
Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Aufgaben des Fahrzeuggetriebes	1
1.2	Ziel und Schwerpunkt	5
1.3	Beschreibung der mechanischen Schnittstellen	7
1.4	Gliederung	9
2	Antriebsstrang- und Getriebekonzepte für PKW und Nutzfahrzeuge	13
2.1	PKW mit Frontantrieb	14
2.2	Heckangetriebene PKW	17
2.3	Sonderformen des PKW-Antriebsstranges	19
2.3.1	Allradfahrzeuge	19
2.3.2	Mittelmotorkonzepte für Sportwagen	21
2.4	Nutzfahrzeuge und Busse	23
2.4.1	Lastkraftwagen	23
2.4.2	Busse	27
2.5	Automatisierungsgrade von Fahrzeuggetrieben	28
2.5.1	Teilautomatisierte PKW- und NKW-Schaltgetriebe ...	29
2.5.2	Vollautomatische Schaltgetriebe	30
2.6	Manuelle Schaltgetriebe	31
2.6.1	Getriebe für den Frontquereinbau	32
2.6.2	Getriebe für frontgetriebene Fahrzeuge mit Längsmotor	37
2.6.3	Getriebe für Fahrzeuge mit Heckantrieb	39
2.6.4	Beispiele für Sportwagen-Schaltgetriebe	40
2.6.5	Manuell schaltbares Gruppengetriebe 16S109	42
2.7	Teil- und vollautomatische Getriebe	45
2.7.1	Sequentielle, teilautomatisierte Getriebe	45
2.7.2	Doppelkupplungsgetriebe	46
2.7.3	Stufenautomatikgetriebe	52
2.7.4	Stufenlose Automatikgetriebe	57

3	Systemauslegung von Antriebsträngen	65
3.1	Vorbemerkungen und Definitionen	66
3.1.1	Vorzeichenkonvention und Übersetzungen	66
3.1.2	Relativdrehzahlen	72
3.1.3	Verluste, Wirkungsgrad und Schleppmoment	74
3.2	Fahrleistung und Verbrauch	77
3.2.1	Ideale Zugkrafthyperbel und allgemeine Fahrwiderstände	78
3.2.2	Einfluss und Auslegung von Getriebeübersetzungen	86
3.2.3	Verbrauchsaspekte	95
3.2.4	Fahrleistung und Beschleunigungsvermögen	96
3.3	Lastannahmen für die System- und Komponentenauslegung ...	100
3.3.1	Auslegungslebensdauer	101
3.3.2	Missbrauchslasten	102
3.3.3	Lastkollektive für die Betriebsfestigkeitsanalyse	104
3.3.4	Komfortanforderungen	105
3.4	Lastenheft, Systemkonfiguration und Entwicklungsprozess	105
3.4.1	Lastenhefterstellung	106
3.4.2	Identifikation möglicher Systemkonfigurationen	107
3.4.3	Entwicklungsprozess	108
4	Auslegung und Charakteristika spezieller Systeme und Baugruppen von manuellen Schaltgetrieben	111
4.1	Kupplungen und Schwungräder	112
4.1.1	Aufbau des Kupplungsmoduls im Fahrzeuggetriebe	115
4.1.2	Belagmaterialien und ihre Belastungsgrenzen	121
4.1.3	Auslegung des Kupplungssystems	126
4.1.4	Mechanismen zur Selbstnachstellung	138
4.1.5	Kupplungsbetätigung	140
4.1.6	Prinzipieller Aufbau von Doppelkupplungen	146
4.2	Wellen und Räder	147
4.2.1	Gestaltung und Auslegung von Wellen	150
4.2.2	Festigkeitsnachweis von Getriebewellen	163
4.2.3	Gestaltung von Rädern	165
4.3	Auslegung von Verzahnungen	168
4.3.1	Leistungsgrenzen, Tragbilder und Tragfähigkeitsgrenzen	171
4.3.2	Achsabstand, Zahnbreite und Schrägungswinkel	179
4.3.3	Überprüfung der Vorauslegung	192
4.3.4	Nachweis von Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit ..	193
4.3.5	Verzahnungskräfte bei Stirnradstufen	204
4.3.6	Besonderheiten von Kegelrädern	206
4.3.7	Qualitätssicherung und Optimierungsansätze	209
4.4	Synchronisation	214
4.4.1	Aufbau der Synchronisation	214
4.4.2	Phasen des Synchronisationsvorgangs	220
4.4.3	Auslegung der Synchronenheiten	227

4.4.4	Fehlfunktionen	236
4.4.5	Reibbeläge für Synchronisationen	237
4.5	Komponenten der Schaltbetätigung	242
4.5.1	Schalten und Wählen – Externe Schaltung	245
4.5.2	Komponenten der Innenschaltung	254
4.5.3	Rastierelemente	257
5	Architektur, Komponenten und Baugruppen automatisch schaltender PKW-Getriebe	265
5.1	Kommunikation zwischen Fahrzeug, Motor und Getriebe	266
5.2	Teilautomatisierung manueller Schaltgetriebe	269
5.2.1	Automatisierungsstrategie – Änderungsumfang	269
5.2.2	Komponenten zur Teilautomatisierung	273
5.3	Doppelkupplungssystem	275
5.3.1	Der mechanische Aufbau von Doppelkupplungsgetrieben	276
5.3.2	Vergleich trocken und nass laufender Doppelkupplungen	283
5.3.3	Aktuatorik und Regelung	290
5.4	Aufbau und Betätigungselemente von Stufenautomatgetrieben	295
5.4.1	Architektur und Leistungsfluss	296
5.4.2	Leistungsführende Schaltelemente	301
5.4.3	Betätigungselemente von Stufenautomatikgetrieben	313
5.5	Drehmomentwandler für Stufenautomaten	321
5.5.1	Prinzip der hydrodynamischen Leistungsübertragung	322
5.5.2	Auslegung des Wandlers	333
5.5.3	Wandlerüberbrückungskupplung	347
5.5.4	Entwicklungstrends	351
5.6	Planetensätze	355
5.6.1	Aufbau und Besonderheiten	356
5.6.2	Der einfache Planetensatz	358
5.6.3	Graphische Verfahren – Momenten- und Drehzahlplan	376
5.6.4	Aufwändigere und verkettete Planetensätze	381
5.6.5	Planetensätze mehrstufiger Stufenautomatgetriebe	387
5.7	Spezielle mechanische Komponenten stufenloser Getriebe	396
5.7.1	Wirkprinzipien mechanischer Stufenlosgetriebe	397
5.7.2	Abschätzung der Verlustleistungen	402
5.7.3	Ausgewählte Komponenten des Kegelringgetriebes	406
5.7.4	Leistungsübertragung in Umschlingungsgetrieben	412
6	Allgemeine Komponenten der Fahrzeuggetriebe	423
6.1	Differentiale – Ausgleichsgetriebe	423
6.1.1	Achsparalleler An- und Abtrieb	426
6.1.2	Winkliger An- und Abtrieb	434
6.1.3	Differentiale mit Sperrwirkung	437
6.2	Achs- und Längswellen und Gelenke	439
6.2.1	Achswellen	440

6.2.2	Längswellen	441
6.2.3	Kreuzgelenke	442
6.3	Leistungsverteilende Komponenten für Allradfahrzeuge	448
6.3.1	Systematik von Allradantrieb und Leistungsverteilung	450
6.3.2	Leistungsverteilung in Fahrzeuglängsrichtung	458
6.3.3	Aktive Leistungsverteilung	465
6.4	Wälzlagerungen	467
6.4.1	Wälzlager in Fahrzeuggetrieben	471
6.4.2	Dimensionierung auf Betriebsfestigkeit	474
6.4.3	Nadel- und Rollenlager für die Lagerung von Losrädern	479
6.4.4	Kegel-, Rollen- und Kugellager für die Wellenlagerung	481
6.4.5	Wälzlagerungen für Komfortbauteile der Schaltung	483
6.4.6	Lagerschäden: Ursachen und Auswirkungen	484
6.5	Gehäuse, Dichtung und Beölung	487
6.5.1	Mechanische Funktionen des Gehäuses	487
6.5.2	Dichtkonzepte bei mehrteiligen Gehäusen	491
6.5.3	Beölung – Öl als Konstruktionselement	496
7	Leistungsübertragung in Nutzfahrzeuggetrieben	505
7.1	Nutzfahrzeuggetriebe mit mechanischer Leistungsübertragung	506
7.1.1	Integration des Getriebes in den Triebstrang	506
7.1.2	Gruppenbauweise	511
7.1.3	Automatisierungsstrategien	520
7.2	Nutzfahrzeugantriebe mit hydraulischer Leistungsübertragung	525
7.2.1	Nutzfahrzeuggetriebe mit hydraulischen Komponenten	525
7.2.2	Vario-Getriebe von Fendt	532
7.2.3	DIWA-Getriebe von Voith	537
7.2.4	Hydraulisch betätigter optionaler Allradantrieb	542
7.3	Spezielle Komponenten	544
7.3.1	Klauenschaltung	545
7.3.2	Hydrodynamische Strömungsbremse – Retarder	545
7.3.3	Hydropumpen und -motoren	550
8	Leistungsübertragung in Hybridfahrzeugen	559
8.1	Allgemeines	562
8.1.1	Geschichtlicher Hintergrund	563
8.1.2	Grundstrukturen der Hybridantriebe	565
8.1.3	Einteilung nach der installierten Leistung	571
8.1.4	Verbrauchsaspekte	572
8.2	Betriebsstrategien und Antriebstrangkonfiguration	574
8.2.1	Hybridkonzept des Toyota Prius	576
8.2.2	Elektrischer Allradantrieb	580
8.2.3	Two-Mode-Hybrid System	581
8.3	Leistungsübertragung bei Brennstoffzellenfahrzeugen	585

9	Komfortaspekte	587
9.1	Subjektive Einflussfaktoren und Ansätze zur Objektivierung	588
9.2	Schwingungen des Antriebstrangs	591
9.2.1	Rupfen	592
9.2.2	Ruckeln	594
9.2.3	Lastwechselstöße und -geräusche	595
9.2.4	Schwingungen und Geräusche bei Allradssystemen	596
9.2.5	Mögliche Schwingungstilgung beim Hybridantrieb	597
9.3	Zugkraftunterbrechung und Lastwechsel	597
9.3.1	Wesen von Zugkraftunterbrechung und Lastwechsel	598
9.3.2	Schaltkomfort automatisierter Schaltgetriebe	599
9.3.3	Doppelrückschaltungen bei Doppelkupplungsgetrieben	601
9.3.4	Zugkraftunterbrechung bei Hybridkonzepten	602
9.4	Schaltkomfort	603
9.4.1	Begriffsklärung und relevante Kenngrößen	605
9.4.2	Phänomene des Schaltkratzens	608
9.4.3	Fahrversuch, Prüfstand und Rechnung	611
9.4.4	Maßnahmen zur Schaltkomfortoptimierung	614
9.5	Geräusche und Schwingungen von Schaltung und Kupplung ..	615
9.5.1	Vibrationen des Kupplungspedals	615
9.5.2	Wählrauhigkeit	617
9.5.3	Vibrationen im Schaltsystem	618
9.6	Getriebeegeräusche	623
9.6.1	Getriebeheulen oder -pfeifen	624
9.6.2	Getrieberasseln oder -klappern	625
9.6.3	Maßnahmen zur Geräuschreduzierung	630
9.6.4	Schaltgeräusche	633
9.6.5	Lagergeräusche	634
10	Validierung: Möglichkeiten und Konzepte	635
10.1	Validierung und Entwicklung im Fahrzeug	635
10.2	Dauerlauferprobung auf Komponentenprüfständen	638
10.3	Prüfstände für Fahrmanöver und Komfortentwicklung	643
10.3.1	Komponenten- und Funktionsprüfstände	644
10.3.2	Prüfstände für Sondermanöver	648
10.4	Möglichkeiten und Grenzen der virtuellen Validierung	649
10.4.1	Vertrauenskennziffer	649
10.4.2	Methoden der Strukturmechanik	651
10.4.3	Mehrkörpersimulationsverfahren	652
10.4.4	Strömungsmechanische Verfahren	653
10.4.5	Road-to-Rig-to-Math Strategie	654

A	Erweiterungen der elementaren Festigkeitslehre	655
A.1	Hertz'sche Flächenpressung	655
A.1.1	Vorbemerkungen	656
A.1.2	Punktberührung	658
A.1.3	Linienberührung	664
A.2	Grundzüge der Betriebsfestigkeit	666
A.2.1	Das Wöhlerschaubild	666
A.2.2	Original Palmgren-Miner-Regel	672
A.2.3	Relative Palmgren-Miner-Regel	674
A.2.4	Elementare Palmgren-Miner-Regel	675
A.2.5	Schädigungsäquivalenz	675
B	Kurzlösungen zu den Auslegungsaufgaben	679
	Literaturverzeichnis	683
	Sachverzeichnis	693

Symbolverzeichnis

Lateinische Buchstaben

A	Allg. Fläche, Projizierte Stirnfläche des Fahrzeugs [m ²]
A_F^*, A_H^*	Ausnutzungsgrad Zahnfuß- und Zahnflankentragfähigkeit [-]
$A_\alpha, B_\alpha, C_\alpha$	Koeffizienten zur Berechnung der Formzahlen [-]
A_k	Kolbenfläche von Lamellenkupplung und -bremse [mm ²]
a	Fahrzeugbeschleunigung [m/sec ²], Achsabstand und -versatz [mm], Halbachse der HERTZ'schen Kontaktellipse [mm]
a_1	Umrechnungsfaktor der Wälzlager-Ausfallwahrscheinlichkeit [-]
b	Zahnbreite, Flanschbreite, Halbachse der Kontaktellipse [mm]
b_e	Spezifischer Kraftstoffverbrauch [g/kWh]
C, C_0	Dynamische und statische Tragfähigkeit eines Wälzlagers [N]
c	Allgemeine Steifigkeit [N/mm], Absolutgeschwindigkeit [m/sec]
c_c, c_e	Breitenballigkeit, Endrücknahme [mm]
c_F	Steifigkeit der Arretierungsfeder [N/mm]
c_{strang}	Triebstrangtorsionssteifigkeit [Nm/rad]
c_t	Torsionssteifigkeit eines Wellenabschnitts [Nm/rad]
c_w	Luftwiderstandsbeiwert [-]
D	Dämpfungsbeiwert [Nm/sec], Schädigung [-], Durchmesser [mm]
D_{NZ}, D_{GZ}	Durchmesser von Kupplungs-Nehmer- und Geberzylinder [mm]
D_M	Prüfkörperdurchmesser bei Zweikugelmaßmessung [mm]
d	(Maßgeblicher) Wellendurchmesser [mm], allg. Abstand [μ m]
d_1, d_2	Teilkreisdurchmesser von Ritzel und Rad [mm]
d_{a1}, d_{a2}	Grundkreisdurchmesser von Ritzel und Rad [mm]
d_{b1}, d_{b2}	Kopfkreisdurchmesser von Ritzel und Rad [mm]
d_s	Wirkdurchmesser der Dachflächen [mm]
d_{w1}, d_{w2}	Wälzkreisdurchmesser von Ritzel und Rad [mm]
E	Elastizitätsmodul [GPa]
E^*	Modifizierter Elastizitätsmodul der Kontaktpaarung [GPa]
Eu	EULER-Zahl [-]
e	Exzentrizität [mm], axiale Grenzbeanspruchung [-]

F	Allgemeine Kraft [N]
F_A	Radiale Stützkraft an der Lagerung der Arretierung [N]
F_{Anpress}	Änderung der Anpresskraft an der Kupplungsscheibe [N]
F_a	Beschleunigungswiderstand [N]
F_{ax}	Axialkraft aus Verzahnung, Axiale Anpresskraft [N]
F_{bn}	Normalkraft am Zahnkopf [N]
F_{DA}	Umfangskraft zwischen Differentialachse und Ausgleichsrad [N]
F_E	Einspurkraft [N]
F_F	Federkraft in der Arretierung bzw. im Freilauf [N]
F_f	Fliehkraft [N]
F_{Hand}	Aufgebrachte Handkraft am Handschalthebel [N]
F_h	Strömungskraft [N]
F_k	Kolbenkraft an Lamellenbremse oder -kupplung [N]
F_L	Luftwiderstand [N]
F_{lv}	Vorspannkräfte der Kegelrollenlagerung [N]
F_N	Normalkraft im Reifenaufstandspunkt / am Synchronkonus [N]
F_{Pedal}	Kraft am Kupplungspedal [N]
F_R	Rollwiderstandskraft, Reibkraft [N]
F_r, F_{rad}	Radialkomponente der Verzahnungskräfte, radiale Lagerkraft [N]
F_{rutsch}	Rutschgrenze [N]
F_S	Synchronkraft, Kraft an einer rastierten Stange [N]
F_{St}	Steigungswiderstand [N]
F_t	Nennumfangskraft am Teilkreis [N]
F_W	Gesamtfahrwiderstand [N]
F_u	Umfangskraft am Zahneingriff bzw. am Reifen [N]
f	Füllgrad [-]
f_R	Rollwiderstandsbeiwert [-]
f_{pe}	Eingriffsteilungsabweichung [-]
$f_{\text{ax}}, f_{\text{rad}}$	Axiale und radiale Einfederung von Wälzlagern [mm]
f_w	Reibfaktor [-]
g	Erdbeschleunigung $g = 9.81 \text{ m/sec}^{-2}$
h_S	Schwerpunktshöhe [mm]
h	Maßstabshöhe im KUTZBACH-Plan [mm]
I_S, I_E	Synchronisierimpuls, Einspurimpuls [Nsec]
I_t, I_b	Flächenträgheitsmoment für Torsion bzw. Biegung [mm ⁴]
i	Übersetzung eines Getriebes oder einer Betätigung [-]
i_0	Standübersetzung von Planetengetrieben [-]
i_{Anfahr}	Anfahrübersetzung [-]
i_G	Spreizung [-]
$i_{\text{Gelände}}$	Geländeübersetzung [-]
$i_{\text{Hydr. Betätigung}}$	Übersetzung der hydraulischen Kupplungsbetätigung [-]
$i_{\text{Schongang}}$	Schongangübersetzung für minimalen Kraftstoffverbrauch [-]
$i_{v, \text{max}}$	Höchstgeschwindigkeitsübersetzung [-]
i_{Seilzug}	Übersetzung der Seilzugbetätigung der Kupplung [-]
j_F, j_H	Ist-Sicherheit gegen Zahnbruch und Grübchenbildung [-]

K_A, K_A^*	Dimensionsloser und dimensionsbehafteter Anwendungsfaktor
K_F	Zahnfußfestigkeit, statischer Festigkeitskennwert [MPa]
$K_{F\alpha}$	Stirnfaktor [-]
$K_{F\beta}$	Breitenfaktor [-]
K_{FG}	Zahnfußtragfähigkeit [MPa]
$K_{H\beta}$	Breitenfaktor [-]
$K_{H\alpha}$	Stirnfaktor [-]
K_{HG}	Zahnflankentragfähigkeit [MPa]
K_V	Dynamikfaktor [-]
K_{zul}	Festigkeitsgrenzwert für die Wellendimensionierung [MPa]
k	Allgemeiner Zähindex, Neigungsexponent [-]
$k(v_w)$	Hilfsfaktor der Wandlerabstimmung [Nm min ²]
k_{ij}	Drehzahlverhältnis am Planetensatz [-]
k_F, k_H	Neigung von Zahnfuß- und Zahnflanken-Wöhlerlinie [-]
L, l	Strecken an Fahrzeug und Kupplungsbetätigung [mm]
L, L_q	Allg. Lebensdauer, relative Lebensdauer eines Wälzlagers [%]
l_{eff}	Effektive tragende Länge der Kontaktzone [mm]
M_b	Biegemoment [Nm]
M_d	Diametrales Zweikugelmaß [mm]
\mathcal{M}	Mittlerer Stromfaden des Wandlers
m	Masse allgemein [kg], Lasthorizonte im Zeitfestigkeitsbereich [-]
m_n	Normalmodul [mm]
N	All. Schwingspielzahl, Umfang des Auslegungskollektivs [-]
N_D	Eckschwingspielzahl, Übergang der Zeit- zur Dauerfestigkeit [-]
$N_{F,lim}, N_{H,lim}$	Eckschwingspielzahl von Zahnfuß- / Zahnflanken-Wöhlerlinie [-]
N_P	Anzahl der Planetenräder [-]
N_c	Anzahl der rotierenden Komponenten im Antriebstrang [-]
N_s	Anzahl der Gangstufen [-]
n	Allg. Drehzahl [u/min]
$n_{e,min}$	Motordrehzahl im optimalen Betriebspunkt [u/min]
n_{nenn}	Motordrehzahl im Nennleistungspunkt [n/min]
P	Allgemeine Leistung [kW], äquivalente Ersatzlast [N]
P_{reib}	Reibleistung [kW]
$P_{R/S}$	Leistung von Steigungs- und Rollwiderstand [kW]
P_a	Beschleunigungsleistung [kW]
p	Druck [MPa], Teilung [mm], Lebensdauerexponent [-]
p_{me}	Effektiver Mitteldruck [Pa]
$p_{Öl}$	Öldruck [Pa]
$p_{H,stat}, p_{H,dyn}$	Zulässige HERTZ'sche Pressung statisch/dynamisch [MPa]
q, q_j	Lastwechselzahl allg. bzw. des Lasthorizonts $j, j = 1, \dots, s$ [-]
q_H	Hilfsgröße der Verzahnungsberechnung [-]
R	Radien allgemein [mm]
Re	REYNOLDS-Zahl [-]
R, R_z, R_{max}	Oberflächenrauigkeiten [μm]
R_{dyn}	Dynamischer Reifenradius [m]

XVIII Symbolverzeichnis

R_m	Zugfestigkeit [MPa]
$R_{p0,2}$	0,2%-Dehngrenze [MPa]
r	Ruck [m/s^3], Radialkoordinate [mm]
r_a, r_i, r_m	Äußerer, innerer und mittlerer Reibbelagdurchmesser [mm]
r_w	Wälzkreisradius [mm]
S_{quer}	Sperrwert in Fahrzeugquerrichtung [-]
S_S	Sperrwert der Synchronisation [-]
S_w	Wandlerschlupf [%]
s	Laufstrecke [km], Gesamtanzahl der Lasthorizonte [-]
s_s	Stoßfaktor der Wandlerverlustberechnung [-]
T	Allg. Torsionsmoment [Nm]
T_D	Schleppmoment (d = drag) [Nm]
T_{Drill}	Bohrmoment [Nm]
T_L	Konstantes Lastmoment [Nm]
T_{nenn}	Nennmoment des Verbrennungsmotors [Nm]
T_S	Stützmoment am Gehäuse [Nm]
T_s	Sperrmoment [Nm]
t	Zeit allgemein [sec]
t_S	Zeit bis zum Stillstand im Ausrollversuch, Synchronzeit [sec]
U	Umfang [mm]
u	Zähnezahlverhältnis [-], Absenkung der Welle unter Last [mm], Umfangsgeschwindigkeit [m/sec]
V	Volumen allgemein [mm^3]
\mathcal{V}	Vertrauenskennziffer [-]
V_H	Gesamthubvolumen des Hubkolbenmotors [cm^3]
v	Allgemeine Geschwindigkeit [m/sec]
v_w	Drehzahlverhältnis des Wandlers [-]
W_{reib}	Reibarbeit beim Anfahr- oder Synchronisationsvorgang [W]
W_{stoss}	Maximale Verformungsenergie beim Schubschocktest [W]
w	Wellendurchbiegung [mm], Relativgeschwindigkeit [m/sec]
w_1	Richtung des Wälzleistungsfluss [-]
w_{reib}	Spezifische Reibarbeit [W/ mm^2]
W_t, W_b	Widerstandsmomente für Torsion bzw. Biegung [mm^3]
X	Radialfaktor der Lagerbeanspruchung [-]
x	Motorposition, Feder- und Verschiebeweg [mm], Achslast [-]
x_1, x_2	Profilverschiebung von Ritzel und Rad [-]
Y	Axialfaktoren der Lagerbeanspruchung [-]
Y_{Fa}	Formfaktor [-]
Y_{FS}	Kopffaktor [-]
Y_{NT}	Lebensdauerfaktor [-]
Y_{ST}	Spannungskorrekturfaktor [-]
Y_{Sa}	Spannungskorrekturfaktor [-]
Y_X	Größenfaktor Zahnfuß [-]
Y_β	Schrägungsfaktor [-]
$Y_{\delta \text{ rel T}}$	Relative Stützziffer [-]

Y_ϵ	Überdeckungsfaktor [-]
Z_E	Elastizitätsfaktor [-]
Z_H	Zonenfaktor [-]
Z_L	Schmierstofffaktor [-]
Z_{NT}	Lebensdauerfaktor [-]
Z_R	Rauhheitsfaktor [-]
Z_V	Geschwindigkeitsfaktor [-]
Z_W	Werkstoffpaarungsfaktor [-]
Z_X	Größenfaktor für Flankenpressung [-]
Z_β	Schrägungsfaktor [-]
Z_ϵ	Überdeckungsfaktor [-]
z	Allgemeine Zähnezahl eines Stirn- oder Kegelrades [-]
z_c	Anzahl identischer Reibflächen [-]
z_k	Zähnezahl der Sperrverzahnung [-]
z_{nx}	Zähnezahl der Ersatz-Geradstirnräder [-]

Griechische Buchstaben

α	Knick- oder Beugewinkel, Neigungswinkel, Klemmwinkel [°]
α_n	Normaleingriffswinkel, Kegelradeingriffswinkel [°]
α_{kb}, α_{kt}	Formzahlen für Biege- und Torsionsbeanspruchung [-]
α_t	Eingriffswinkel im Stirnschnitt am Teilkreis [°]
α_{wt}	Betriebseingriffswinkel im Stirnschnitt [°]
β	Schrägungs-, Schwenk-, Dach- oder Rampenwinkel [°]
β_b	Grundschrägungswinkel [°]
β_m	Mittlerer Schrägungswinkel schrägverzahnter Kegelräder [°]
γ	Verdehkwinkelspiel, Biegewinkel [°]
$\Delta(\bullet)$	Abschnitt, Ausschnitt, Anteil, Inkrement einer Größe •
δ	Öffnungswinkel von Kegelrädern [°]
δ_F	Reibwinkel der Arretierung [°]
δ_H	Abplattung der HERTZ'schen Kontaktpartner [mm]
δ_S	Nachgiebigkeit der Flanschsrauben [mm/N]
$\epsilon_\alpha, \epsilon_\beta, \epsilon_\gamma$	Profil-, Sprung- und Gesamtüberdeckung [-]
ζ	Parametrierung der Rastierkontur
η	Wirkungsgrad allgemein [-]
η_0	Standwirkungsgrad einer Planetenstufe [-]
Θ	Allgemeines Trägheitsmoment einer Komponente [kgm ²]
$\theta_{\ddot{O}1}$	Öltemperatur [°C]
θ_c	Temperatur des Kupplungsbelags [°C]
$\kappa, \kappa_1, \kappa_A$	Koeffizienten der Wirkungsgradgleichung von Stirnradstufen [-]
$\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$	Hilfsgrößen der Verzahnungsberechnung [-]
λ	Drehzahlmassenfaktor, Leistungszahl [-]
μ	Allgemeiner Haft- oder Gleitreibungsbeiwert [-]

μ_W	Wandlungsfaktor des Trilokwändlers [-]
μ_k	Wandlung der hydrodynamischen Kupplung ($\mu_k = 1$) [-]
$\nu_R, \nu_F, \nu_H, \nu_{th}$	Soll-Sicherheiten: Rutschen, Zahnfußbeanspruchung,
ν_L	Zahnflankenbeanspruchung, Thermische Überlastung, Lebensdauer [-]
ν_{Fluid}	kinematische Viskosität des Wandlerfluids [m^2/sec]
Ξ_S	Verhältnis Einspurkraft zu Synchronisierkraft [-]
ξ_H	Koeffizient der HERTZ'schen Theorie [-]
ρ	Kerbradius [mm]
ρ^*	Kumuliertes Krümmungsmaß der Kontaktgeometrie [1/mm]
ρ_L	Dichte der Luft [Kg/m^3]
$\rho_{Öl}$	Dichte des Hydrauliköls bzw. des Wandlerfluids [Kg/m^3]
$\rho, \rho_e, \rho_1, \rho_2$	Krümmungsradien in der HERTZ'schen Theorie [mm]
σ_a	Wirkende Spannungsamplitude [MPa]
σ_D	Dauerhaft ertragbare Spannungsamplitude (Dauerfestigkeit) [MPa]
σ_F, σ_{F0}	Biegespannung am Zahnfuß [MPa]
$\sigma_{F,lim}$	Dauerhaft ertragbare Zahnfußspannung [MPa]
σ_H, σ_{H0}	Flächenpressung an der Zahnflanke [MPa]
$\sigma_{H,lim}$	Dauerhaft ertragbare Zahnflankenpressung [MPa]
σ_m	Mittelspannung [MPa]
$\sigma_W, \sigma_{bW}, \tau_{tW}$	Wechselfestigkeiten des Wellenwerkstoffs [MPa]
ζ_H	Koeffizient der HERTZ'schen Theorie [-]
τ_{ABE}	Rutschzeit der Kupplung bei Anfahrt [sec]
τ_{sync}	Rutschzeit der Synchronisation beim Gangwechsel [sec]
τ_W	Wandschubspannung [MPa]
$\cos \tau$	Hilfsgröße der HERTZ'schen Theorie [-]
ϕ	Winkeldifferenz am Kreuzgelenk [°]
φ_N	Nickbewegung des Fahrzeugs [-]
φ_i	Winkel im KUTZBACH-Plan
φ_k	Allg. Stufensprung, $k = 1, \dots, N - 1$ [-]
φ_{theo}	Theoretischer Soll-Stufensprung bei geometrischer Stufung [-]
χ_H	Koeffizient der HERTZ'schen Theorie [-]
ψ	Progressionsfaktor [-], Verdrehung der Welle, Lagerdruckzone [°], Widerstandsbeiwert [-]
ω	Allgemeine Winkelgeschwindigkeit [1/sec]
ω_{vh}	Geschwindigkeit des Stoßmodells beim Schubschocktest [1/sec]

Indizes und Superskripte

$\bar{\bullet}$	Größe \bullet wird gemittelt
$\dot{\bullet}$	Zeitableitung der Größe \bullet
$\bullet(\)$	Größe \bullet hängt von Variablen in der Klammer ab
0	Anfangswert
1, 2	Kenngrößen von Ritzel und Rad ($z_1 < z_2$)
A	Kennzeichnet Größen des Sonnenrades beim Planetensatz
AA	Größen des Achsantriebskegelrades (AA) am Differential
AR	Größen des Ausgleichskegelrades (AR) am Differential
Achs	Kenngröße des Achsantriebs
an, ab	Bezogen auf An- bzw. Abtrieb des Getriebes
B	Kennzeichnet Größen des Hohlrades beim Planetensatz
BG	Größe des Bereichsgetriebes von Nutzfahrzeugen
C	Kriechgang, Größen des Stegs beim Planetensatz
CH	Größe wirkt am Kupplungsgehäuse
c	Größen der Sekundärseite der Kupplung
D	Kennzeichnet Größen des Differentials
E	Kenngrößen des schädigungsäquivalenten Rechteckkollektivs
ein	Eingangsgröße
erf	Erforderlicher Mindestwert
Flansch	Größe bezieht sich auf den Gehäuseflansch
f	Größe beschreibt die Druckverluste im Wandler
GH	Größe wirkt am Getriebegehäuse
Get	Kenngröße des Getriebes
HG	Größe des Hauptgetriebes von Nutzfahrzeugen
h	Größe bezieht sich auf die Hinterachse
hydro	Kennzeichnet hydraulischen Teilleistungszweig
j, k	Zähl- und Summationsindizes
K	Kenngrößen der Kupplungsleistung bei Planetensätzen
k	Kenngrößen des Synchronkonus
L	Größe bezieht sich auf ein Losrad
max, min	Kennzeichnet maximale bzw. minimale Größen
mech	Kennzeichnet mechanischen Teilleistungszweig
mot	Kennzeichnet Kenngrößen des Verbrennungsmotors
N	Kennzeichnet Größen der Fahrzeugnickbewegung
nenn	Kennzeichnet Nenngrößen
opt	Kennzeichnet optimale Zustände
P	Größen des Pumpenrades beim Wandler oder der Planetenräder
R	Größen des Rückwärtsgangs oder des Leitrades beim Wandler
Rad	Bezogen auf ein angetriebenes Rad
reac	Reaktionsgröße
reib	Kennzeichnet Größen einer Reibpaarung
rel, red, res	Kennzeichnet relative, reduzierte oder resultierende Größen
SG	Größe des Splitgetriebes von Nutzfahrzeugen

XXII Symbolverzeichnis

s	Größe beschreibt die Stoßverluste im Wandler
s-p, s-p	Primär- und Sekundärseite der Synchronisation
sm, sr	Größen an Schaltmuffe und Synchronring
soll	Vorgabegröße der Auslegung
T	Kennzeichnet Größen des Turbinenrades beim Wandler
tr	Größe bezieht sich auf einen Anhänger
u	Umfangskomponente
v	Verlustgröße, Kenngröße der Vorderachsen
veh	Kennzeichnet Fahrzeuggrößen
W	Größe einer Welle, Kenngrößen der Kupplungsleistung
zul	Kennzeichnet zulässige Grenzen