

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Definition der Maschinenelemente	1
1.2 Konstruieren	1
1.2.1 Definition des Begriffs Konstruieren	1
1.2.2 Konstruktionsprozeß	2
1.2.3 Rechnerunterstütztes Konstruieren	5
1.3 Das Gestalten	6
1.3.1 Funktions- und anforderungsgerechtes Gestalten	7
1.3.2 Beanspruchungsgerechtes Gestalten	7
1.3.3 Festigkeitsgerechtes Gestalten (Dimensionierung)	12
1.3.4 Werkstoffgerechtes Gestalten	24
1.3.5 Herstellgerechtes Gestalten	29
1.3.6 Recyclinggerechtes Gestalten	34
1.3.7 Zeitgerechtes Gestalten (Formschönheit)	35
1.4 Normung	36
1.4.1 Grundlagen der Normung	36
1.4.2 Normen und ihre rechtliche Bedeutung	37
1.4.3 Normzahlen (NZ)	39
1.4.4 Toleranzen und Passungen	42
1.4.5 Technische Oberflächen	61
<b>2 Verbindungselemente</b>	<b>67</b>
2.1 Schweißverbindungen	68
2.1.1 Schweißverfahren	69
2.1.2 Schweißbarkeit	70
2.1.3 Schweißnahtgüte	72
2.1.4 Schweißstoß und Schweißnaht; Zeichnerische Darstellung	73
2.1.5 Berechnen von Schweißverbindungen	78
2.1.6 Gestalten von Schweißverbindungen	95
2.2 Lötverbindungen	100
2.2.1 Lote, Lötverfahren und Anwendungen	100
2.2.2 Berechnen von Lötverbindungen	101
2.2.3 Gestalten von Lötverbindungen	102

2.3	Klebeverbindungen . . . . .	104
2.3.1	Klebstoffe . . . . .	105
2.3.2	Berechnen von Klebeverbindungen . . . . .	105
2.3.3	Gestalten von Klebeverbindungen . . . . .	107
2.4	Reibschlußverbindungen . . . . .	108
2.4.1	Keilverbindungen . . . . .	109
2.4.2	Kegelsitz . . . . .	115
2.4.3	Konische Spannelementverbindungen . . . . .	118
2.4.4	Verbindungen mit federnden Zwischengliedern . . . . .	121
2.4.5	Preßverbindungen (Zylindrische Preßverbände) . . . . .	124
2.4.6	Klemmverbindungen . . . . .	138
2.5	Formschlußverbindungen . . . . .	141
2.5.1	Paß- und Scheibenederverbindungen . . . . .	141
2.5.2	Profilwellenverbindungen . . . . .	146
2.5.3	Bolzen- und Stiftverbindungen . . . . .	151
2.5.4	Elemente zur axialen Lagesicherung . . . . .	158
2.6	Nietverbindungen . . . . .	161
2.6.1	Herstellung und Gestaltung von Nietverbindungen . . . . .	161
2.6.2	Berechnen von Nietverbindungen . . . . .	166
2.7	Schraubenverbindungen . . . . .	167
2.7.1	Definition der Schraube; Bestimmungsgrößen . . . . .	168
2.7.2	Gewindearten . . . . .	170
2.7.3	Genormte Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben . . . . .	171
2.7.4	Werkstoffe und Festigkeitswerte . . . . .	176
2.7.5	Berechnen von Schraubenverbindungen . . . . .	179
	2.7.5.1 Verspannungsschaubild . . . . .	181
	2.7.5.2 Gewindekräfte und -momente . . . . .	189
	2.7.5.3 Spannungen in Schraubenverbindungen; Bemessungsgrundlagen . . . . .	193
2.7.6	Schraubensicherungen . . . . .	201
2.7.7	Gestalten von Schraubenverbindungen . . . . .	204
2.7.8	Bewegungsschraube . . . . .	206
2.8	Elastische Verbindungen (Federn) . . . . .	213
	2.8.1 Kennlinie; Arbeit; Dämpfung; allgemeine Dimensionierungsgrundlagen . . . . .	213
	2.8.2 Federschaltungen . . . . .	216
	2.8.3 Metallfedern . . . . .	218
	2.8.4 Gummifedern . . . . .	247
<b>3</b>	<b>Dichtungen . . . . .</b>	<b>253</b>
3.1	Dichtungen zwischen ruhenden Bauteilen . . . . .	254
3.1.1	Unlösbare Dichtungen . . . . .	254
3.1.2	Bedingt lösbare Dichtungen . . . . .	254
3.1.3	Lösbare Dichtungen . . . . .	255

3.2	Dichtungen zwischen bewegten Bauteilen	263
3.2.1	Berührungsdichtungen	264
3.2.2	Berührungslose Dichtungen	272
3.2.3	Hermetische Dichtungen	275
<b>4</b>	<b>Elemente der drehenden Bewegung</b>	<b>277</b>
4.1	Achsen	277
4.2	Wellen	282
4.2.1	Bemessung auf Tragfähigkeit	283
4.2.2	Bemessung auf Verformung	291
4.2.3	Dynamisches Verhalten	296
4.2.4	Wellengestaltung	302
4.2.5	Sonderausführungen	305
4.3	Lager	307
4.3.1	Gleitlager	307
4.3.1.1	Schmierstoffe: Eigenschaften, Arten und Zuführung	308
4.3.1.2	Druck-, Geschwindigkeits- und Reibungsverhältnisse im Tragfilm	314
4.3.1.3	Mischreibung und Übergangsdrehzahl	336
4.3.1.4	Wellen- und Lagerwerkstoffe	338
4.3.1.5	Gestaltung	339
4.3.2	Wälzlager	346
4.3.2.1	Radiallager	349
4.3.2.2	Axiallager	354
4.3.2.3	Lagerbezeichnung	356
4.3.2.4	Lagerberechnung	358
4.3.2.5	Gestaltung von Wälzlagerungen	370
4.4	Kupplungen	380
4.4.1	Starre Kupplungen	381
4.4.2	Bewegliche Kupplungen (Ausgleichskupplungen)	384
4.4.3	Elastische Kupplungen	390
4.4.4	Formschlüssige Schaltkupplungen	397
4.4.4.1	Fremdbetätigte Schaltkupplungen	397
4.4.4.2	Momentbetätigte Schaltkupplungen	401
4.4.4.3	Richtungsbetätigte Schaltkupplungen	401
4.4.5	Kraftschlüssige Schaltkupplungen (Reibungskupplungen)	402
4.4.5.1	Fremdbetätigte Reibungskupplungen	406
4.4.5.2	Momentbetätigte Reibungskupplungen	415
4.4.5.3	Drehzahlbetätigte Reibungskupplungen	417
4.4.5.4	Richtungsbetätigte Reibungskupplungen	419
4.4.6	Bremsen	421

<b>5 Elemente der geradlinigen Bewegungen</b>	425
5.1 Paarung von ebenen Flächen	425
5.1.1 Führungen mit Gleitlagerungen	425
5.1.2 Führungen mit Wälzlagerungen	431
5.2 Rundlingspaarungen	436
5.2.1 Gleitende Rundlingspaarungen	436
5.2.2 Rundführungen mit Wälzlagerungen	439
<b>6 Elemente zur Übertragung gleichförmiger Drehbewegungen</b>	441
6.1 Stirnradgetriebe	443
6.1.1 Verzahnungsgeometrie geradverzahnter Stirnräder	443
6.1.1.1 Allgemeines Verzahnungsgesetz	445
6.1.1.2 Verzahnungsarten	451
6.1.1.3 Bezugsprofil und Herstellung	459
6.1.1.4 Unterschnitt und Grenzzähnezahl	462
6.1.1.5 Profilverschiebung	464
6.1.1.6 Zahnradpaarung	468
6.1.1.7 Innenverzahnung	475
6.1.2 Verzahnungsgeometrie schrägverzahnter Stirnräder	479
6.1.2.1 Grundbegriffe und -beziehungen	481
6.1.2.2 Paarungen schrägverzahnter V-Räder	486
6.1.2.3 Verzahnungstoleranzen	487
6.1.3 Kräfte und Momente	491
6.1.4 Grundlagen der Tragfähigkeitsberechnung (DIN 3990)	495
6.1.4.1 Allgemeine Faktoren	497
6.1.4.2 Zahnfußtragfähigkeit	503
6.1.4.3 Flankentragfähigkeit	510
6.1.5 Auslegung und Gestaltung	515
6.2 Kegelradgetriebe	521
6.2.1 Verzahnungsgeometrie geradverzahnte Kegelräder	521
6.2.2 Kegelräder mit Schräg- und Bogenverzahnung	526
6.2.3 Kräfte am Kegelrad	529
6.2.4 Tragfähigkeitsberechnung (DIN 3991)	530
6.3 Schraubradgetriebe	531
6.3.1 Verzahnungsgeometrie von Schraubenrädern	532
6.3.2 Kräfteverhältnisse und Wirkungsgrad	534
6.3.3 Bemessungsgrundlagen	535
6.4 Schneckengetriebe	537
6.4.1 Flankenformen der Zylinderschnecken	538
6.4.2 Verzahnungsgeometrie	540
6.4.3 Kräfteverhältnisse und Wirkungsgrad	544
6.4.4 Empfehlungen für die Bemessung	545

6.4.5 Lagerkräfte und Beanspruchungen der Schneckenwelle . . .	547
6.4.6 Gestaltung . . . . .	549
6.5 Umlaufgetriebe . . . . .	551
6.5.1 Drehzahlen und Übersetzungen . . . . .	551
6.5.2 Kräfte, Momente und Leistungen . . . . .	563
6.5.3 Kegelrad-Umlaufgetriebe . . . . .	569
6.6 Reibradgetriebe . . . . .	570
6.6.1 Werkstoffpaarungen und Berechnungsgrundlagen . . . . .	570
6.6.2 Reibradgetriebe mit konstanter Übersetzung . . . . .	575
6.6.3 Reibradgetriebe mit stufenlos verstellbarer Übersetzung . . .	576
6.7 Formschlüssige Zugmitteltriebe . . . . .	579
6.7.1 Kettentriebe . . . . .	579
6.7.2 Zahnriementriebe . . . . .	585
6.8 Kraftschlüssige Zugmitteltriebe (Riementrieb) . . . . .	586
6.8.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	587
6.8.1.1 Bandkräfte und -spannungen . . . . .	587
6.8.1.2 Einfluß der Fliehkraft . . . . .	589
6.8.1.3 Biegespannung und Biegefrequenz . . . . .	590
6.8.1.4 Gesamtspannung und optimale Bandgeschwindigkeit . . . . .	591
6.8.1.5 Folgerungen aus den theoretischen Betrachtungen .	592
6.8.2 Bauarten für konstante Übersetzungen . . . . .	593
6.8.2.1 Flachriementriebe . . . . .	595
6.8.2.2 Keilriementrieb . . . . .	598
6.8.3 Bauarten für stufenlos verstellbare Übersetzungen . . . . .	609
<b>Anhang . . . . .</b>	<b>613</b>
A1 Werkstoffkennwerte . . . . .	613
A2 Wälzlagerabmessungen . . . . .	619
A3 Flächen- und Widerstandsmomente . . . . .	627
A4 SI-Einheiten . . . . .	629
A5 Griechisches Alphabet . . . . .	630
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>631</b>
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>637</b>