

Erich Hoepke | Stefan Breuer (Hrsg.)  
Wolfgang Appel | Hermann Brähler | Ulrich Dahlhaus  
Thomas Esch | Stephan Kopp | Bernd Rhein

# Nutzfahrzeugtechnik

Grundlagen, Systeme, Komponenten

6., überarbeitete Auflage

Mit 579 Abbildungen und 35 Tabellen

PRAXIS | ATZ/MTZ-Fachbuch



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	V
Autorenverzeichnis.....	VII
Formelverzeichnis.....	XVII
<b>1 Einführung in die Nutzfahrzeugtechnik.....</b>	<b>1</b>
1.1 Transportaufgabe.....	1
1.2 Die Entwicklung des Nutzfahrzeugs.....	3
1.2.1 Variationen des Dieselmotors.....	6
1.2.2 Entwicklung der Fahrleistungen.....	9
1.2.3 Entwicklung der Antriebstechnik.....	11
1.2.4 Gesetzliche Vorgaben und Innovationen.....	12
1.3 Rechtliche Grundlagen, Vorschriften, Normen.....	12
1.3.1 Rechtliche Grundlagen.....	12
1.3.2 Nationale Normen, Vorschriften und Richtlinien.....	14
1.3.3 Internationale Richtlinien.....	16
1.3.4 Fahrzeugbenennungen.....	19
1.3.5 Allgemeine Abmessungen.....	19
1.4 Lastkraftwagenangebot.....	21
1.4.1 Typenbezeichnung von Lastkraftwagenfahrgestellen.....	22
1.4.2 Motoranordnungen.....	23
1.4.3 Lastkraftwagenangebot nach Gewichtsklassen.....	24
1.5 Entwicklungsschwerpunkte und künftige Konzepte.....	27
Literaturverzeichnis.....	33
<b>2 Fahrmechanik.....</b>	<b>35</b>
2.1 Kraftbedarfeines Nutzfahrzeugs.....	35
2.1.1 Beschleunigungswiderstand.....	37
2.1.2 Steigungswiderstand.....	41
2.1.3 Rollwiderstand - Reifen.....	42
2.1.4 Luftwiderstand - Aerodynamik des Nutzfahrzeuges.....	48
2.1.4.1 Historie.....	48
2.1.4.2 Luftwiderstand.....	49
2.1.4.3 Zielgruppe.....	53
2.1.4.4 Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	55
2.1.4.5 Einfluss der Aerodynamik auf den Kraftstoffverbrauch.....	55
2.1.4.6 Prozesse und Methoden der Aerodynamikentwicklung.....	56
2.1.4.7 Bereiche der Aerodynamikoptimierung am Nutzfahrzeug.....	63

2.1.4.8	Motorkühlung.....	76
2.1.4.9	Innenraumklimatisierung.....	80
2.1.4.10	Aeroakustik.....	81
2.1.4.11	Seitenscheiben-und Eigenverschmutzung.....	83
2.1.4.12	Berücksichtigung von aerodynamischen Lastfällen bei der Festigkeitsauslegung von Komponenten.....	85
2.1.4.13	Funktionsaerodynamik.....	86
2.2	Leistungsbedarf.....	88
2.3	Fahrgrenzen.....	89
2.3.1	Achslasten.....	90
2.3.2	Freie Zugkraft.....	96
2.3.3	Bremsdynamik.....	98
2.3.4	Allradantrieb.....	101
	Literaturverzeichnis.....	104
<b>3</b>	<b>Konzeption von Nutzfahrzeugen.....</b>	<b>105</b>
3.1	Zulässige Abmessungen und Gewichte.....	105
3.1.1	Höchstzulässige Abmessungen.....	105
3.1.2	Höchstzulässige Achslasten.....	107
3.1.3	Höchstzulässige Gesamtgewichte.....	108
3.1.4	Anhänge- und Stützlasten.....	109
3.2	Fahrzeug- und Aufbaukonzept.....	110
3.2.1	Fahrzeugkonzept.....	111
3.2.1.1	Konzeptvarianten.....	111
3.2.1.2	Einsatzspezifische Anforderungen.....	115
3.2.2	Aufbaukonzept.....	119
3.2.2.1	Transportgut.....	119
3.2.2.2	Aufbauvarianten.....	122
3.2.2.3	Be- und Entladehilfen.....	126
3.2.3	Wechselaufbauten und Container.....	129
3.2.4	Gewichtskonzept.....	131
3.2.5	Maßkonzept.....	136
3.2.5.1	Hauptabmessungen und Teillängen.....	136
3.2.5.2	Beladeplan.....	139
3.2.5.3	Untersuchung der Durchlenkung zwischen Motorwagen und Anhänger.....	141
3.3	Achslasten, Aufbauhöhe und Nutzlastverteilung.....	144
3.3.1	Achslastberechnung.....	144
3.3.2	Aufbauhöhe und Nutzlastverteilung.....	148
3.4	Kurvenläufigkeit von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen.....	151
3.4.1	Schlepplenkung.....	151
3.4.2	Zwangslenkung.....	154
3.4.3	Verfahren zur Untersuchung der Kurvenläufigkeit.....	156
	Literaturverzeichnis.....	162

<b>4 Lastkraftwagen- und Anhängerfahrgestell</b> .....	163
4.1 Lastkraftwagenfahrgestell.....	163
4.1.1 Datenblatt und Fahrgestellzeichnung.....	163
4.1.2 Fahrgestellstruktur.....	166
4.1.3 Fahrgestellrahmen.....	167
4.1.4 Fahrwerk.....	169
4.1.4.1 Achsen.....	169
4.1.4.2 Federung und Achsführung.....	173
4.1.4.3 Wankbegrenzung und Schwingungsdämpfung.....	180
4.1.5 Fahrerhaus.....	181
4.2 Anhängerfahrgestell.....	184
4.2.1 Fahrgestellrahmen.....	184
4.2.2 Fahrwerk.....	186
4.2.2.1 Achsen.....	187
4.2.2.2 Federung.....	194
4.2.2.3 Lenkung.....	203
4.3 Reifen und Räder.....	209
4.3.1 Reifen.....	209
4.3.2 Räder.....	212
4.4 Bremsen.....	215
4.4.1 Bremsvorgang und Bremswirkung.....	216
4.4.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	217
4.4.3 Radbremsen.....	219
4.4.3.1 Trommelbremsen.....	220
4.4.3.2 Scheibenbremsen.....	222
4.4.4 Zweileitungs-Zweikreis-Druckluft-Bremsanlage.....	223
4.4.5 Dauerbremsen.....	225
4.5 Verbindungseinrichtungen.....	228
4.5.1 D-Wert-Berechnung.....	228
4.5.2 Zuggabeln.....	229
4.5.3 Starre Zugeinrichtungen.....	230
4.5.4 Kurzkuppelsysteme.....	233
4.5.5 Anhängerkupplungen.....	234
4.5.6 Sattelkupplungen.....	235
4.6 Aktive und passive Sicherheit.....	238
Literaturverzeichnis.....	242
<b>5 Nutzfahrzeugtragwerke und deren Aufbauten</b> .....	243
5.1 Werkstoffe und Halbzeuge.....	243
5.1.1 Eisenwerkstoffe.....	243
5.1.2 Aluminium-Knetlegierungen.....	249
5.1.3 Holz.....	252
5.1.4 Kunststoffe.....	254
5.1.5 Sandwichwerkstoffe.....	255
5.2 Gestaltung der Tragwerke.....	257
5.2.1 Tragsystem Fahrgestellrahmen.....	257
5.2.2 Gestaltung von Lkw-Fahrgestellrahmen.....	261
5.2.3 Gestaltung von Anhänger-Fahrgestellrahmen.....	263

5.3	Bemessung der Tragwerke.....	265
5.3.1	Belastungsfälle.....	266
5.3.2	Schnittgrößen.....	267
5.3.3	Q- und M-Linien am Balkenmodell.....	268
5.3.4	Fachwerke.....	271
5.3.5	Festigkeitsnachweis.....	273
	5.3.5.1 Beanspruchungsarten und Bauteilnennspannung.....	273
	5.3.5.2 Gestaltfestigkeit und Bauteilsicherheit.....	275
5.3.6	Elastische Biegeverformungen in Nutzfahrzeugtragwerken.....	279
5.4	Aufbauten.....	281
5.4.1	Aufbaurichtlinien und Aufbaugenehmigung.....	281
5.4.2	Hilfsrahmen und Aufbaubefestigung.....	282
5.4.3	Aufbauten ohne Hilfsrahmen.....	286
5.4.4	Hilfsrahmengestaltung.....	288
5.4.5	Böden von Pritschen- und Kofferaufbauten.....	291
5.4.6	Kofferaufbauten.....	295
5.5	Ladungssicherung.....	300
5.6	Korrosionsschutz.....	302
	Literaturverzeichnis.....	305
<b>6</b>	<b>Motor.....</b>	<b>307</b>
6.1	Lastenheftanforderungen für Nutzfahrzeugmotoren.....	308
6.1.1	Grundsatzüberlegungen.....	308
6.1.2	Auslegungskriterien.....	309
6.2	Thermodynamische Grundlagen des dieselmotorischen Arbeitsprozesses.....	311
6.2.1	Dieselmotor-Kreisprozess.....	312
6.2.2	Realprozess.....	314
6.3	Einspritzung, Gemischbildung und Verbrennung.....	315
6.3.1	Einspritzsysteme für Nutzfahrzeugmotoren.....	315
	6.3.1.1 Reiheneinspritzpumpe (RE).....	317
	6.3.1.2 Verteilereinspritzpumpe (VE).....	319
	6.3.1.3 Pumpe-Düse-Einheit (PD).....	321
	6.3.1.4 Pumpe-Leitung-Düse (PLD).....	323
	6.3.1.5 Common-Rail (CRS).....	324
6.3.2	Gemischbildungsverfahren.....	326
6.3.3	Verbrennung im Dieselmotor.....	330
6.4	Abgasschadstoffe.....	334
6.4.1	NO <sub>x</sub> , Partikel-, CO- und HC-Emissionen im Dieselmotor.....	334
	6.4.1.1 Verbrennungsprodukte.....	334
	6.4.1.2 Emissionen und Immissionen.....	336
	6.4.1.3 Trade-Off zwischen Kraftstoffverbrauch und Emissionen.....	337
6.4.3	Vorschriften zur Emissionsbegrenzung von Nutzfahrzeugmotoren.....	339
	6.4.3.1 13-Stufen-Test ESC (EURO-3, -4, -5).....	340
	6.4.3.2 ETC-Prüfzyklus (EURO-3,-4,-5).....	341
	6.4.3.3 ELR-Prüfzyklus (EURO-3,-4,-5).....	343
	6.4.3.4 Entwicklung der Emissionsgrenzwerte und Ausblick.....	344

6.5	Abgasreinigung beim Nutzfahrzeug-Dieselmotor.....	347
6.5.1	Interne, motorische Maßnahmen.....	347
6.5.2	Abgasnachbehandlungssysteme für Nutzfahrzeugmotoren.....	351
6.5.2.1	Gekühlte Abgasrückführung.....	352
6.5.2.2	Oxidationskatalysator und SCR-Technik.....	353
6.5.2.3	Partikelfilter-Systeme.....	358
6.5.2.4	Systemkombination.....	363
6.5.3	Zukünftige Brennverfahren für Nutzfahrzeugmotoren.....	364
6.6	Aufladung.....	364
6.6.1	Aufladeverfahren.....	365
6.6.2	Abgasturbolader (ATL).....	366
6.6.3	Ladeluftkühlung.....	368
6.6.4	Variationen der Abgasturbolader-Anpassung an den Motor.....	369
6.6.5	Zukünftige Entwicklungen.....	372
6.7	Motorkonstruktion.....	373
6.7.1	Zylinderkurbelgehäuse.....	373
6.7.1.1	Zylinderkurbelgehäuse-Bauarten.....	374
6.7.1.2	Zylinderlaufflächen und Zylinderbuchsen.....	375
6.7.1.3	Verbindung Zylinderkurbelgehäuse/Zylinderkopf.....	376
6.7.2	Zylinderkopf und Zylinderkopf-Dichtung.....	377
6.7.3	Kurbeltrieb.....	379
6.7.3.1	Kurbelwelle.....	379
6.7.3.2	Kolben.....	381
6.7.3.3	Pleuel und Lager.....	383
6.7.4	Steuerung und Ventiltrieb.....	384
6.7.4.1	Nockenwelle.....	384
6.7.4.2	Antrieb.....	385
6.7.4.3	Ventil/Ventilfeder.....	386
6.7.5	Anordnung der Hilfsaggregate und deren Antrieb.....	387
6.8	Öl- und Kühlkreislauf.....	389
6.8.1	Ölkreislauf.....	389
6.8.1.1	Ölpumpe und Ölfilter.....	390
6.8.1.2	Ölkühler.....	392
6.8.2	Kühlarten.....	393
6.8.2.1	Luftkühlung.....	393
6.8.2.2	Wasserkühlung.....	393
6.8.2.3	Komponenten des Kühlkreislaufs.....	394
6.9	Luftversorgung, Ladeluft- und Abgasführung.....	396
6.9.1	Ladeluftkühler.....	397
6.9.2	Motorbremseinrichtungen.....	398
6.9.3	Ladedruckregelung.....	400
6.10	Kraft- und Schmierstoffe.....	402
6.10.1	Anforderungen an den Kraftstoff.....	402
6.10.1.1	Zündwilligkeit, Cetanzahl.....	402
6.10.1.2	Schwefelgehalt.....	402
6.10.1.3	Aromatengehalt.....	404
6.10.1.4	Biokraftstoffe.....	404
6.10.1.5	Cetanzahlverbesserer.....	405
6.10.2	Anforderungen an Motoröle.....	407

6.11	Kurbelwellendichtringe für Nutzfahrzeug- und Industriedieselmotoren	410
6.11.1	Betriebsweise des Dieselmotors	410
6.11.2	Dynamik der Kurbelwellen in Dieselmotoren	410
6.11.3	Anforderungsprofil für Kurbelwellendichtungen	411
6.11.4	Dichtungsbauformen	412
6.11.4.1	Elastomer-Dichtungen	412
6.11.4.2	Dichtungen mit PTFE Dichtmanschetten	413
6.11.4.3	Kassettdichtungen als einbaufertiges Modul	414
6.11.4.4	Dichtsysteme mit Zusatzfunktionen und Trends	415
6.11.5	Ausfallursachen	416
6.11.5.1	Versagensarten	416
6.11.6	Zusammenfassung und Ausblick	417
	Literaturverzeichnis	418
<b>7</b>	<b>Getriebe</b>	<b>421</b>
7.1	Leistungsangebot	421
7.2	Zusammenwirken von Motor und Komponenten des Antriebsstranges	423
7.2.1	Aufbau des Antriebsstranges	423
7.2.2	Drehzahlwandler	424
7.2.3	Drehmomentwandler	425
7.3	Hydrodynamische Kupplungen und Wandler	429
7.3.1	Hydrodynamische Kupplung	431
7.3.2	Hydromechanische Wandler	431
7.4	Kupplungen	434
7.4.1	Reibungskupplungen	434
7.4.1.1	Einscheibenkupplung (Schraubenfederprinzip)	434
7.4.1.2	Einscheibenkupplung (Membranfederprinzip)	435
7.4.1.3	Zweischeibenkupplung	436
7.4.1.4	Hydraulische Kupplungsbetätigung	436
7.5	Konstruktive Getriebegrundkonzepte	437
7.5.1	Bauform, Bauarten, Aufbau von Getrieben	437
7.5.1.1	Bauform und Bauart	438
7.5.1.2	Aufbau von Getrieben	438
7.5.1.3	Mechanische Schaltung	439
7.5.1.4	Gruppen-, Range- und Splitgetriebe	440
7.5.1.5	Automatisierte Schaltgetriebe	442
7.5.1.6	Automatische Getriebe	443
7.5.1.7	Vorgelegegetriebe mit Wandlerkupplung	444
7.5.2	Endantrieb	444
7.5.2.1	Verteilergetriebe	445
7.5.2.2	Ausgleichgetriebe	445
7.6	Ausgeführte Beispiele	446
7.6.1	Handschaltgetriebe	449
7.6.1.1	Daimler G211-16	449
7.6.1.2	Eaton-Twin-Splitter-Getriebe	450
7.6.2	Automatisierte Getriebe	450
	ZF-AS Tronic	450

7.6.3	Wandler-Schaltgetriebe.....	452
	ZF-TC Tronic.....	452
7.6.4	Automatgetriebe.....	453
	Allision Transmission - Serie 4500.....	453
7.6.5	Nebenabtriebe.....	454
	7.6.5.1 Kupplungsabhängige Nebenabtriebe.....	454
	7.6.5.2 Motorabhängige Nebenabtriebe.....	455
	Literaturverzeichnis.....	456
<b>Elektrik und Elektronik.....</b>		<b>457</b>
8.1	Vorwort.....	457
8.2	Einführung.....	457
	8.2.1 Begriffsdefinition.....	457
	8.2.2 Grundsätzliches.....	458
	8.2.2.1 Historie.....	458
	8.2.2.2 Aufbau eines elektronisch gesteuerten Systems.....	460
	8.2.2.3 Entwicklungsprozess elektronischer Steuergeräte.....	462
	8.2.3 Abgrenzung System - Fahrzeug.....	463
8.3	Funktionen.....	464
	8.3.1 Basisfunktionen.....	464
	8.3.1.1 Signalisierungsfunktionen.....	464
	8.3.1.2 Scheibenreinigung.....	468
	8.3.1.3 Außenbeleuchtung.....	469
	8.3.2 Standardfunktionen.....	472
	8.3.2.1 Innenbeleuchtung.....	472
	8.3.2.2 Heizung/Lüftung/Klima.....	472
	8.3.2.3 Schließanlage.....	473
	8.3.2.4 Anhängerversorgung.....	474
	8.3.3 Schnittstellenfunktionen.....	476
	8.3.3.1 Anhänger-/Aufbauerhersteller.....	476
	8.3.3.2 Flottenmanagement.....	477
8.4	Systeme.....	477
	8.4.1 Antriebsstrangsysteme.....	477
	8.4.1.1 Motor.....	477
	8.4.1.2 Getriebe.....	479
	8.4.1.3 Retarder.....	481
	8.4.2 Brems- und Fahrwerksysteme.....	481
	8.4.2.1 ABS (Anti-Blockier-System).....	481
	8.4.2.2 ASR (Antriebs-Schlupf-Regelung).....	482
	8.4.2.3 Übergang zur EBS (Elektronischen Bremsen Steuerung).....	482
	8.4.2.4 FDR (Fahrodynamikregelung).....	483
	8.4.2.5 Niveauregulierung.....	484
	8.4.2.6 Stoßdämpferregelung.....	485
	8.4.2.7 Wankregelung.....	485
	8.4.3 Bedien- und Anzeigesysteme.....	486
	8.4.3.1 Instrumentierung.....	486
	8.4.3.2 Multifunktionslenkrad.....	487

8.4.4	Assistenzsysteme.....	487
8.4.4.1	Abstandsregeltempomat.....	487
8.4.4.2	Spurassistent.....	488
8.5	Übergreifende Aspekte.....	489
8.5.1	Systemarchitektur.....	489
8.5.1.1	Elektrik/Elektronik-Architektur für das Gesamtsystem Fahrzeug	489
8.5.1.2	Software-Architektur in einem elektronischen Steuergerät	490
8.5.2	Energiebereitstellung und -Verteilung.....	491
8.5.2.1	Komponenten des Bordnetzes.....	491
8.5.2.2	Zukünftige Entwicklungen für Bordnetze.....	494
8.5.3	Informationsübertragung/Netzwerke.....	495
8.5.4	Diagnose.....	496
8.5.5	Elektromagnetische Verträglichkeit.....	497
8.6	Ausblick.....	498
	Literaturverzeichnis.....	499
	<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>501</b>