung gefährdeter Wellenquerschnitte		138
12.6	Allgemeine Festigkeitsberechnung	$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau_t)^2}$	145

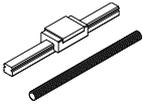
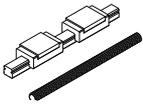
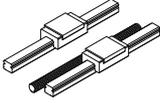
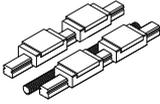
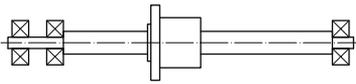
<b>13</b>	<b>Auswuchttechnik</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>146</b>
13.1	Definition		146
13.2	Unwucharten		147
13.3	Auswuchtgüte	$G = \omega \cdot e_{zul}$	148
13.4	Zuordnung der Ausgleichsebenen		149
13.5	Auswuchten auf Umschlag		153

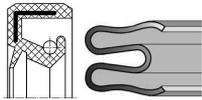
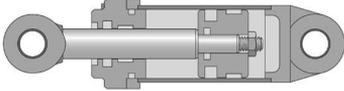
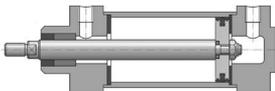
<b>14</b>	<b>Wälzlager</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>155</b>
14.1	Dynamische äquivalente Belastung		155
14.2	Statische äquivalente Belastung		155

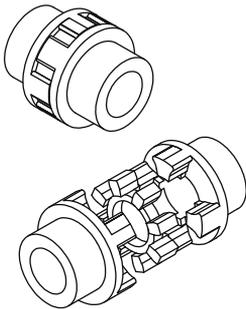
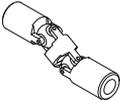
14.3	Berechnungsfaktoren X, Y, X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub>		156
14.4	Schrägkugel- bzw. Kegelrollenlager		159
14.5	Lebensdauerberechnung	$L = \left( \frac{C \cdot f_r}{P} \right)^3 \cdot 10^6$	161
<b>Praxistipps</b>			162
14.6	Auswahl der Wälzlager		162
14.7	Wälzlager		163
14.8	Hersteller und Lieferanten		168

<b>15</b>	<b>Gleitlager und -führungen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>169</b>
15.1	Radialgleitlager		169
15.2	Bundbuchse		169
15.3	Axialgleitlager		170
<b>Praxistipps</b>			172
15.4	Auswahl der Gleitlager		172

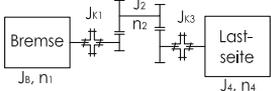
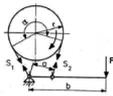
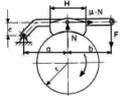
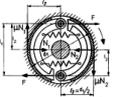
15.5	Verschiedene Anwendungen		176
15.6	Hersteller und Lieferanten		177

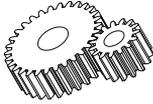
<b>16</b>	<b>Linearführungen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>178</b>
16.1	Auslegung: Ein Wagen auf einer Schiene		179
16.2	Auslegung: Zwei Wagen auf einer Schiene		180
16.3	Auslegung: Zwei Wagen auf zwei Schienen		181
16.4	Auslegung: Vier Wagen auf zwei Schienen		182
16.5	Bedingung für kombinierte Belastungen	$\Sigma \frac{F}{C} + \Sigma \frac{M}{M_0} \leq 1$	184
16.6	Leistungsauslegung	$P = M \cdot \omega = M \cdot 2\pi n$	184
16.7	Knicksicherheit der Antriebs- spindel		187
16.8	Kritische Drehzahl der An- triebsspindel	$n_k$	188
16.9	Nominelle Lebensdauer	$L = \left( \frac{C}{F_m} \right)^a \cdot 50000$	188

17	Dichtungstechnik	Praxistipps	191
17.1	Übersicht		191
17.2	Dichtungselemente		192
17.3	Dichtungselemente für Hydraulikzylinder		202
17.4	Dichtungselemente für Pneumatikzylinder		207

18	Kupplungen	Berechnungen	213
18.1	Kupplungsdrehmoment ohne genaue Betriebsdaten		213
18.2	Kupplungsdrehmoment		214
18.3	Verdrehwinkel einer elastischen Kupplung		216
18.4	Periodisches Wechseldrehmoment		217
18.5	Wellengelenke		218
18.6	Trägheitsmomente		219

		Praxistipps	220
18.7	Funktion und Wirkung von schaltbaren Kupplungen		220
18.8	Nicht schaltbare Kupplungen		221
18.9	Hersteller und Lieferanten		235

19	Bremsen	Berechnungen	236
19.1	Allgemeine Berechnungen		236
19.2	Bandbremsen		237
19.3	Außenbackenbremsen		241
19.4	Innenbackenbremsen		243
19.5	Kegelbremsen		244
19.6	Lamellenbremse		246
19.7	Teilscheibenbremsen		246

20	Zahnräder	Berechnungen	247
20.1	Allgemeine Berechnungen		247
20.2	Geradverzahntes Stirnradpaar		248
20.3	Schrägverzahntes Stirnradpaar		249
20.4	Geradverzahntes Kegelradpaar		249
20.5	Schrägverzahntes Kegelradpaar		251
20.6	Schneckenradsatz		252
20.7	Planetengetriebe		253

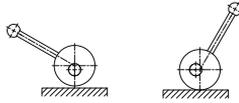
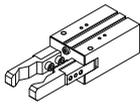
21	Zahnriementriebe	Berechnungen	256
21.1	Auslegung		256
		Praxistipps	268
21.2	Zahnriementriebe allgemein		268
21.3	Zahnriemenwerkstoffe		269

21.4	Zahnriemenprofile		270
21.5	Zahnriemenspanner		273
21.6	Zahnriemenräder		276
21.7	Auslegung der Zahnriementriebe		277
21.8	Hersteller und Lieferanten		277

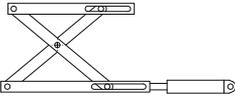
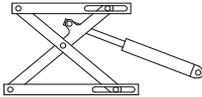
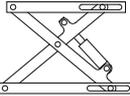
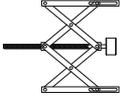
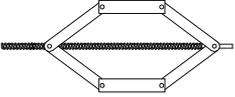
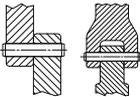
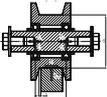
<b>22</b>	<b>Kettentriebe</b>	<b>Praxistipps</b>	<b>279</b>
22.1	Kettentriebe allgemein		279
22.2	Rollenketten		280
22.3	Kettenräder		282
22.4	Kettenspanner		283
22.5	Kettenführungen für Rollenketten		284
22.6	Schmierung		285

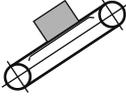
Inhalt

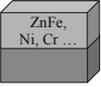
22.7	Schubketten		286
22.8	Auslegung der Kettentriebe		287
22.9	Hersteller und Lieferanten		288

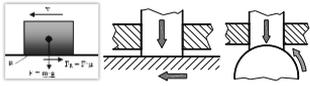
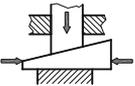
<b>23</b>	<b>Greif- und Spannmechanismen</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>289</b>
23.1	Exzentrerspanner		289
23.2	Schubstangenspanner		291
23.3	Greifer		295

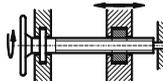
<b>24</b>	<b>Pneumatik- und Hydraulikzylinder</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>303</b>
24.1	Pneumatikzylinder		303
24.2	Hydraulikzylinder		305
24.3	Gasfeder		307
24.4	Hersteller und Lieferanten		308

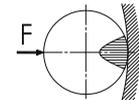
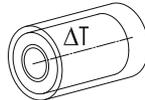
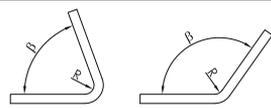
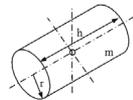
25	Scherenhubtische	Berechnungen	310
25.1	Scherenhubtisch, Typ 1		310
25.2	Scherenhubtisch, Typ 2		312
25.3	Scherenhubtisch, Typ 3		315
25.4	Scherenhubtisch, Typ 4		318
25.5	Scherenwagenheber		321
25.6	Antriebsauslegung einer Gewindespindel	$M = F \cdot \tan(\alpha + \rho_G) \cdot \frac{d_2}{2}$	322
25.7	Gelenkbolzensauslegung		324
26	Laufräder	Berechnungen	327
26.1	Laufradkraft		327
26.2	Fahrwiderstand		329
26.3	Lagerkräfte an einem Laufrad		330
26.4	Antriebsleistung eines Fahrwerkes	$P = M \cdot \omega$	332

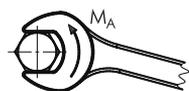
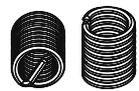
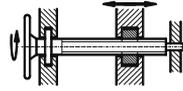
27	Antriebsauslegung der Getriebe- und Fördertechnik	Berechnungen	333
27.1	Fördertechnik		335
27.2	Getriebetechnik		400
27.3	Elektrischer Antrieb		423

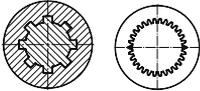
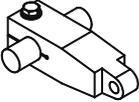
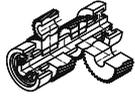
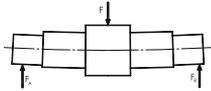
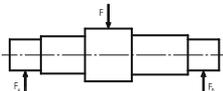
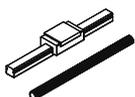
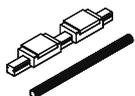
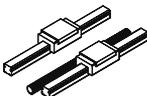
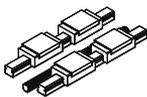
28	Korrosionsschutz	Praxistipps	442
28.1	Korrosion	$2Fe + \frac{3}{2} O_2 + 3 H_2O \rightarrow 2 Fe(OH)_3$	442
28.2	Korrosionsschutz		444
28.3	Hersteller und Lieferanten		445

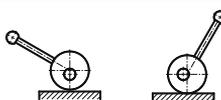
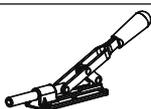
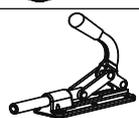
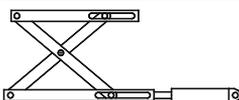
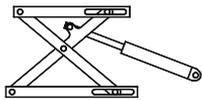
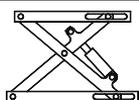
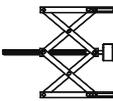
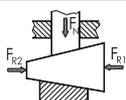
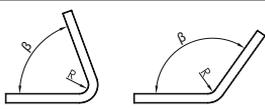
29	Reibung	Berechnungen	446
29.1	Gleit- und Haftreibung		446
29.2	Keilreibung		448
29.3	Reibrichtgesperre		449
29.4	Rollreibung		450

29.5	Gewindereibung		452
29.6	Reibwerte	$\mu, \mu_0$	453

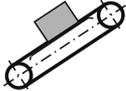
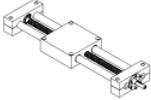
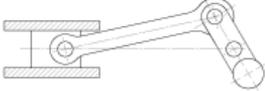
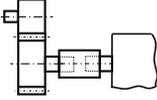
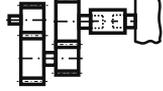
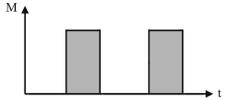
30	Technische Grundlagen	Berechnungen	454
30.1	Hertzsche Pressung		454
30.2	Knickbeanspruchung		456
30.3	Thermische Ausdehnung		460
30.4	Blechabwicklung		462
30.5	Massenträgheitsmomente		464
30.6	Lineare Interpolation	$y_0 = \frac{y_{+1} - y_{-1}}{x_{+1} - x_{-1}} \cdot (x_0 - x_{-1}) + y_{-1}$	470

31	Excel-Programme		472
1	Kap. 2 Schrauben		474
2	Kap. 3.1 Drahtgewindeeinsatz (Helicoil)		478
3	Kap. 4 Bewegungsschraube		479

4	Kap. 11.1 Passfederverbindung		480
5	Kap. 11.2 Keil- und Zahnwellen- verbindung		481
6	Kap. 11.4 Kegelpressverband		482
7	Kap. 11.8 Spannsatz (Kegelspannring)		483
8	Kap. 11.9 Klemmverbindung		484
9	Kap. 11.10 Zylindrischer Pressverband (rein elastische Betrachtung)		485
10	Kap. 12.1 Wellenauslegung (Biegemomenten- und Quer- kraftverlauf)		487
11	Kap. 12.2 Durchbiegung von Wellen und Achsen		491
12	Kap. 12.3 Biegekritische Drehzahl		492
13	Kap. 16.1 Lineareinheiten (1 Wagen, 1 Schiene)		493
14	Kap. 16.2 Lineareinheiten (2 Wagen, 1 Schiene)		494
15	Kap. 16.3 Lineareinheiten (2 Wagen, 2 Schienen)		495
16	Kap. 16.4 Lineareinheiten (4 Wagen, 2 Schienen)		496

17	Kap. 21 Zahnriementriebxls		497
18	Kap. 23.1 Exzenterspanner		498
19	Kap. 23.2 Schubstangen- spanner Typ 1		499
20	Kap. 23.2 Schubstangen- spanner Typ 2		500
21	Kap. 24.3 Gasfeder		501
22	Kap. 25.1 Scherenhubtisch Typ 1		503
23	Kap. 25.2 Scherenhubtisch Typ 2		504
24	Kap. 25.3 Scherenhubtisch Typ 3		505
25	Kap. 25.4 Scherenhubtisch Typ 4		506
26	Kap. 29.2 Keilreibung		507
27	Kap. 30.2 Knickbeanspruchung		508
28	Kap. 30.4 Blechabwicklung		509
29	29) Passungsrechner	H6/h6	511

Inhalt

30	Kap. 27.1.1 Rollengurtförderer		512
31	Kap. 27.1.2 Gewindespindel- antrieb		513
32	Kap. 27.1.3 Schubkurbelantrieb		514
33	Kap. 27.1.4 Außenmalteser- kreuzgetriebe		515
34	Kap. 27.1.5 Hebewerk		516
35	Kap. 27.1.6 Drehtisch		517
36	Kap. 27.2.1.1a Stirnradgetriebe		518
37	Kap. 27.2.1.1b Koaxial-Stirnrad- getriebe		519
38	Kap. 27.2.2 Planetengetriebe		520
39	Kap. 27.2.3 Zugmittelgetriebe		521
40	Kap. 27.3 Elektrischer Antrieb		522
41	Kap. 27.3 Betriebsarten S3 und S5		523
42	Hersteller- und Lieferanten- verzeichnis		524

32	Anhang		525
	Internet-Adressen ausgewählter Hersteller und Lieferanten		526
	Literaturhinweise		529
	Sachregister		531

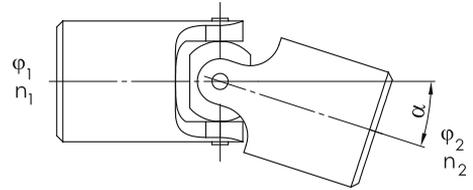
## 18.5 Wellengelenke (nach DIN 808)

### 18.5.1 Einfaches Wellengelenk

Drehzahl der Abtriebswelle:

$$n_2 = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \varphi_1 \cdot \sin^2 \alpha} \cdot n_1 \quad [1/s]$$

- $n_1$  Drehzahl der Antriebswelle [1/s]
- $n_2$  Drehzahl der Abtriebswelle [1/s]
- $\alpha$  Ablenkungswinkel [°]
- $\varphi_1$  Drehwinkel der Antriebswelle [°]
- $\varphi_2$  Drehwinkel der Abtriebswelle [°]



Kardanfehler:

$$\frac{\tan \varphi_2}{\tan \varphi_1} = \cos \alpha \quad [\text{rad}]$$

Minimale Drehzahl:

bei  $\varphi_1 = 0^\circ$ :  $n_{2,\min} = n_1 \cdot \cos \alpha \quad [1/s]$

Maximales Drehmoment:

$$M_{t2,\max} = \frac{M_{t1}}{\cos \alpha} \quad [\text{Nm}]$$

Maximale Drehzahl:

bei  $\varphi_1 = 90^\circ$ :  $n_{2,\max} = \frac{n_1}{\cos \alpha} \quad [1/s]$

Minimales Drehmoment:

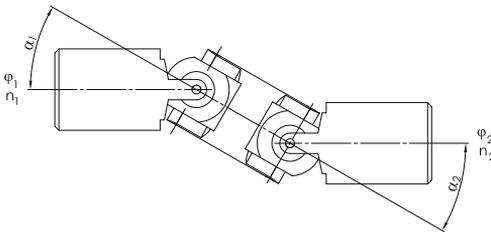
$$M_{t2,\min} = M_{t1} \cdot \cos \alpha \quad [\text{Nm}]$$

### 18.5.2 Doppel-Wellengelenk

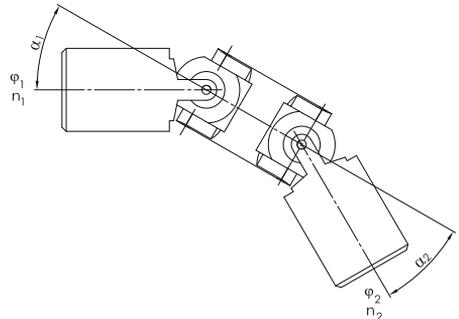
Wellengelenkpaare ohne Übersetzungsschwankungen für parallele Wellen (Z-Anordnung) und für sich in einer Ebene schneidenden Wellen (W-Anordnung). Für beide Anordnungen gilt dabei:

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

Z-Anordnung



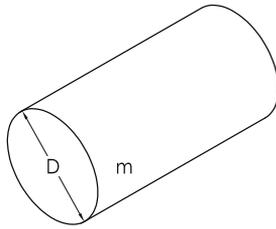
W-Anordnung



## 18.6 Trägheitsmomente

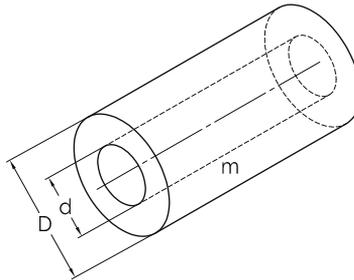
Vollzylinder:

$$J = m \cdot \frac{D^2}{8} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$



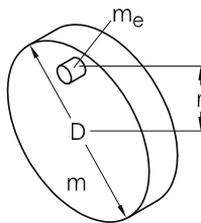
Hohlzylinder:

$$J = m \cdot \frac{(D^2 + d^2)}{8} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$



Exzentrische Masse:  
(Steineranteil)

$$J = m \cdot \frac{D^2}{8} + m_e \cdot r^2 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$



Exzentrizität e:

$$e = \frac{m_e \cdot r}{m + m_e} \quad [\text{mm}]$$

Fliehkraft:

$$F = (m + m_r) \cdot e \cdot 2\pi \cdot n = m_e \cdot r \cdot 2\pi \cdot n \quad [\text{N}]$$

Auswuchtgütestufe:

$$G = e \cdot 2\pi \cdot n \quad [\text{mm/s}] \quad (\text{s. Kap. 13.3})$$

## 18.7 Funktion und Wirkung von nicht schaltbaren Kupplungen

### *Aufgaben:*

- ⇒ Übertragung von Drehbewegungen und Drehmomenten
- ⇒ Ausgleich von Wellenverlagerungen (radialer, axialer und winkliger Wellenversatz)
- ⇒ Ausgleich von Fluchtungsfehlern durch Erwärmung, Stöße, elastische Verformung der Wellen, etc.
- ⇒ Dämpfung von Drehmomentstößen
- ⇒ Verminderung der Drehschwingungsbelastung

### **Starre Kupplungen:**

Starre Verbindung von zwei Wellenenden

kein Ausgleich von Wellenverlagerungen

Lageabweichungen erzeugen unerwünschte Zwangskräfte

Übertragung von hohen und wechselnden Drehmomenten

- Schalenkupplung
- Scheibenkupplung
- Stirnzahnkupplung

### **Drehstarre und gelenkige Kupplungen:**

Ausgleichende Kupplungen lassen in begrenztem Maße Relativbewegungen zu

Relativbewegung durch elastische oder durch gegeneinander gleitende Übertragungselemente

durch Relativbewegung werden Rückstellkräfte (Reaktionskräften) erzeugt

winkelgenaue (synchrone), weitgehend ungedämpfte Drehübertragung

- Zahnkupplung
- Lamellenkupplung
- Membrankupplung
- Balgkupplung
- Kreuzgelenkkupplung
- Kreuzscheibenkupplung

### **Drehelastische Kupplungen:**

Vermeidung der Übertragung von Schwingungen

Dämpfung von Drehmomentstößen (Elastomere, Schrauben- und Blattfedern)

Ausgleich von Wellenverlagerungen, dadurch Minimierung und Vermeidung von Rückstellkräften (keine zusätzlichen Lagerbelastungen)

- Bolzenkupplung
- Klauenkupplung
- Schraubenfederkupplung

- Blattfederkupplung
- Reifenkupplung

**Bemerkungen:**

- Anziehdrehmoment der Schrauben beachten, um maximal übertragbares Drehmoment zu gewährleisten
- Maximal zulässigen Wellenversatz nicht überschreiten
- Unterschiedliche Wellenbefestigungen: Klemmflansch, Passfeder, Stellschrauben, Schweißen, Innenspannsatz, Schrumpfscheiben
- Passungsqualität der Wellen: h6

## 18.8 Nicht schaltbare Kupplungen

### 18.8.1 Balgkupplung



**Vorteile:**

- drehstarr: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (Radialversatz, Axialversatz, Winkelfehler)
- schwingungsdämpfend (niedrige Federsteife)
- spielfreie und winkelsynchrone Übertragung der Drehbewegung
- niedriges Massenträgheitsmoment
- geringe Baugröße
- für sehr hohe Drehzahlen geeignet

**Nachteile:**

- niedrige Federsteife [Nm/rad]
- für wechselnde oder schwellende Belastung weniger geeignet
- sehr empfindlich gegen Stoßbeanspruchung, führt zum Bruch der Kupplung (kann auch so gewollt sein, zum Schutz des Antriebes)

### 18.8.2 Elastische Kupplung



## 18 Kupplungen

### Vorteile:

- drehelastisch: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Zahnkranz (Elastomere) in verschiedenen Härten (üblicherweise 80, 92, 95, 98° Shore)
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (Radialversatz, Axialversatz, Winkelfehler)

### Bemerkungen:

- erforderlichen Abstand der Kupplungskörper zueinander unbedingt einhalten

### 18.8.3 Federkupplung



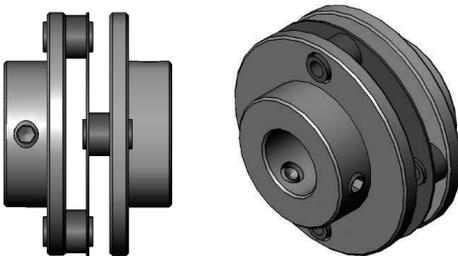
### Vorteile:

- drehelastisch: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- guter Ausgleich von Fluchtungsfehlern (Radialversatz, hoher Axialversatz, hoher Winkelfehler)
- stark schwingungsdämpfend
- preisgünstig
- keine bewegten Teile

### Nachteile:

- geringe Federsteife
- für wechselnde oder schwellende Belastung nicht geeignet
- sehr empfindlich gegen Stoßbeanspruchung

### 18.8.4 Federscheibenkupplung



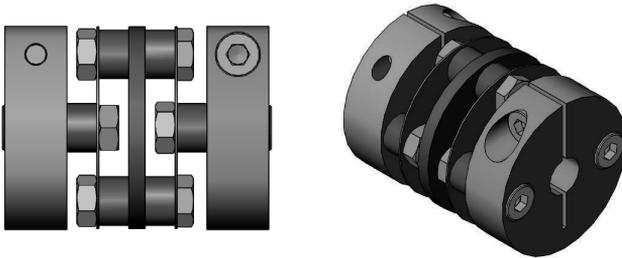
**Vorteile:**

- drehstarr: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (Radialversatz, Axialversatz, hoher Winkelfehler)
- sehr hohe Drehfedersteife (Federmembran aus Edelstahl)
- schwingungsdämpfend
- für sehr hohe Drehzahlen geeignet

**Nachteile:**

- hohe Baugröße

**18.8.5 Membrankupplung**



**Vorteile:**

- drehstarr: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (Radialversatz, Axialversatz, Winkelfehler)
- torsionssteif
- spielfrei
- wartungsfrei

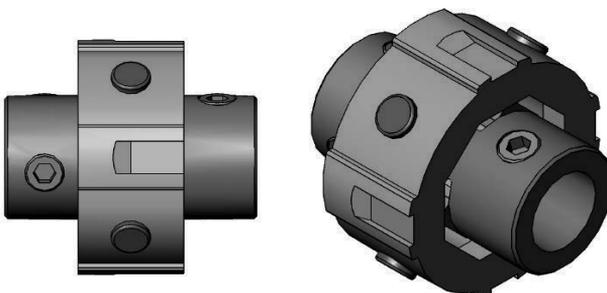
**Nachteile:**

- Klemmbereich des Klemmrings ist durch die Membranfeder eingengt

**Bemerkungen:**

- für wechselnde und schwellende Belastung und Stoß ist Sicherheitsfaktor 2 zu berücksichtigen

**18.8.6 UNI-LAT®-Kardankupplung**



## 18 Kupplungen

### Vorteile:

- drehstarr: winkelnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kein Radialversatz, kein Axialversatz, großer Winkelfehler:  $\pm 2^\circ$  bis zu  $\pm 5^\circ$ )
- bei Winkelfehler keine zusätzliche Lagerbelastung
- elektrisch isolierend
- gut geeignet für wechselnde Belastung
- überträgt leichte Zug/Druckkräfte (da kein Axialversatz möglich ist)

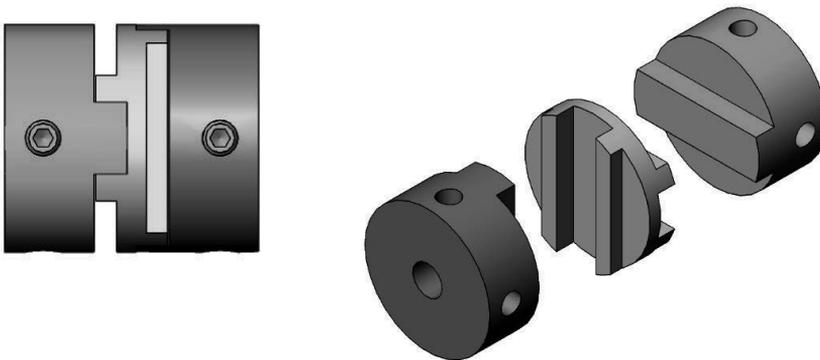
### Nachteile:

- geringe Dämpfungseigenschaft
- kein Axialversatz

### Bemerkungen:

- diesen Kupplungstyp nicht paarweise (hintereinander) anordnen
- konstante Winkelgeschwindigkeit bei: Radialversatz  $< 0,13$  mm und Winkelfehler  $< 0,25^\circ$

### 18.8.7 Oldham®-Kupplung



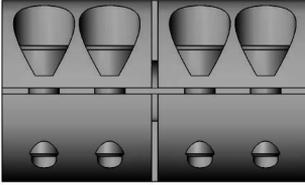
### Vorteile:

- drehstarr: quernachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (hoher Radialversatz, kleiner Axialversatz, kleiner Winkelfehler)
- spielfrei

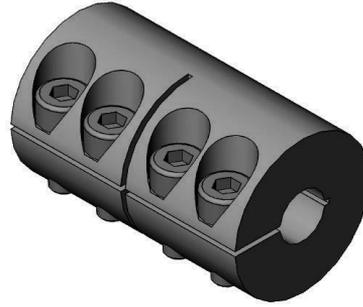
### Bemerkungen:

- diesen Kupplungstyp nicht paarweise (hintereinander) anordnen
- Übertragungsscheiben hergestellt aus:
  - ⇒ Azetal: hohe Steifigkeit, gute Notlaufeigenschaften
  - ⇒ Nylon: schwingungsisolierend, Betriebsdaten 25% con Azetal

### 18.8.8 Starre Kupplung



(auch Schalenkupplung nach DIN 115)



#### Vorteile:

- starr
- spielfrei
- hohes übertragbares Drehmoment

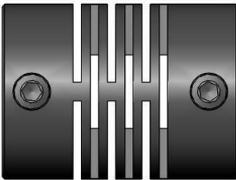
#### Nachteile:

- kein Ausgleich von Fluchtungsfehlern
- maximale Drehzahl:  $4000 \text{ min}^{-1}$
- führt zu Verspannungen im Bauteil (System ist überbestimmt) - Dauerbruch

#### Bemerkungen:

- einteilige Ausführung (s.o.) und zweiteilige Ausführung (8 Klemmschrauben)

### 18.8.9 Stegkupplung



#### Vorteile:

- drehstarr: winkel-, quernachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kleiner Radialversatz, kein Axialversatz, mittlerer Winkelfehler)
- spielfrei
- preisgünstig
- schwingungsdämpfend
- Werkstoff: Polyamid, glasfaserverstärkt: elektrisch isolierend

#### Nachteile:

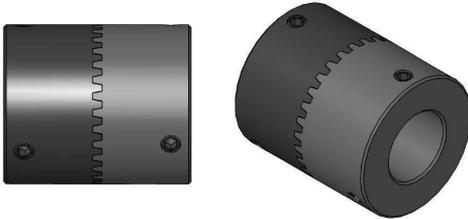
- niedrige Federsteife

## 18 Kupplungen

### Bemerkungen:

- Kupplung wird häufig für Drehgeber eingesetzt

### 18.8.10 Stirnzahnkupplung



#### Vorteile:

- drehstarr: winkel-, quernachgiebig
- geringfügiger Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kleiner Radialversatz, kein Axialversatz, kleiner Winkelfehler)
- mit entsprechender Verzahnung auch als Rutschkupplung einsetzbar (unter Federspannung)

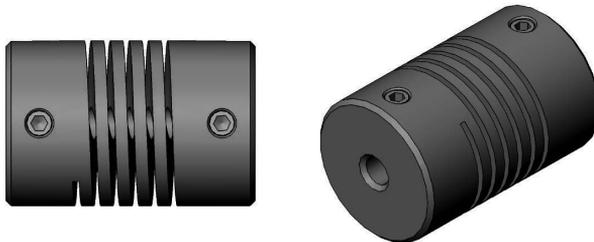
#### Nachteile:

- niedrige Federsteife
- nicht schwingungsdämpfend

### Bemerkungen:

- formschlüssige Verbindung zwischen Wellen

### 18.8.11 Wendelkupplung



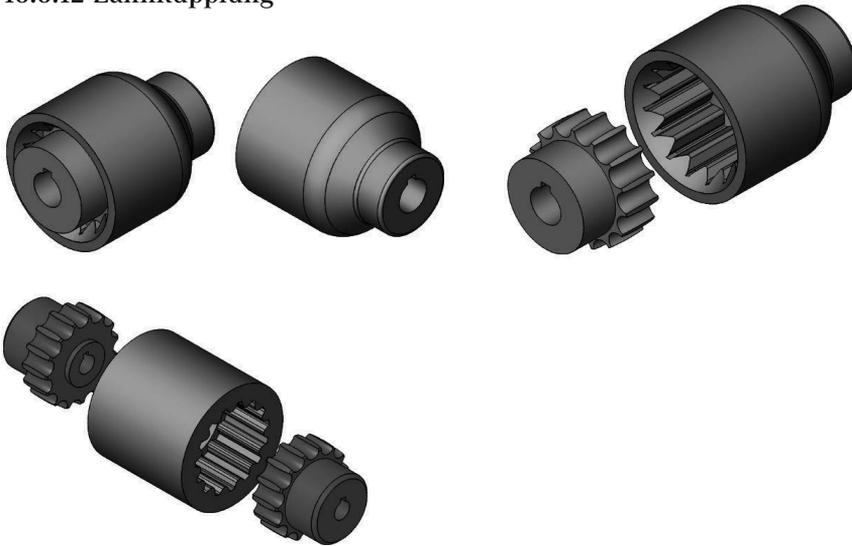
#### Vorteile:

- drehelastisch: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kleiner Radialversatz, kleiner Axialversatz, mittlerer Winkelfehler)
- schwingungsdämpfend
- hohe Federsteife
- einteilig, keine zueinander bewegten Teile

#### Nachteile:

- nur für kleine Drehmomente geeignet

### 18.8.12 Zahnkupplung



**Vorteile:**

- drehstarr: winkelnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kleiner Radialversatz, großer Axialversatz, mittlerer Winkelfehler)
- schwingungsdämpfend
- hohe Federsteife
- hohes Drehmoment

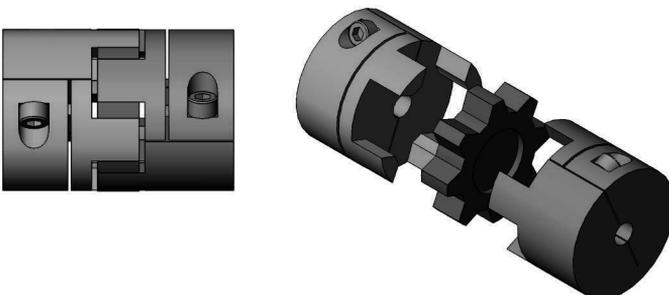
**Nachteile:**

- teuer
- hohe Baugröße

**Bemerkungen:**

- doppelkardanische Kupplung
- Werkstoff: Polyamid
- zweiteilige und dreiteilige Kupplungen

### 18.8.13 Spielfreie Kupplung



## 18 Kupplungen

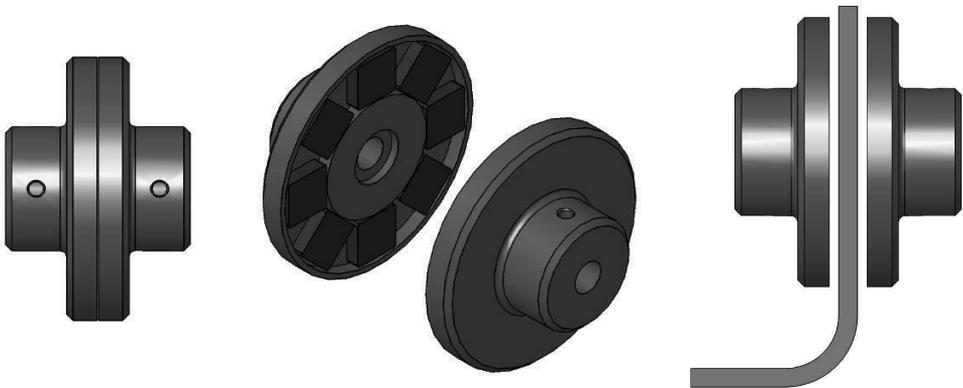
### Vorteile:

- drehelastisch: winkel-, quer-, längsnachgiebig
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (kleiner Radialversatz, großer Axialversatz, mittlerer Winkelfehler)
- unter Vorspannung spielfrei
- Zahnkranz aus Elastomeren (64, 92, 98° Shore)
- wartungsfrei
- preisgünstig

### Bemerkungen:

- dreiteilige kardanische Kupplung

### 18.8.14 Permanentmagnet-Rutschkupplungen



### Vorteile:

- drehelastisch
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern (großer Radialversatz: max. 6mm, großer Axialversatz, mittlerer Winkelfehler: max. 3°)
- verschleißfrei
- elektrische, mechanische und chemische Isolation
- bei Überschreitung des max. Drehmomentes rutscht die Kupplung durch

### Bemerkungen:

- überträgt kontaktfrei Drehmoment durch eine geschlossene Wand (z.B. Behälter)
- zwischen Wandung und Magnetscheibe Luftspalt vorsehen
- Drehmoment ist umgekehrt proportional zur Luftspaltbreite

### Nachteile:

- teuer
- hohe Baugröße

## 31 Excel-Programme

### Mitgelieferte Excel-Berechnungsprogramme (auf CD)

- |               |                                       |                    |  |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|--|
| 1) Kap. 2     | Schrauben (drei Berechnungsprogramme) | 18) Kap. 32.1      | Exzentranspanner                       |
| 2) Kap. 3.1   | Drahtgewindeinsatz (Helicoil)         | 19) Kap. 32.2      | Schubstangenspanner Typ 1              |
| 3) Kap. 4     | Bewegungsschraube                     | 20) Kap. 32.2      | Schubstangenspanner Typ 2              |
| 4) Kap. 11.1  | Passfederverbindung                   | 21) Kap. 24.3      | Gasfeder                               |
| 5) Kap. 11.2  | Keil- und Zahnwellenverbindung        | 22) Kap. 25.1      | Scherenhubtisch Typ 1                  |
| 6) Kap. 11.4  | Kegelpressverband                     | 23) Kap. 25.2      | Scherenhubtisch Typ 2                  |
| 7) Kap. 11.8  | Spannsatz (Kegelspannring)            | 24) Kap. 25.3      | Scherenhubtisch Typ 3                  |
| 8) Kap. 11.9  | Klemmverbindungen                     | 25) Kap. 25.4      | Scherenhubtisch Typ 4                  |
| 9) Kap. 11.10 | Zylindrischer Pressverband            | 26) Kap. 29.2      | Keilreibung                            |
| 10) Kap. 12.1 | Wellenauslegung                       | 27) Kap. 30.2      | Knickbeanspruchung                     |
| 11) Kap. 12.2 | Durchbiegung von Achsen und Wellen    | 28) Kap. 30.4      | Blechabwicklung                        |
| 12) Kap. 12.3 | Biegekritische Drehzahl               | 29)                | Passungsrechner                        |
| 13) Kap. 16.1 | Lineareinheiten (1 Wagen, 1 Schiene)  | 30) Kap. 27.1.1    | Rollengurtförderer                     |
| 14) Kap. 16.2 | Lineareinheiten (2 Wagen, 1 Schiene)  | 31) Kap. 27.1.2    | Gewindespindeltrieb                    |
| 15) Kap. 16.3 | Lineareinheiten (2 Wagen, 2 Schienen) | 32) Kap. 27.1.3    | Schubkurbelantrieb                     |
| 16) Kap. 16.4 | Lineareinheiten (4 Wagen, 2 Schienen) | 33) Kap. 27.1.4    | Außenmalteserkreuzgetriebe             |
| 17) Kap. 21   | Zahnriemengetriebe                    | 34) Kap. 27.1.5    | Hebewerk                               |
|               |                                       | 35) Kap. 27.1.6    | Drehtisch                              |
|               |                                       | 36) Kap. 27.2.1.1a | Stirnradgetriebe                       |
|               |                                       | 37) Kap. 27.2.1.1b | Koaxial-Stirnradgetriebe               |
|               |                                       | 38) Kap. 27.2.2    | Planetengeriebe                        |
|               |                                       | 39) Kap. 27.2.3    | Zugmittelgetriebe                      |
|               |                                       | 40) Kap. 27.3      | Elektrischer Antrieb                   |
|               |                                       | 41) Kap. 27.3      | Betriebsarten S3 und S5                |
|               |                                       | 42)                | Hersteller- und Lieferantenverzeichnis |

### Allgemeine Erklärungen zu den Programmen

Das Rechenblatt besteht aus einer Eingabemaske (grau) und einem Ergebnisfeld (orange). In der Eingabemaske befinden sich die Eingabefelder, Auswahlfelder (beide weiß) und einige Rechenkonstanten und Zwischenergebnisse.

Außerhalb des Rechenblattes befinden sich erweiterbare Tabellen (grün). Hier können bestehende Werte verändert und weitere hinzugefügt werden. Über das entsprechende Auswahlfeld wird der gewünschte Wert aus dieser Tabelle in das Rechenblatt eingefügt.

Unterhalb der Rechenmaske befindet sich das Ergebnisfeld (orange). Hier stehen wichtige Zwischenergebnisse, die zum Weiterrechnen verwendet werden können und das gesuchte Ergebnis (meist Sicherheit oder Vergleichsspannung, die mit der zulässigen Spannung verglichen wird). Falls die Sicherheit nicht erfüllt ist, erscheint eine Meldung mit einem Hinweis (dunkelgelb mit roter Schrift). Rechts daneben (außerhalb vom Rechenblatt) stehen Hinweise (hellgelb), in denen aufgeführt ist, welche Faktoren verändert werden können, um die gewünschte Sicherheit zu erlangen (iterativer Lösungsweg).

Zur einfacheren Bedienbarkeit befinden sich drei Tasten (Makros) rechts oben neben dem Rechenblatt. Mit „Speichern unter“ kann das Excel-Blatt unter einem neuen Namen gespeichert werden. Unter „Drucken“ wird das gesamte Rechenblatt gedruckt, alles außerhalb liegende wird nicht mitgedruckt. Im Druckermenü kann u. a. ein PDF-Dokument mit dem aktuellen Dateinamen erzeugt werden. Mit „Speichern & Beenden“ wird das Rechenblatt unter dem aktuellen Dateinamen abgespeichert und Excel verlassen.

Die Rechenblätter sind mit MS Excel 2002 erzeugt worden. Beim Öffnen der Arbeitsblätter erscheint je nach Einstellung der Makrosicherheit eine Sicherheitswarnung. Hierbei ist der Schalter „Makros aktivieren“ zu betätigen, um die volle Funktionalität zu erreichen.

Beispiel eines Rechenblattes:

**Eingabefeld**      **Auswahlfeld**      **Eingabemaske (grau)**      **Druckvorschau des Ergebnisses**      **Weitere Informationen**

**Speichern unter**      **Druckvorschau**      **Speichern & Beenden**

**Zwischenergebnis**

**Passfedertypen**

Passfedertypen	
rundetirnig	geradetirnig
Form A	Form B
Form AB	Form BS für Abdrückschraube
Form AS	Form D für Halteschraube
Form C	Form E für Halteschrauben und Abdrückschraube
Form E	Form F

**erweiterbare Tabelle:**

Werkstoff	zul. Flankenpressung $p_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Stahl, Stahlguss	150
Stahl, Stahlguss, gehärtet	200
Grauguss	90
Temperguss	110
Bronze, Messing	50
AlCuMg ausgehärtet	100
AlMg, AlMn, AlMgSi ausgehärtet	90
AlSi, AlSiMg, Gusslegierung	70

**Erweiterbare Tabelle für Werkstoffe (grün)**

**Hinweise und Hilfen, welche Möglichkeiten anbietet, das Bauteilversagen zu verhindern. (hellgelb)**

**Ergebnisfeld (orange)**

**Meldung z.B. bei Versagen (dunkelgelb)**

**Erweiterbare Tabelle Tabellen und Diagramme Tab. 12.1**

**falls unterdimensioniert:**

- längere Passfedern wählen, oder
- Nabenwerkstoff mit höherer zulässigen Flankenpressung wählen, oder
- größeren Wellendurchmesser d wählen

# Sachregister

$\omega$ -Verfahren 459

## A

Abstreifer (Hydraulik) 205  
Achsen und Wellen 133  
Anlaufscheibe 172  
Antriebsauslegung einer Gewinde-  
spindel 322  
Antriebsleistung eines Fahrwerkes 332  
Anziehdrehmoment 41, 42  
Auslegung der Kettentriebe 287  
Auslegung der Zahnriementriebe 277  
Außenbackenbremsen 241  
Außenspannsatz 126  
Auswuchttechnik 146  
Axialgelenk 176  
Axial-Gelenklager 176  
Axialgleitlager 170  
Axiallager 172  
Axial-Nadellagerkranz 167  
Axial-Pendelrollenlager 157, 167  
Axial-Rillenkugellager 157, 166  
- zweiseitig wirkend 166  
Axial-Wellendichtringe 191, 200  
Axial-Zylinderrollenlager 158, 167

## B

Balgkupplung 221  
Bandbremsen 237  
Bewegungsschrauben 84  
Bezeichnungssysteme der Schrauben und  
Muttern 49  
Biegekritische Drehzahl bei Wellen 136  
Biegemomentenverlauf bei Achsen  
und Wellen 133  
Biegung bei Schweißverbindungen 108  
Blechabwicklung 462  
Blindnieten 97  
Blindniettypen im Vergleich 98  
Bolzen 114  
Bolzenkupplung 231  
Bolzen und Stifte 114

Bremsbandbreite 240

Bremsbanddicke 240

Bremsen 236

Bremszeit 236

Bundbuchse 169, 172

## C

Composite-Gleitlager 175

## D

Dehnschraube 56  
Dichtungen für Drehdurchführungen 191,  
200  
Dichtungstechnik 191  
Differentialbandbremsen 238  
Doppelbackenbremsen 242  
Doppelgelenk 176  
Doppel-Wellengelenk 229  
Drahtgewindeinsatz 72  
Drahtseilfedern 135  
Drehelastische Klauenkupplung 232  
Drehfedern 128  
Drehmoment von Kupplungen 213  
Drillknicken 460  
Druckfedern 126  
Druckhülse 113  
Duplex-Bremsen 244  
Durchbiegung bei Wellen 135  
Durchsteckschrauben 45

## E

Edelstahlschrauben 49  
Einkomponentenkleber 105  
Einstellung der Riemenspannung 274  
Elastische Kardan-Gelenkscheiben 234  
Elastische Klauenkupplung 235  
Elastischer Roll-Ring® Kettenspanner  
284  
E-Modul 33  
Ensat® 75, 80  
Expansionsert® 77, 82  
Exzentrerspanner 289

**F**

Fächerscheiben 69  
Fahrwiderstand 329  
Faserverbundwerkstoff-Buchsen 175  
Federkupplung 222  
Federn 124  
Federringe 68  
Federscheibenkupplung 222  
Federsysteme 125  
Federwerkstoffe 124  
Feingewinde 39  
Festigkeitsnachweis von Bewegungs-  
schrauben 87  
Flachbackengreifer 298  
Flachdichtungen 191, 192  
Flachdichtungen für Flansche 192  
Flächenpressung von Bewegungs-  
schrauben 89  
Flache Scheiben 67  
Flachkopfschrauben 53  
Flanschlager 176  
Flügelmutter 66  
Flügelschrauben 55  
Fügetemperatur 121  
Führungen (Hydraulik) 206  
Führungen (Pneumatik) 210  
Führungsringe 206

**G**

Gasdruckfedern 307  
Gasfedern 307  
Gaszugfedern 307  
Gelenkbolzen 117  
Gelenkbolzenauslegung 324  
Gelenkkopf 176  
Gelenklager 176  
Gelenkwelle 230  
Gelenkwelle mit Längenausgleich  
230  
Gerollte Buchse 172  
Gestreckte Länge 462  
Gewindeauslegung  
- Bewegungsschrauben 86  
Gewindeeinsatzbuchse 75  
Gewindeeinsatzbuchse Ensat® S/ SB 75  
Gewindeeinsatzbuchse Kobsert® 76

Gewindeeinsätze 72, 79  
- Praxistipps 79  
Gewindestifte 58  
Gewindetabellen 39  
- Bewegungsschrauben 84  
Gleitlager 169, 172  
- Anwendungen 176  
Gleitrindichtungen 191, 201  
Gleitspanner 284  
G-Modul 33  
Greifer 295  
Greifkraft 295  
Greif- und Spannmechanismen 289  
Gummifedern 132  
Gusswerkstoffe 36

**H**

Haftklebstoffe 104  
Helicoil® 72, 79  
Helicoil® plus 79  
Hertzsche Pressung 454  
Hochelastische Kupplung 233  
Hochfeste Schrauben 57  
Hydraulikzylinder 305  
- Dichtungselemente 202

**I**

Innenbackenbremsen 243

**K**

Kalottenlager 173  
Kammprofilabdichtungen 192  
Kardan 218  
Kardangelenk 229  
Keensert® 83  
Kegelbremsen 244  
Kegelpressverband 109  
Kegelradpaar 249  
Kegelrollenlager 157, 159, 165  
Kegelspannring 110  
Kegelspannringverbindung 114  
Keilwelle 108  
Kettenführungen für Rollketten 284  
Kettenkupplung 233  
Kettenräder 282  
Kettenspanner 283

Kettenspannräder 283  
 Kettentriebe 279  
 Klebeverbindungen 100  
 - Praxistipps 102  
 Klebstoffarten 104  
 Klebstofftypen 103  
 Klemmfaktor 298  
 Klemmverbindung 117  
 Knickbeanspruchung 456  
 Knickbelastung bei langen Zylindern 304  
 Knick-Drehmoment 460  
 Knicken bei Erwärmung 460  
 Knicksicherheit von Bewegungs-  
 schrauben 91  
 Kobsert® 81  
 Kolbendichtung (Hydraulik) 204  
 Kolbendichtung (Pneumatik) 209  
 Konstruktive Gestaltung der  
 Klebeverbindung 106  
 Korrosion 442  
 Korrosionsschutz 442, 444  
 Kreuzgelenk 229  
 Kreuzpaargelenk 229  
 Kreuzrollenlager 167  
 Kronenmutter (6kt) 64  
 Kunststoffe 38  
 Kunststoffgleitlager 174  
 Kupplungen 213, 220  
 - elastische 221  
 - starre 225

**L**

Lagerkräfte an einem Laufrad 330  
 Lamellenbremsen 246  
 Längsstiftverbindung 116  
 Laufräder 327  
 Laufradkraft 327  
 Lebensdauer von Kugellagern 161  
 Lebensdauerberechnung Wälzlager 161  
 Lineare Interpolation 470  
 Linearführungen 176, 178  
 Lineartisch 176  
 Lochleibungsdruck im Nietschaft 92  
 Losdrehsicherung durch Kleben 70  
 Lösungsmittelbasierende Klebstoffe 104

**M**

Membrankupplung 223  
 Metallringe 191, 194  
 Metrisches ISO-Gewinde 39  
 Momentenanschluss bei Nietern 94  
 Montagevorspannkraft  
 - längs belastete Schrauben 41  
 Montagevorspannung von Schrauben 41  
 Muttern 60  
 Muttern in der Fahrzeugindustrie 66

**N**

Nachgiebigkeit  
 - der Schrauben und Bauteile 46  
 Nadellager 158, 165  
 Nichteisenmetalle 37  
 Nichtrostende Stähle 35  
 Niedrige Sechskantmutter 60  
 Nietverbindungen 92, 95  
 Nord-Lock®-Scheiben 70  
 Nutmutter 64  
 - für Wälzlager 65

**O**

Oberflächenbehandlung (Kleben) 105  
 Oldham®-Kupplung 224  
 O-Ringe 191, 193

**P**

Parallelkurbel-Kupplung 231  
 Passfeder 107  
 Passschrauben 45, 54  
 Pendelkugellager 157, 164  
 Pendelrollenlager 158, 166  
 Permanentmagnet-Rutschkupplungen 228  
 Pneumatikzylinder 303  
 - Dichtungselemente 207  
 PowerGrip® Kupplung 232  
 Pressverband, zylindrischer 119  
 Prismabackengreifer 298  
 Punktschweißverbindungen 112

**Q**

Querkontraktionszahl 33  
 Querkraftverlauf 133

Querstiftverbindung 115  
Quicksert® 82

## R

Radialgleitlager 169  
Radiallager 172  
Radial-Wellendichtringe 191, 198  
Rändelmutter 65  
Rändelschrauben 55  
Regelgewinde 39  
Reibwerte für Greifer 299  
Rillenkugellager 156, 163  
Rohniete für Stahlbau 95  
Rohnieten 95  
Rollenketten 280  
Rundtischlager 176

## S

Sägewinde metrisch 85  
Scheibe mit 2 Lappen 69  
Scheiben 67  
- (vierkant) für U- und I-Träger 67  
Scherenhubtische 310  
Scherenwagenheber 321  
Scherspannung im Nietquerschnitt 92  
Schmelzklebstoffe 104  
Schmidt-Kupplung® 230  
Schmierung 285  
- (Pneumatik) 212  
Schneckenradsatz 252  
Schräg-Gelenklager 176  
Schräggugellager 156, 159, 163  
Schrauben 51  
- querbelastete 45  
Schrauben in der Fahrzeugindustrie 59  
Schraubenverbindungen 51  
Schubbeanspruchungen bei  
Schweißverbindungen 110  
Schubketten 286  
Schubstangenspanner 291  
Schulterkugellager 165  
Schweißmuttern 63  
Schweißnähte 111  
Schweißverbindungen 107  
Schwellfestigkeit 33  
Schwingungsisolierung 136

Sechskant-Hutmuttern 62  
Sechskantmuttern 60  
- mit Flansch 62  
- mit großen Schlüsselweiten 61  
- mit Klemmteil 63  
Sechskantschrauben 51  
Senkschrauben 56  
Sicherungsringe 119  
Sicherungs scheiben 68  
Simmeringe® 198  
Simplex-Bremsen 243  
Sinter-Gleitlager 174  
Spannelemente 126  
Spannmechanismen 289  
Spannsätze 124  
Spannscheiben 68  
Spannungs-Dehnungsdiagramm 34  
Spielfreie Kupplung 227  
Spiraldichtungen 192  
Spiralfedern 129  
Spredsert® 81  
Stahl 35  
Stangendämpfer (Pneumatik) 211  
Stangendichtung (Hydraulik) 202  
- (Pneumatik) 208  
Steckstiftverbindung 114  
Stegkupplung 225  
Sternscheiben 112  
Stifte 114  
Stirnradpaar 248  
Stirnzahnkupplung 226  
Stirnzahnverbindung 116, 117  
Stopfbuchspackungen 191, 196  
Stoßisolierung 137  
Streckgrenze 33  
Stützlager 172  
Summenbandbremsen 239

## T

Taper Lock®-Spannbuchse 131  
Teilscheibenbremsen 246  
Tellerfedern 130  
Temperaturerhöhung beim Bremsen 236  
Thermische Ausdehnung 460  
Tonnenlager 166  
Torsion

- Torsion bei Schweißverbindungen 107  
Tragfähigkeitsberechnung der Nut  
für Sicherungsringe 123  
Trägheitsmomente 219  
Trapezgewinde metrisch 84
- U**  
UNI-LAT<sup>®</sup>-Kardankupplung 223  
Unwuchtarten 147
- V**  
Verbindungsglieder 281  
Verbund-Gleitlager 175  
Vierpunktlager 164
- W**  
Wälzlager 155, 162, 303  
- Auswahl 162  
Wasserbasierende Klebstoffe 104  
Wechseldrehmoment von Kupplungen 217  
Wechselfestigkeit 33  
Welle-Nabe-Verbindungen 107  
Wellengelenk 218  
Wellenquerschnitte 138  
Wendekupplung 226
- Werkstofftechnik 33  
Whitworth-Regelgewinde 40  
Winkelgelenk 176
- Z**  
Zahnkupplung 227  
Zahnräder 247  
Zahnriemenprofile 270  
Zahnriemenräder 276  
Zahnriemenspanner 273  
Zahnriementriebe 256, 268  
Zahnscheiben 69  
Zahnwelle 108  
Zug-/Druckbeanspruchung bei  
Schweißverbindungen 107  
Zugfedern 127  
Zugfestigkeit 33  
Zugspannung im Niet 92  
Zweikomponentenkleber 105  
Zylinderlager 172  
Zylinderrollenlager 158, 165  
Zylinderschrauben 52  
- mit Schlitz 54  
- niedriger Kopf) 52  
Zylindrischer Pressverband 119