

Erich Hoepke (Hrsg.)  
Wolfgang Appel  
Hermann Brähler  
Ulrich Dahlhaus  
Thomas Esch  
Jochen Gräfenstein

# Nutzfahrzeug- technik

**Grundlagen, Systeme, Komponenten**

Mit 557 Abbildungen



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen</b> .....	1
1.1 Historische Entwicklung.....	1
1.2 Gesamtproblematik.....	9
1.2.1 Transportaufgabe.....	9
1.2.2 Wirtschaftlichkeit.....	10
1.3 Antrieb und Fahrleistung.....	13
1.3.1 Fahrwiderstände und Leistungsbedarf.....	13
1.3.1.1 Radwiderstand.....	13
1.3.1.2 Aerodynamik und Luftwiderstand.....	17
1.3.1.3 Steigungswiderstand.....	28
1.3.1.4 Beschleunigungswiderstand.....	28
1.3.1.5 Erforderliche Antriebsleistung.....	30
1.3.2 Fahrmechanik und Fahrdynamik.....	31
1.3.2.1 Kräfte am Rad.....	31
1.3.2.2 Kraftschluss Reifen - Fahrbahn.....	32
1.3.2.3 Schlupf.....	36
1.3.2.4 Statische und dynamische Achslasten sowie Fahrzeugschwerpunkt aus fahrdynamischer Sicht.....	38
1.3.2.5 Maximal befahrbare Steigung aus der Sicht des Kraftschlusses Reifen - Fahrbahn.....	43
1.3.2.6 Grundlagen der Bremsdynamik.....	47
1.4 Rechtliche Grundlagen, Vorschriften, Normen.....	49
1.4.1 Rechtliche Grundlagen.....	49
1.4.2 Nationale Normen, Vorschriften und Richtlinien.....	51
1.4.3 Internationale Richtlinien.....	53
1.4.4 Fahrzeugbenennungen.....	56
1.4.5 Allgemeine Abmessungen.....	56
1.5 Lastkraftwagenangebot.....	58
1.5.1 Typenbezeichnung von Lastkraftwagenfahrgeräten.....	59
1.5.2 Motoranordnungen.....	60
1.5.3 Lastkraftwagenangebot nach Gewichtsklassen.....	61
1.6 Entwicklungsschwerpunkte und künftige Konzepte.....	64
<b>2 Lastkraftwagen- und Anhängerfahrgeräten</b> .....	69
2.1 Lastkraftwagenfahrgeräten.....	69

2.1.1	Datenblatt und Fahrgestellzeichnung.....	69
2.1.2	Fahrgestellstruktur.....	72
2.1.3	Fahrgestellrahmen.....	73
2.1.4	Fahrwerk.....	75
2.1.4.1	Achsen.....	75
2.1.4.2	Federung und Achsführung.....	79
2.1.4.3	Wankbegrenzung und Schwingungsdämpfung.....	85
2.1.5	Fahrerhaus.....	86
2.2	Anhängerschaft.....	89
2.2.1	Fahrgestellrahmen.....	89
2.2.2	Fahrwerk.....	92
2.2.2.1	Achsen.....	92
2.2.2.2	Federung.....	93
2.2.2.3	Lenkung.....	98
2.3	Reifen und Räder.....	103
2.3.1	Reifen.....	103
2.3.2	Räder.....	105
2.4	Bremsen.....	109
2.4.1	Bremsvorgang und Bremswirkung.....	109
2.4.2	Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	110
2.4.3	Radbremsen.....	112
2.4.3.1	Trommelbremsen.....	113
2.4.3.2	Scheibenbremsen.....	115
2.4.4	Zweileitungs-Zweikreis-Druckluft-Bremsanlage.....	116
2.4.5	Dauerbremsen.....	118
2.5	Verbindungseinrichtungen.....	121
2.5.1	D-Wert-Berechnung.....	122
2.5.2	Zuggabeln.....	122
2.5.3	Starre Zugeinrichtungen.....	124
2.5.4	Kurzkuppelsysteme.....	126
2.5.5	Anhängekupplungen.....	127
2.5.6	Sattelkupplungen.....	129
2.6	Aktive und passive Sicherheit.....	132
<b>3</b>	<b>Konzeption von Nutzfahrzeugen.....</b>	<b>135</b>
3.1	Zulässige Abmessungen und Gewichte.....	135
3.1.1	Höchstzulässige Abmessungen.....	135
3.1.2	Höchstzulässige Achslasten.....	137
3.1.3	Höchstzulässige Gesamtgewichte.....	138

3.1.4	Anhänge- und Stützlasten.....	139
3.2	Fahrzeug- und Aufbaukonzept.....	140
3.2.1	Fahrzeugkonzept.....	141
3.2.1.1	Konzeptvarianten.....	141
3.2.1.2	Einsatzspezifische Anforderungen.....	145
3.2.2	Aufbaukonzept.....	149
3.2.2.1	Transportgut.....	149
3.2.2.2	Aufbauvarianten.....	152
3.2.2.3	Be- und Entladehilfen.....	157
3.2.3	Wechselaufbauten und Container.....	160
3.2.4	Gewichtskonzept.....	162
3.2.5	Maßkonzept.....	167
3.2.5.1	Hauptabmessungen und Teillängen.....	167
3.2.5.2	Beladepplan.....	170
3.2.5.3	Untersuchung der Durchlenkung zwischen Motorwagen und Anhänger.....	172
3.3	Achslasten, Aufbauhöhe und Nutzlastverteilung.....	175
3.3.1	Achslastberechnung.....	175
3.3.2	Aufbauhöhe und Nutzlastverteilung.....	179
3.4	Kurvenläufigkeit von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen.....	182
3.4.1	Schlepplenkung.....	182
3.4.2	Zwangslenkung.....	186
3.4.3	Verfahren zur Untersuchung der Kurvenläufigkeit.....	188
<b>4</b>	<b>Nutzfahrzeugtragwerke und deren Aufbauten.....</b>	<b>193</b>
4.1	Werkstoffe und Halbzeuge.....	193
4.1.1	Eisenwerkstoffe.....	193
4.1.2	Aluminium-Knetlegierungen... <i>i</i> .....	199
4.1.3	Holz.....	202
4.1.4	Kunststoffe.....	204
4.1.5	Sandwichwerkstoffe.....	205
4.2	Gestaltung der Tragwerke.....	207
4.2.1	Tragsystem Fahrgestellrahmen.....	207
4.2.2	Gestaltung von Lkw-Fahrgestellrahmen.....	211
4.2.3	Gestaltung von Anhänger-Fahrgestellrahmen.....	213
4.3	Bemessung der Tragwerke.....	215
4.3.1	Belastungsfälle.....	216
4.3.2	Schnittgrößen.....	217
4.3.3	Q- und M-Linien am Balkenmodell.....	218

4.3.4	Fachwerke.....	221
4.3.5	Festigkeitsnachweis.....	223
4.3.5.1	Beanspruchungsarten und Bauteilnennspannung .....	223
4.3.5.2	Gestaltfestigkeit und Bauteilsicherheit.....	225
4.3.6	Elastische Biege Verformungen in Nutzfahrzeugtragwerken.....	229
4.4	Aufbauten.....	231
4.4.1	Aufbaurichtlinien und Aufbaugenehmigung.....	231
4.4.2	Hilfsrahmen und Aufbaubefestigung.....	232
4.4.3	Aufbauten ohne Hilfsrahmen.....	236
4.4.4	Hilfsrahmengestaltung.....	238
4.4.5	Böden von Pritschen-und Kofferaufbauten.....	241
4.4.6	Kofferaufbauten.....	245
4.5	Ladungssicherung.....	250
4.6	Korrosionsschutz.....	252
<b>5</b>	<b>Antrieb.....</b>	<b>255</b>
5.1	Lastenheftanforderungen für Nutzfahrzeugmotoren.....	256
5.1.1	Grundsatzüberlegungen.....	257
5.1.2	Auslegungskriterien.....	257
5.2	Thermodynamische Grundlagen des dieselmotorischen Arbeitsprozesses.....	259
5.2.1	Geschlossene Kreisprozesse.....	259
5.2.1.1	Carnot-Prozess.....	259
5.2.1.2	Gleichdruckprozess.....	260
5.2.1.3	Seiliger-Prozess.....	261
5.2.2	Offener Vergleichsprozess.....	263
5.2.3	Realprozess.....	264
5.3	Motorische Kennzahlen und Betriebsparameter.....	268
5.3.1	Motorische Kennzahlen.....	269
5.3.2	Heizwert, Brennwert und Gemischvoraussetzungen.....	270
5.3.3	Wirkungsgrad.....	271
5.4	Einspritzung, Gemischbildung und Verbrennung.....	273
5.4.1	Einspritzung.....	273
5.4.1.1	Reiheneinspritzpumpe.....	274
5.4.1.2	Verteilereinspritzpumpe.....	276
5.4.1.3	Pumpe-Düse-Einheit (PDE).....	279
5.4.1.4	Pumpe-Leitung-Düse (PLD).....	280
5.4.1.5	Common-Rail.....	282
5.4.1.6	Einspritzdüsen.....	283
5.4.1.7	Drosselzapfendüsen.....	283

5.4.1.8	Lochdüsen.....	284
5.4.1.9	Düsenhalter.....	285
5.4.2	Gemischbildungsverfahren.....	286
5.4.2.1	Vorkammerverfahren.....	287
5.4.2.2	Wirbelkammerverfahren.....	288
5.4.2.3	Direkteinspritzung.....	289
5.4.3	Verbrennung im Dieselmotor.....	293
5.5	Abgasschadstoffe.....	296
5.5.1	NO <sub>x</sub> , Ruß-, CO- und HC-Emissionen im Dieselmotor.....	296
5.5.1.1	Verbrennungsprodukte.....	296
5.5.1.2	Emissionen und Immissionen.....	297
5.5.1.3	Trade-Off zwischen Kraftstoffverbrauch und Emissionen.....	298
5.5.2	Einfluss des Betriebszustandes.....	301
5.5.2.1	Stationärer und instationärer Betrieb.....	301
5.5.2.2	Kaltstart.....	301
5.5.2.3	Beschleunigung und Verzögerung.....	302
5.5.3	Vorschriften zur Emissionsbegrenzung.....	302
5.5.3.1	Testverfahren zur Erteilung der EWG Betriebserlaubnis (EURO-1, EURO-2).....	304
5.5.3.2	Testverfahren nach Richtlinie 72/306/EWG und ECE R24/03 für Abgastrübung und Messverfahren.....	306
5.5.3.3	Ausblick in die Zukunft der Grenzwerte.....	309
5.5.3.4	Neuer 13-Stufen-Test EWG-ESC (EURO-3, -4).....	309
5.5.3.5	Zukünftiger EWG-ETC-Prüfzyklus (EURO-3, -4, -5).....	310
5.5.3.6	Zukünftiger Rauchttest (European Load Response Test).....	310
5.6	Abgasreinigung beim Dieselmotor.....	312
5.6.1	Interne, motorische Maßnahmen.....	312
5.6.2	Abgasnachbehandlungssysteme.....	316
5.6.2.1	Oxidationskatalysator.....	316
5.6.2.2	Stickoxidreduktion.....	318
5.6.2.3	Standregeneration.....	320
5.6.2.4	Fahrtregeneration.....	321
5.6.2.5	DE-NO <sub>x</sub> -Katalysator (SCR).....	322
5.6.2.6	Kombination Partikelfilter und SCR-Verfahren.....	323
5.7	Aufladung.....	325
5.7.1	Aufladeverfahren.....	325
5.7.2	Abgasturbolader.....	326
5.7.3	Ladeluftkühlung.....	328

5.7.4	Anpassung des Abgasturboladers an den Motor.....	329
5.8	Motorbeschreibung.....	331
5.8.1	Zylinderkurbelgehäuse.....	331
5.8.1.1	Zylinderkurbelgehäuse-Bauarten.....	332
5.8.1.2	Zylinderlaufflächen und Zylinderbuchsen.....	333
5.8.1.3	Verbindung Zylinderkurbelgehäuse/Zylinderkopf.....	334
5.8.2	Zylinderkopf und Zylinderkopf-Dichtung.....	334
5.8.3	Kurbeltrieb.....	337
5.8.3.1	Kurbelwelle.....	337
5.8.3.2	Kolben.....	338
5.8.3.3	Pleuel und Lager.....	341
5.8.4	Steuerung und Ventiltrieb.....	342
5.8.4.1	Nockenwelle.....	343
5.8.4.2	Antrieb.....	343
5.8.4.3	Ventil/Ventilfeder.....	344
5.8.5	Anordnung der Hilfsaggregate und deren Antrieb.....	345
5.9	Öl- und Kühlkreislauf.....	348
5.9.1	Ölkreislauf.....	348
5.9.1.1	Ölpumpe und Ölfilter.....	349
5.9.1.2	Ölkühler.....	351
5.9.2	Kühlarten.....	352
5.9.2.1	Luftkühlung.....	352
5.9.2.2	Wasserkühlung.....	353
5.9.2.3	Komponenten des Kühlkreislaufs.....	354
5.10	Luftversorgung, Starthilfen, Ladeluft- und Abgasführung.....	355
5.10.1	Äußere und innere Starthilfen.....	356
5.10.2	Ladeluftkühler.....	358
5.10.3	Motorbremsklappe und Konstantdrossel.....	359
5.10.4	Ladedruckregelung.....	360
5.11	Kraft- und Schmierstoffe.....	362
5.11.1	Kraftstoffqualitäten.....	362
5.11.1.1	Zündwilligkeit, Cetanzahl.....	362
5.11.1.2	Schwefelgehalt.....	364
5.11.1.3	Aromatengehalt.....	365
5.11.1.4	Methanol und Ethanol.....	366
5.11.1.5	Biokraftstoffe.....	367
5.11.1.6	Cetanzahlverbesserer.....	368
5.11.2	Anforderungen an Motoröle.....	371

5.11.2.1	API-Klassifikationen.....	372
5.11.2.1	ACEA-Spezifikationen (CCMC).....	372
5.11.2.3	Fahrzeughersteller Spezifikationen.....	373
5.11.2.4	SAE-Viskositätsklassen.....	374
5.12	Daten und Querschnitte eingesetzter Nutzfahrzeug-Motoren.....	376
5.12.1	Datenüberblick.....	376
5.12.2	Mercedes-Benz OM 906 LA.....	384
6	Kennungswandler.....	387
6.1	Leistungsangebot.....	387
6.2	Zusammenwirken von Motor und Komponenten des Antriebsstranges.....	389
6.2.1	Aufbau des Antriebsstranges.....	389
6.2.2	Drehzahlwandler.....	390
6.2.3	Drehmomentwandler.....	391
6.3	Hydrodynamische Kupplungen und Wandler.....	395
6.3.1	Hydrodynamische Kupplung.....	396
6.3.2	Hydromechanische Wandler.....	397
6.4	Kupplungen.....	399
6.4.1	Reibungskupplungen.....	399
6.4.1.1	Einscheibenkupplung (Schraübenfederprinzip).....	399
6.4.1.2	Einscheibenkupplung (Membranfederprinzip).....	400
6.4.1.3	Zweischeibenkupplung.....	401
6.4.1.4	Hydraulische Kupplungsbetätigung.....	402
6.5	Konstruktive Getriebegrundkonzepte.....	402
6.5.1	Bauform, Bauarten, Aufbau von Getrieben.....	403
6.5.1.1	Bauform und Bauart..... <i>r»</i> .....	403
6.5.1.2	Aufbau von Getrieben.....	404
6.5.1.3	Mechanische Schaltung...:.....	405
6.5.1.4	Gruppen-, Range- und Splitgetriebe.....	406
6.5.1.5	Teilautomatisierte Schaltgetriebe.....	408
6.5.1.6	Vollautomatisierte Schaltgetriebe.....	409
6.5.2	Endantrieb.....	409
6.5.2.1	Verteilergetriebe.....	410
6.5.2.2	Ausgleichgetriebe.....	411
6.6	Ausgeführte Beispiele.....	412
6.6.1	Handschaltgetriebe.....	412
6.6.1.1	ZF-(Ecosplit) 16 S 109.....	412
6.6.1.2	Eaton-Twin-Splitter-Getriebe.....	413



6.6.2	Teilautomatisierte Schaltgetriebe.....	413
6.6.2.1	ZF-Transmatic.....	413
6.6.3	Automatgetriebe.....	414
6.6.3.1	ZF-Ecomat.....	414
6.6.4	EPS-Getriebe.....	415
6.6.4.1	Telligent-Schaltung.....	416
6.6.5	Nebenabtriebe.....	418
6.6.5.1	Kupplungsabhängige Nebenabtriebe.....	419
6.6.5.2	Motorabhängige Nebenabtriebe.....	419
<b>7</b>	<b>Elektrik und Elektronik.....</b>	<b>421</b>
7.1	Vorwort.....	421
7.2	Einführung.....	421
7.2.1	Begriffsdefinition.....	421
7.2.2	Grundsätzliches.....	422
7.2.2.1	Historie.....	422
7.2.2.2	Aufbau eines elektronisch gesteuerten Systems.....	424
7.2.2.3	Entwicklungsprozess elektronischer Steuergeräte.....	425
7.2.3	Abgrenzung System - Fahrzeug.....	427
7.3	Funktionen.....	427
7.3.1	Basisfunktionen.....	427
7.3.1.1	Signalisierungsfunktionen.....	427
7.3.1.2	Scheibenreinigung.....	431
7.3.1.3	Außenbeleuchtung.....	432
7.3.2	Standardfunktionen.....	435
7.3.2.1	Innenbeleuchtung.....	435
7.3.2.2	Heizung/Lüftung/Klfma.....	435
7.3.2.3	Anhängerversorgung.....	436
7.4	Systeme.....	438
7.4.1	Antriebsstrangsysteme.....	438
7.4.1.1	Motor.....	438
7.4.1.2	Getriebe.....	440
7.4.1.3	Retarder.....	442
7.4.2	Brems- und Fahrwerksysteme.....	442
7.4.2.1	ABS (Anti Blockier System).....	442
7.4.2.2	ASR (Antriebs Schlupf Regelung).....	443
7.4.2.3	Übergang zur EBS (Elektronischen Bremsen Steuerung).....	443
7.4.2.4	FDR (Fahrodynamikregelung ).....	444

7.4.2.5	Niveauregulierung.....	445
7.4.2.6	Stoßdämpferregelung.....	446
7.4.2.7	Wankregelung.....	446
7.4.3	Bedien- und Anzeigesysteme.....	446
7.4.3.1	Instrumentierung.....	447
7.5	Übergreifende Aspekte.....	448
7.5.1	Systemarchitektur.....	448
7.5.1.1	Elektrik/Elektronik-Architektur für das Gesamtsystem Fahrzeug... ..	448
7.5.1.2	Software-Architektur in einem elektronischen Steuergerät.....	449
7.5.2	Energiebereitstellung und -Verteilung.....	449
7.5.2.1	Komponenten des Bordnetzes.....	449
7.5.1.2	Zukünftige Entwicklungen für Bordnetze.....	452
7.5.3	Informationsübertragung/Netzwerke.....	453
7.5.4	Diagnose.....	454
7.5.5	Elektromagnetische Verträglichkeit.....	455
7.6	Ausblick.....	456
<b>8</b>	<b>Radialwellendichtringe im Antriebsstrang von Nutzfahrzeugen.....</b>	<b>457</b>
8.1	Worum geht es?.....	457
8.2	Aufbau und Funktion eines Wellendichtrings.....	459
8.2.1	Die Hauptbestandteile und ihre Variationen.....	459
8.2.1.1	Die Dichtlippe.....	460
8.2.1.2	Das Versteifungsblech.....	460
8.2.1.3	Die Staublippen oder Schmutzabdichtlippen.....	460
8.2.1.4	Der Elastomer-bzw. Dichtungswerkstoff.....	460
8.2.2	Eine andere Technologie und eine neuartige Dichtung.....	461
8.2.3	Ein universelles und variables Dichtsystem.....	462
8.3	Anforderungen an die Wellenoberfläche.....	464
8.4	Dichtpositionen im Antriebsstrang.....	465
8.4.1	Die Kurbelwellendichtung.....	465
8.4.1.1	Besondere Einflüsse auf den Dichtmechanismus.....	467
8.4.1.2	Versagensarten.....	468
8.4.2	Radialwellendichtringe im Schaltgetriebe.....	469
8.4.2.1	Konstruktionsbeispiel Getriebeeingangsdichtung.....	470
8.4.2.2	Konstruktionsbeispiel Getriebeausgangsdichtung.....	471
8.4.2.3	Trend im Getriebebau.....	472
8.4.3	Abdichtung der Antriebsachse und der Radnaben.....	473
8.4.3.1	Ritzeldichtung.....	473

8.4.3.2 Abdichtung der Radnabe.....	475
8.5 Ausfallursachen und Feldanalyse.....	477
8.6 Zusammenfassung und Ausblick.....	478
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>481</b>
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>491</b>