

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Einleitung	1
2	Bauarten von Getrieben	3
3	Zahnradgetriebe	8
3.1	Stirnradgetriebe	8
3.2	Kegelradgetriebe	10
3.3	Schraubenge triebe	11
3.3.1	Stirnrad schraubgetriebe.....	11
3.3.2	Kegelrad schraubgetriebe (Hypoidgetriebe).....	11
3.4	Schneckengetriebe	12
3.5	Kombinierte Getriebe.....	14
3.6	Sonderbauarten	15
3.6.1	Turbogetriebe	15
3.6.2	Leistungsverzweigungsgetriebe	15
3.6.3	Planetenge triebe	15
3.6.4	Getriebemotoren.....	16
4	Zahnriemengetriebe	18
4.1	Anwendungsbeispiel eines Zahnriemengetriebes	22
5	Ungleichförmig übersetzende Getriebe	24
5.1	Kurvengetriebe	25
5.2	Koppelgetriebe	27
5.3	Unrundrädergetriebe.....	30
5.4	Schrittgetriebe	31
5.5	Getriebe mit veränderlichen Bewegungsgesetzen	33
5.6	Koppelgetriebe mit Stellantrieb	33
5.7	Elektronische Kurvenscheibe.....	34
5.8	Überlagerungsgetriebe	35
5.9	Zusammenfassung	36
5.10	Anwendungsbeispiel	37
6	Gleichförmig übersetzende Getriebe	40
6.1	Getriebe mit stufenweise verstellbaren Abtriebsdrehzahl	40
6.2	Bauformen von Schaltgetrieben.....	41
6.3	Getriebe mit stufenlos verstellbaren Abtriebsdrehzahlen	44
6.3.1	Elektrische Getriebe	44
6.3.2	Hydraulische Getriebe	45
6.3.3	Mechanische Getriebe	49
6.3.4	Kombination von gestuften Getrieben mit stufenl. Antriebsmotoren	55
7	Hochuntersetzende Getriebe	56
7.1	ZF- Ratiomax	57
7.2	Bauteiltechnologie	58

7.3	Harmonic Drive® Wellgetriebe.....	59
7.4	Harmonic Drive® Planetengetriebe für kleinste Servoantriebe.....	62
7.5	Harmonic Drive® Kunststoff-Wellgetriebe.....	63
7.6	Nabtesco-Zycloid-Präzisions-Getriebe.....	63
7.7	Maximale Integration.....	65
8	Schaltgetriebe.....	66
8.1	Einsatzbereiche.....	71
8.2	Schmierung.....	71
9	Verspannte Getriebe.....	73
9.1	Spieleinstellung bei Zahnradgetrieben.....	75
9.2	Mechanisch verspannte Zahnstangen / Ritzel- Antriebe.....	76
9.3	Spieleinstellung bei Schneckengetrieben.....	77
9.3.1	Prinzip des Ott- Getriebes.....	78
9.3.2	Prinzip der Duplex Verzahnung.....	81
9.4	Elektrische Verspannung.....	84
10	Anwendung- Gesichtspunkte von Getrieben an Vorschubachsen ..	86
10.1	Vor- und Nachteile eines Getriebes.....	88
11	Anforderungen an ein Getriebe.....	90
11.1	Trägheitsmoment.....	90
11.2	Torsion und Biegung.....	92
11.3	Umkehrspiel.....	95
12	Getriebe- Auslegung.....	96
12.1	Konstruktive Grenzen.....	96
12.2	Anpassgetriebe Auslegung.....	99
12.3	Bereichsgetriebe Anpassung.....	101
12.4	Kombinationsmöglichkeiten bei Seriengetrieben.....	104
12.4.1	Bemessung der Radsätze.....	105
12.4.2	Wahl der Achsabstände.....	105
12.5	Berechnungsbeispiel für ein Stirnradgetriebe (SEW).....	107
12.5.1	Antrieb eines Drehtisches.....	107
12.5.2	Antrieb eines Transportwagens.....	109
12.6	Vorwahl der Geradstirnrad Hauptabmessungen.....	111
13	Verzahnung von Zahnradgetrieben.....	115
13.1	Zahnräder.....	115
13.2	Zahnform.....	116
13.3	Zahnrad-Werkstoffe und Bearbeitung.....	118
13.4	Verzahnungsqualität.....	123
14	Getriebe Lagerung.....	126
14.1	Einflussgrößen.....	126
14.2	Lagerausführung.....	129
14.2.1	Wälzlager.....	129
14.2.2	Gleitlager.....	130

14.2.3	Lagerluft	131
14.3	Lageranordnung	135
14.3.1	Lagerung mit Fest- und Loslager	135
14.3.2	Angestellte Lagerung	136
14.3.3	Schwimmende Lagerung	138
15	Gestaltung der Lagerung verschiedener Getriebearten	139
15.1	Grundsätzliche Ausführung der Lager	141
15.1.1	Stirnradgetriebe	141
15.1.2	Kegelradgetriebe	144
15.1.3	Schneckengetriebe	148
15.1.4	Planetengertriebe	151
15.2	Wälzlager in Windkraftanlagen	154
16	Schmierung von Zahnradgetrieben	158
16.1	Schmierungszustand	161
16.1.1	Vollschmierung (Flüssigkeitsreibung, Flüssigkeitsschmierung)	161
16.1.2	Teilschmierung	162
16.2	Schmierungsarten und Schmierungsverfahren	162
16.2.1	Ölschmierung	163
16.2.2	Düsenanordnung, -art, -bohrungen	168
16.2.3	Sonstige Verfahren der Ölschmierung	172
16.3	Kühlschmierstoffe in der Zahnradbearbeitung	174
17	Energieverluste und Erwärmung in stationären Zahnradgetrieben	176
17.1	Wirkungsgrad von Zahnradgetrieben	176
17.2	Leistungsverluste in Zahnradgetrieben	179
17.3	Erwärmung von Zahnradgetrieben	181
17.4	Temperaturen in Zahnradgetrieben	182
17.5	Zahnflankentemperaturen	184
18	Dichtung von Getrieben	186
18.1	Statische Dichtung	186
18.2	Berührende, dynamische Dichtung	187
18.3	Berührungsfreie, dynamische Dichtung	189
18.4	Schmiertechnische Gehäuseausbildung	193
18.5	Dichtungsaufgaben und ihre Lösung	195
19	Werkstoffe und Fertigung	200
19.1	Gehäuse-Werkstoffe	200
19.2	Gehäuse-Werkstoffe für Sonderfälle	202
19.2.1	Werkzeuge zur Bearbeitung von Getriebegehäusen	204
19.3	Radwerkstoffe	206
19.3.1	Werkstoffkonzepte für große Bauteile	206
19.4	Verzahnungs-Fertigung	208
19.5	Verzahnungsschleifen	213
19.5.1	Wälz- und Profilschleifen mit abrichtbaren Werkzeugen	214
19.5.2	CBN- Schleifen	218
19.6	Verzahnungshonen	223

20	Pulvermetall- und beschichtete Getriebeteile.....	226
20.1	Pulvermetall.....	226
20.2	Beschichtungen.....	228
20.3	PVD- Beschichtung als konstruktives Element.....	230
21	Übertragungselemente für den Getriebe An- und Abtrieb.....	236
21.1	Kupplungen.....	236
21.1.1	Anforderungen.....	236
21.1.2	Bauarten.....	236
21.1.3	Auswahl.....	237
21.2	Wellen- Naben Verbindungen.....	250
21.3	Funktionsprinzipien.....	252
22	Drehmomenterfassung.....	257
22.1	Messen direkt an der Welle.....	257
22.2	Berührungslos Messen.....	258
22.3	Der Codierungsprozess.....	259
22.4	Drehmoment- Mess-System für kleinste Drehmomente.....	260
22.5	Drehmomentgeber.....	261
22.6	Drehmoment- Messkupplung.....	261
23	Sensor Überwachung und Schadensfrüherkennung.....	263
23.1	Beispiele aus der Praxis.....	264
23.2	Schnittstellen und Software.....	265
23.3	Dauerhaltbarkeitsprüfung.....	265
23.4	Selbstlernende Systeme.....	266
24	Qualitätsregelkreis bei Zahnrad- und Getriebeproduktion.....	268
24.1	3D- Koordinatenmessung.....	269
24.2	Zweiflankenwälzprüfung.....	270
24.3	Einflankenwälzprüfung.....	271
24.4	Fertigungszellen.....	273
24.5	Prüfkonzept.....	275
25	Instandhaltung, Ausfallursachen, Schäden und Verfahren zur Schadensfrüherkennung von Zahnradgetrieben.....	276
25.1	Zahnschäden an einsatzgehärteten Stirnrädern und Kegelrädern.....	277
25.2	Ausfallursachen.....	279
25.3	Verfahren der Schadensfrüherkennung.....	282
25.4	Instandhaltung.....	285
26	Betriebswirtschaftlichkeit von Getrieben.....	287
26.1	Lebensdauer- Verlängerung bei Zahnradgetrieben.....	287
26.1.1	Lebensdauer Verhältnis.....	289
26.1.2	Zahnflankenwechsel im Betrieb.....	291
26.2	Zusammenfassung.....	292
26.3	Tragfähigkeitssteigerung von Schneckengetrieben.....	292
26.4	Zusammenfassung.....	294

27	Auslegungssoftware von Getrieben und für den Antriebsstrang ..295
27.1	Berechnungssoftware „Bearinx“295
27.2	Auslegungssoftware für den Antriebsstrang298
27.3	Effiziente Auslegung von Getrieben mit „KISSsoft“300
27.4	Auslegungshilfen302
28	Energieeffizienz in der elektromechanischen Antriebstechnik304
28.1	Forderungen an die Antriebe306
28.1.1	Intelligente Bereitstellung der Energie.....307
28.1.2	Einsatz von Komponenten mit hohem Wirkungsgrad308
28.2	Bremsenergie nutzen.....308
28.3	Auslegung rückspeisefähiger Frequenzumrichter309
28.4	Checkliste für den Praktiker310
29	Anwendungsbeispiele.....311
30	Literaturverzeichnis.....355
	Stichwortverzeichnis