

---

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis . . . . .	XVII
Verwendete Formelzeichen . . . . .	XXI
Zeittafel . . . . .	XXV
<b>1 Gelenkwellen zur Übertragung von Drehbewegungen . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Frühe Berichte über die ersten Gelenke . . . . .	1
1.1.1 Kreuzgelenke von Hooke . . . . .	1
1.2 Theorie der Übertragung von Drehbewegungen durch Kreuzgelenke . . . . .	5
1.2.1 Die Ungleichförmigkeit von Kreuzgelenken nach Poncelet . . . . .	5
1.2.2 Vermeidung der Ungleichförmigkeit durch das Doppelkreuzgelenk von Hooke . . . . .	8
1.2.3 Erweiterung der Gleichlaufbedingungen durch d'Ocagne . . . . .	10
1.2.4 Vereinfachungen des Doppelkreuzgelenks . . . . .	12
1.2.4.1 Das Tracta-Gelenk von Fénaille . . . . .	12
1.2.4.2 Verschiedene weitere Vereinfachungen . . . . .	14
1.2.4.3 Anderthalbfaches Kreuzgelenk von Bouchard . . . . .	15
1.3 Die Kugelgelenke . . . . .	17
1.3.1 Kugelgelenke von Weiss und Rzeppa . . . . .	19
1.3.2 Entwicklung zum Verschiebegelenk . . . . .	27
1.4 Entwicklung der Podegelenke . . . . .	33
1.5 Erste Anwendungen der Festigkeitslehre auf Gelenkwellen . . . . .	40
1.5.1 Berechnung der Kreuzzapfen auf Biegung . . . . .	41
1.5.2 Berechnung der Kreuzzapfen auf Flächenpressung . . . . .	43
1.5.3 Berechnung der Gelenke auf Lebensdauer . . . . .	47
1.6 Literatur zu Kapitel 1 . . . . .	49
<b>2 Theorie der Gleichlaufgelenke . . . . .</b>	<b>53</b>
2.1 Entstehung der Gleichlaufgelenke . . . . .	54
2.2 Erste, indirekte Methode zum Beweis des Gleichlaufs nach Metzner . . . . .	58
2.2.1 Geradlinige Laufrillen der wirksamen Geometrie . . . . .	62
2.2.2 Kreisförmige Laufrillen der wirksamen Geometrie . . . . .	64
2.3 Zweite, direkte Methode zum Beweis des Gleichlaufs nach Michel Orain . . . . .	66

2.3.1	Polypodegelenke . . . . .	70
2.3.2	Das freie Tripodegelenk . . . . .	74
2.4	Literatur zu Kapitel 2 . . . . .	77
<b>3</b>	<b>Die Hertzsche Theorie und die Grenzen ihrer Anwendung . . . . .</b>	<b>79</b>
3.1	Koordinatensysteme . . . . .	80
3.2	Die Gleichungen der Körperoberflächen . . . . .	81
3.3	Berechnung des Hilfwerts $\cos \tau$ . . . . .	83
3.4	Berechnung der Verformung $\delta$ in der Kontaktfläche . . . . .	86
3.5	Lösung der elliptischen Einzelintegrale $J_1$ bis $J_4$ . . . . .	91
3.6	Berechnung der elliptischen Integrale $K$ und $E$ . . . . .	92
3.7	Die Halbachsen der elliptischen Kontaktfläche bei Punktberührung . . . . .	94
3.8	Die elliptischen Koeffizienten $\mu$ und $\nu$ . . . . .	98
3.9	Die Breite der rechteckigen Kontaktfläche bei Linienberührung . . . . .	100
3.10	Verformung und Flächenpressung in der Kontaktfläche . . . . .	101
3.10.1	Punktberührung . . . . .	101
3.10.2	Linienberührung . . . . .	102
3.11	Literatur zu Kapitel 3 . . . . .	103
<b>4</b>	<b>Berechnung der Gelenke . . . . .</b>	<b>105</b>
4.1	Grundsätze für die Auslegung . . . . .	105
4.1.1	Vergleich der festigkeits-theoretischen Annahmen durch Franz Karas 1941 . . . . .	106
4.1.2	Statische Beanspruchung . . . . .	107
4.1.3	Dynamische Beanspruchung und Lebensdauer . . . . .	108
4.1.4	Gemeinsame Drehmomentgleichung für alle Gelenke . . . . .	110
4.2	Kreuzgelenke und -gelenkwellen . . . . .	112
4.2.1	Die statische Übertragungsfähigkeit $M_o$ . . . . .	113
4.2.2	Die dynamische Übertragungsfähigkeit $M_d$ . . . . .	115
4.2.3	Die mittlere äquivalente Druckkraft $P_m$ . . . . .	118
4.2.4	Rechnerisches Näherungsverfahren für die mittlere äquivalente Druckkraft $P_m$ . . . . .	120
4.2.5	Die dynamische Übertragungszahl $2CR$ . . . . .	122
4.2.5.1	Berechnungsbeispiel für eine Kreuzgelenkwelle im stationären Betrieb . . . . .	123
4.2.6	Gelenkwellen im Kraftfahrzeugbau . . . . .	126
4.2.6.1	Auslegung der Kreuzgelenke für den Kraftfahrzeug- bau nach GWB . . . . .	129
4.2.6.2	Berechnungsbeispiel für die Kreuz-Gelenkwellen von Nutzkraftwagen . . . . .	131
4.2.7	Grenzwerte für Drehzahl und Beugungswinkel . . . . .	133
4.2.8	Die biegekritische Drehzahl $n_k$ . . . . .	135
4.2.9	Doppelkreuzgelenke . . . . .	139
4.3	Kräfte in den Anschlußlagerungen der Kreuzgelenkwellen . . . . .	142
4.3.1	Das Kräftespiel in den Kreuzgelenken . . . . .	142

4.3.2	Anschlußlagerkräfte der Kreuzgelenkwelle in W-Beugung . .	144
4.3.3	Anschlußlagerkräfte der Kreuzgelenkwelle in Z-Beugung . . .	147
4.4	Kugel-Drehgelenke . . . . .	147
4.4.1	Statische und dynamische Übertragungsfähigkeit $M_o$ und $M_d$	148
4.4.1.1	Radiale Anschlußlagerkräfte von Gleichlauf- Gelenkwellen . . . . .	151
4.4.2	Das Kugel-Drehgelenk nach den Regeln der Wälzgleit- Lagerung . . . . .	152
4.4.3	Ein gemeinsamer, genauer Gelenkmittelpunkt . . . . .	154
4.4.3.1	Kugel-Drehgelenke nach dem Rzeppa-Prinzip . . . . .	155
4.4.4	Die Innenzentrierung des Kugel-Drehgelenks . . . . .	156
4.4.4.1	Das Axialspiel $s_a$ . . . . .	157
4.4.4.2	Drei Beispiele zur Berechnung des Axialspiels $s_a$ . . . . .	158
4.4.4.3	Der Zwangs-Mittenversatz . . . . .	160
4.4.4.4	Die Selbsthemmung zwischen Hohlkugel und Kugel . . . . .	163
4.4.5	Die Geometrie der Laufrillen . . . . .	163
4.4.5.1	Längsschnitte der Laufrillen . . . . .	163
4.4.5.2	Querschnitte der Laufrillen . . . . .	168
4.4.5.3	Führung und Steuerung der Kugeln . . . . .	170
4.4.5.4	Rollwilligkeit der Kugeln . . . . .	171
4.4.5.5	Der Kugelkäfig im Kugel-Drehgelenk . . . . .	174
4.4.5.6	Stützfläche des Käfigs in Kugel-Drehgelenken . . . . .	175
4.4.5.7	Die Kugeln . . . . .	176
4.4.5.8	Überprüfung auf Laufstörungen in Kugel- Drehgelenken . . . . .	178
4.4.6	Bauformen der Kugel-Drehgelenke . . . . .	179
4.4.6.1	Gestaltung und Übertragungsfähigkeit von Festgelenken, Bauart Rzeppa . . . . .	180
4.4.6.2	AC-Festgelenke von 1988/1999 . . . . .	181
4.4.6.3	UF-Festgelenke (undercut free) . . . . .	186
4.4.6.4	CUF-Gelenke nach Jacob/Paland (complete undercut free) . . . . .	188
4.4.6.5	Berechnungsbeispiel eines CUF-Gelenks . . . . .	190
4.4.7	Verschiebegelenke . . . . .	193
4.4.7.1	DO-Verschiebegelenke . . . . .	194
4.4.7.2	VL-Verschiebegelenke . . . . .	196
4.4.8	Die Lebensdauer von Kugel-Drehgelenken nach der Palmgren-Miner-Regel . . . . .	200
4.5	Pode-Gelenke . . . . .	203
4.5.1	Bipode-Gelenk . . . . .	207
4.5.2	Tripode-Gelenk . . . . .	208
4.5.3	Tripode-GI-Verschiebegelenk . . . . .	210
4.5.4	Statische Übertragungsfähigkeit des ungebeugten Tripode-Gelenks . . . . .	212
4.5.5	Statische Übertragungsfähigkeit des gebeugten Tripode-Gelenks . . . . .	213

4.5.6	Vom GI-C zum AAR-Gelenk . . . . .	219
4.5.7	Das reibungs- und schwingungsarme Tripode-Verschiebe- Gelenk AAR . . . . .	220
4.6	Werkstoffe, Wärmebehandlung und Fertigung . . . . .	223
4.6.1	Die Beanspruchungen . . . . .	223
4.6.2	Der Werkstoff und das Härten . . . . .	228
4.6.3	Die Auswirkungen der Wärmebehandlung auf das übertragbare, statische Moment . . . . .	230
4.6.4	Schmieden in der Fertigung . . . . .	231
4.6.5	Fertigung von Einzelteilen . . . . .	232
4.7	Grundsätzliches Vorgehen bei der Berechnung einer Gelenkwelle . . . . .	237
4.8	Literatur zu Kapitel 4 . . . . .	237
<b>5</b>	<b>Gelenkwellen . . . . .</b>	<b>241</b>
5.1	Kreuzgelenkwellen . . . . .	243
5.1.1	Anschlußelemente . . . . .	243
5.1.2	Zapfenkreuze . . . . .	247
5.1.3	Verschiebeelemente . . . . .	249
5.1.4	Reibung im Antriebsstrang – Längsverschiebungen . . . . .	250
5.1.5	Die Längswelle . . . . .	254
5.1.6	Gelenkwellenrohre aus Verbundfaserstoffen . . . . .	256
5.2	Ausführungsarten von Gelenkwellen . . . . .	261
5.2.1	Fahrzeugbau . . . . .	261
	5.2.1.1 Die Baureihe Cardan Compact 2000 von 1989 . . . . .	266
	5.2.1.2 Mehrteiliger Wellenstrang und Zwischenwellen- Lager . . . . .	266
	5.2.1.3 Gelenkwellen mit Lagerböckchen . . . . .	268
	5.2.1.4 Gelenkwellen für Industrie-Anwendung . . . . .	271
	5.2.1.5 Gelenkwellen für Automobil-Lenkungen . . . . .	278
	5.2.1.6 Gelenkwellen nach DIN 808 . . . . .	284
5.3	Landmaschinenbau . . . . .	288
5.3.1	Ausführungsarten der Gelenkwellen . . . . .	293
5.3.2	Forderungen an die Gelenkwellen in der Landtechnik . . . . .	293
5.3.3	Einsatz der Gelenkwellen . . . . .	298
5.3.4	Berechnungsbeispiel einer Gelenkwelle für Landmaschinen . . . . .	299
5.4	Gleichlauf-Gelenkwellen . . . . .	301
5.4.1	Lösungen zum Anschluß der Gleichlaufgelenke . . . . .	302
5.4.2	Kugel-Drehgelenkwellen . . . . .	303
5.4.3	Gleichlauf-Gelenkwellen im Front- und Heckantrieb von Personenwagen . . . . .	304
5.4.4	Berechnungsbeispiel einer Kugel-Drehgelenkwelle für einen Elektromotor-Antrieb . . . . .	308
5.4.5	Ausführungsarten von Tripode-Gelenkwellen . . . . .	313
5.4.6	Berechnungsbeispiel der Tripode-Gelenkwelle eines Personenwagens . . . . .	314

---

5.4.7	Berechnungsbeispiel für die Gelenkwellen eines vierrad- angetriebenen Personenkraftwagens, Baujahr 1986–94 . . . .	316
5.5	Gelenke und Gelenkwellen im Schienenfahrzeugbau . . . . .	325
5.6	Konstruktions- und Gestaltungsregeln für den günstigsten Gelenkwellenstrang . . . . .	327
5.7	Literatur zu Kapitel 5 . . . . .	329
<b>Namensverzeichnis . . . . .</b>		<b>331</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>		<b>335</b>

Gelenke und Gelenkwellen

Berechnung, Gestaltung, Anwendungen

Seherr-Thoss, H.-C.; Schmelz, F.; Aucktor, E.

2002, XXVI, 342 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-41759-0