

# 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 Kraftbedarf eines Nutzfahrzeugs .....	35
2.1.1 Beschleunigungswiderstand .....	37
2.1.2 Steigungswiderstand .....	41
2.1.3 Rollwiderstand – Reifen .....	42
2.1.4 Luftwiderstand – Aerodynamik des Nutzfahrzeugs .....	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, Aufbaulänge und Nutzlastverteilung .....	144
3.3.1	Achslastberechnung .....	144
3.3.2	Aufbaulänge 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</b>	<b>Lastkraftwagen- und Anhängerfahrgestell</b>	<b>163</b>
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	Anhängekupplungen	234
4.5.6	Sattelkupplungen	235
4.6	Aktive und passive Sicherheit	238
	Literaturverzeichnis	242
<b>5</b>	<b>Nutzfahrzeugtragwerke und deren Aufbauten</b>	<b>243</b>
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 Kassettendichtungen 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 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 Zweiseibenkupplung .....	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>8</b>	<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 Schließenanlage .....	473
	8.3.2.4 Anhängerversorgung .....	474
8.3.3	Schnittstellenfunktionen .....	476
	8.3.3.1 Anhänger-/Aufbauhersteller .....	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	Informationübertragung/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>