
Prof. Dr. Martin Burgmer / Hartmut Frantz

Expertenwissen Nutzfahrzeugtechnik

3. Auflage

MARTIN BURGMER

Prof. Dr., nach Lehre Industrietätigkeit, Studium in Köln, Aachen und Wuppertal, Fachleiter, Assistent Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Visiting Lecturer am College of Engineering Taejon, Südkorea, Inhaber des Instituts Technik und ihre Didaktik an den Universitäten Kiel und Flensburg in Forschung, Lehre und Technischer Weiterbildung, Wissenschaftlicher Berater der Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes (TAK).

HARTMUT FRANTZ

Bachelor Professional im Kraftfahrzeugmechanikerhandwerk erwarb Wissen und Erfahrung nach Gesellen- und Meisterausbildung als Werkstatt- und Serviceleiter bei Scania, der Daimler-Benz AG mit Unimog Generalvertretung / Kommunal- und Umwelttechnik sowie im Kipper- und Spezialfahrzeugbau. Seit 1999 ist er als Trainer in der überbetrieblichen Ausbildung und Weiterbildung von KraftfahrzeugmechatronikerInnen, in der Meisterausbildung, der Ausbildung von Prüflingen und der Weiterbildung von Lehrkräften an berufsbildenden Schulen tätig. Seit zwei Jahrzehnten arbeiten beide Autoren im Rahmen eines gut ausgebauten Netzwerks erfolgreich in der Konstruktion und Optimierung von analogen und digitalen Lehr- und Lernsystemen im Nutzfahrzeugbereich, speziell für die Sicherheitsprüfung mit zeitoptimierten Prüfabläufen.

Weitere Informationen:

www.vogel-professional-education.de

ISBN 978-3-8343-3587-6

ISBN E-Book 978-3-8343-6343-5

3. Auflage 2027

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Lektorat: Guido Smets, Hamburg

Druck: Schleunungdruck GmbH, 97828 Marktheidenfeld

Gedruckt mit mineralölfreien Druckfarben

Copyright 2021 by Vogel Communications Group GmbH & Co. KG, Würzburg

Vogel Communications Group GmbH & Co. KG

Max-Planck-Straße 7/9

97082 Würzburg

Tel.: +49 931 418-0

Fragen zur Produktsicherheit:

produktsicherheit@vogel.de

Vorwort

Wir alle, Kollegen, Leser und Autoren, stehen mitten im Prozess der Weiterentwicklung des Nutzfahrzeugs, vor allem in seiner technischen und gesellschaftlichen Bedeutung.

Weil das Bessere der Feind des Guten ist, bemühen wir uns permanent, einerseits die Weiterentwicklung des Nutzfahrzeugs in der Serie oder seriennah darzustellen. Andererseits haben wir auch ständig die Verbesserung der technischen Darstellung im Blick. Dies zeigt sich vor allem in der vorliegenden 3. Auflage durch die angepasste Einbindung dynamischer Infoclicks.

Nach wie vor freuen wir uns über den breiten Leserkreis: Meister, Servicetechniker, Prüfengeure in den Überwachungsorganisationen, Mitarbeiter in Speditionen und Fahrschulen, bei Fahrzeugherstellern und Zulieferern, Berufsschullehrer, Ausbilder, Studierende und interessierte Auszubildende, aber auch verantwortliche Mitarbeiter in der Administration.

Ebenso freuen wir uns über die vielen Anregungen aus dem Kreis der Kollegen und Leser. Hierfür danken die Autoren herzlich auch den im Folgenden aufgeführten Institutionen, die in bewährter Form zum Gelingen des Buches beigetragen haben.

Vor allem sind hier zu nennen die Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes GmbH (TAK) sowie die Firma MAN Nutzfahrzeuggruppe/MAN Truck & Bus und weiter:

Bergische Achsen, BPW / Mercedes-Benz / Scania / ZF / Volvo GROUP / Iveco / Trenkamp & Gehle / Schmitz Cargobull / Jost / Rockinger / Hoepke / Peitz / Ringfeder / Continental / Zühlke (TAK) / Beru / Lemmerz / DAF / Daimler AG / AVL / IKA, RWTH Aachen / Voith / Teves / Wabco / Klug / Knorr / Bosch, Kraftfahrttechnisches Taschenbuch, 30. Aufl. / Varta / Mahle / Sick / Association for the Study of Peak Oil / Solar Fuel/Audi / Huss-Verlag / Daimler Buses / Mennekes / Autozeitung Heinrich Bauer, LAPIS KG / Eichseder / Kell, Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, 3. Aufl. / Weißbuch Verkehr / Michels Werkstatt GmbH, Andreas Gläser, Hahn am See / WabcoWürth / Fa. Pfeiffer, Nutzfahrzeug GmbH, Tholey / Fa. M. Schullingen GmbH, Losheim / Motoren Baader GmbH, Saarbrücken / Texa / Fa. Becker & Schmidt GmbH, Ens Dorf, Bundesverband Reifenhandel / SAF Holland.

Auch für die dritte Auflage wünschen die Autoren allen Lesern viel Erfolg, bitten aber auch um konstruktive, jederzeit willkommene Kritik.

MARTIN BURGMEYER UND HARTMUT FRANTZ, Rösrath und Saarbrücken im Mai 2026.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
----------------------	----------

1	Fahrgestell	15
1.1	Fahrgestellstruktur Lastwagen	15
1.2	Fahrgestellrahmen	16
1.2.1	Belastungen des Fahrgestellrahmens	16
1.2.2	Ausführungsformen	18
1.3	Fahrwerk	21
1.3.1	Achsen	21
1.3.1.1	Vorderachse	23
1.3.1.2	Hinterachse	27
1.3.2	Achsführung und Federung	32
1.3.3	Wankbegrenzung und Schwingungsdämpfung	37
1.4	Neuentwicklungen Fahrwerksgeneration	38
1.5	Achsgeometrie	44
1.5.1	Radstand, Spurweite und Sturz	44
1.5.2	Spur und Spreizung	45
1.5.3	Lenkrollradius und Nachlauf	46
1.5.4	Spurdifferenzwinkel	47
1.6	Elektrohydraulisches Nachlaufachsenlenkssystem	48
1.7	Anhängerbahrgestell	52
1.7.1	Fahrgestellrahmen	52
1.7.2	Fahrwerk	54
1.7.2.1	Lenkung	55
1.7.2.2	Nachlaufachsen	56
1.8	Verbindungseinrichtungen	58
1.8.1	Zuggabeln	59
1.8.2	Zugösen	60
1.8.3	Kurzkuppelsysteme	62
1.8.4	Starre Zugeinrichtungen	62
1.8.5	Anhängerkupplungen	63
1.8.6	Sattelkupplungen	65
1.8.7	Zugsattelzapfen	69
1.8.8	Stützvorrichtung	69
1.8.9	Verschiebe- und Hubeinrichtungen	70
1.9	Radformel	71

2	Lenkung	73
2.1	Achsschenkellenkungen	73
2.2	Kugelumlaufenkung	74
2.3	Hilfskraftlenkssysteme	75
2.3.1	Hilfskraftlenkssysteme in Zweikreisausführung	75
2.3.1.1	Hydrauliklenkung/Servolenkung	76

	2.3.1.2	Elektronisch gesteuerte Hydrauliklenkung	77
	2.3.1.3	Zahnstangen-Hydrauliklenkungen	79
2.4		Hinterachs-Lenksysteme	80
2.5		Nachlaufachsenlenksysteme	82

3 Reifen und Räder **83**

3.1	Reifen	83
3.1.1	Anforderungen an einen Kraftfahrzeugreifen	83
3.1.2	Aufbau	84
3.1.3	Einsatzzweck	85
3.1.4	Reifenkennzeichnung	87
	3.1.4.1 Reifenlabel	87
	3.1.4.2 Seitenwand-Kennzeichnung	88
3.1.5	Reifendruck-Kontrollsysteme, RDKS	89
3.1.6	Zwillings- und Breitreifen	92
3.1.7	Bauarten von Reifen	93
3.2	Räder	94
3.2.1	Aufbau	94
3.2.2	Felgenformen	95
3.2.3	Felgenbezeichnungen	96
3.2.4	Radbefestigungen	97

4 Aufbauten **99**

4.1	Einsatzzweck Nutzfahrzeug	99
4.2	Werkstoffe und Halbzeuge	100
4.2.1	Eisenwerkstoffe	100
4.2.2	Aluminium-Knetlegierungen	101
4.2.3	Holz und Kunststoffe	101
4.2.4	Sandwichwerkstoffe	102
4.3	Korrosionsschutz	103
4.4	Fahrerhaus	104
4.4.1	Struktur des Fahrerhauses	105
4.4.2	Aerodynamik des Fahrerhauses	107
4.4.3	Innenraumgestaltung	108
4.5	Aufbauten für Transportlösungen	109
4.5.1	Aufbaurichtlinien und Genehmigung	109
4.5.2	Hilfsrahmen und Befestigungselemente	109
4.5.3	Kippaufbau	112
4.5.4	Ladungssicherung	113
4.5.5	Ladeaufbauten	115
4.5.6	Wechselbehälter	116
4.5.7	Unterfahrschutz	117
4.5.8	Kotflügel	119

5	Der Dieselmotor	121
5.1	Einspritzung und Gemischbildung	122
5.2	Das Einspritzsystem Common Rail	127
5.2.1	Niederdruckteil	128
5.2.2	Hochdruckteil	129
5.2.2.1	Hochdruckpumpe	129
5.2.2.2	Druckregelung	131
5.2.2.3	Aktoren der Druckregelung	133
5.2.2.4	Rail	133
5.2.2.5	Injektoren.....	134
5.3	Aufladung	137
5.4	Ladeluftkühlung	140
5.5	Ölkreislauf	142
5.5.1	Motorschmierng	142
5.5.2	Schmiersystem	142
5.6	Motorkühlung	145
5.6.1	Wasserkühlung	145
5.6.2	Lüfter	146
5.6.3	Kühler	147
5.6.4	Wasserpumpe und Thermostat	148
5.7	Starthilfen	149
5.8	Schmierstoffe	151
5.8.1	Reibung	151
5.8.2	Motoröle	152
5.8.3	Getriebeöle	154
5.8.4	Schmierfette und Festschmiermittel	155
5.9	Emissionsminderung im Nutzfahrzeugmotor	156
5.9.1	Abgasbestandteile bei der dieselmotorischen Verbrennung	156
5.9.2	Innermotorische Maßnahmen	159
5.9.3	Maßnahmen zur Abgasnachbehandlung	161
6	Antriebsstrang: Kupplung	169
6.1	Bauformen von Kupplungen	170
6.2	Reibkupplungen	171
6.3	Hydrodynamische Systeme: Kupplungen und Wandler	173
6.3.1	Hydrodynamische Kupplung	173
6.3.2	Hydrodynamischer Drehmomentwandler	174
6.3.3	Wandler-Überbrückungskupplung	175
6.3.4	Wandler-Schaltkupplung	176
6.3.5	Turbo Retarder Kupplung VIAB	177
6.4	Kupplungsbetätigung	179
6.4.1	Hydraulische Kupplungsbetätigung	180
6.4.2	Elektropneumatische Kupplungsbetätigung	180

7	Antriebsstrang: Getriebe	183
7.1	Wechselgetriebe	184
7.1.1	Bauformen	185
7.1.2	Schaltmuffengetriebe	186
7.1.3	Gruppengetriebe	187
7.1.4	Getriebebeschaltung	188
7.2	Planetengetriebe	191
7.3	Automatikgetriebe	193
7.4	Nebenabtriebe	194
7.5	Gelenkwellen	195
7.6	Ausgleichsgetriebe/Differenzial	197
7.6.1	Funktion Ausgleichsgetriebe	197
7.6.2	Differenzialsperre	199
7.7	Verteilergetriebe	200
7.8	Antriebskonzepte	201
8	Hydraulische Bremsanlagen	203
8.1	Physikalische Grundlagen	204
8.1.1	Kräfte am Rad	204
8.1.2	Kraft- und Druckübersetzung im eingeschlossenen Medium	206
8.2	Druckluft-hydraulische Bremsanlage	208
8.2.1	Komponenten der Druckluft-hydraulischen Bremsanlage	209
8.2.1.1	Tandem-Hauptzylinder mit Vorspannzylinder	209
8.2.1.2	Bremsflüssigkeit	212
8.2.1.3	Bremsleitungen	214
8.3	Druckprüfung der hydraulischen Bremsanlage	215
8.3.1	Prüfgeräte	215
8.3.2	Ablauf der Niederdruck- und Hochdruckprüfung einer hydraulischen Bremsanlage	217
9	Druckluftbremsanlage	219
9.1	Systemaufbau	220
9.2	Komponenten der Zweileitungs-Zweikreis-Druckluft-Bremsanlage mit ABS und ASR im Motorwagen	223
9.2.1	Kompressor	223
9.2.2	Druckregler	224
9.2.3	Lufttrockner und Frostschützer	226
9.2.4	Vierkreis-Schutzventil	227
9.2.4.1	Einfaches Vierkreis-Schutzventil	228
9.2.4.2	Vierkreis-Schutzventil nach neuer EG-Richtlinie	231
9.2.4.3	Elektronisch gesteuertes Vierkreis-Schutzventil	231
9.2.5	Entwässerungsventil	233
9.2.6	Zweikreis-Motorwagen-Bremsventil	234
9.2.7	Handbremsventil	235
9.2.8	Standsicherheitsventil	236
9.2.9	Elektronisch betätigte Feststellbremse	237
9.2.10	Relaisventil	243

9.2.11	Automatisch lastabhängige Bremskraftregler (ALB-Regler)	244
9.2.12	Antiblockiersystem (ABS)	246
9.2.13	Antriebsschlupfregelung (ASR)	248
9.2.14	Brems- und Tristop-Zylinder sowie Gestängesteller	249
9.2.15	Radbremse	252
9.2.16	Weiterentwicklungen der Radbremse	254
9.2.17	Anhängersteuerventile und Zweileitungs-Kupplungsköpfe	256
9.3	Komponenten der Zweileitungs-Zweikreis-Druckluft-	
	Bremsanlage mit ABS und ASR im Anhänger	258
9.3.1	Rohrleitungsfilter	258
9.3.2	Anhänger-Bremsventil	258
9.3.3	Anhänger-Löseventil	259
9.3.4	Schnellentlüftungsventil	260
9.3.5	Druckverhältnisventil	260
9.4	Komponenten der Zweileitungs-Zweikreis-Druckluft-Bremsanlage	
	mit ABS und ASR im Bus	261

10 Elektronische Bremssysteme, EBS 263

10.1	Grundfunktionen und Bremsenmanagement	263
10.2	Erweiterte Funktion: Elektronische Stabilitätsregelung	267
10.3	Elektronisches Bremssystem in der Zugmaschine: Systemübersicht,	
	Elemente, Funktionen	269
10.3.1	Systemübersicht	270
10.3.2	Bremswertgeber	272
10.3.3	Elemente an der Vorderachse im Normal- und Redundanzbetrieb	273
	10.3.3.1 Proportional-Relaisventil	273
	10.3.3.2 Magnetregelventil	274
	10.3.3.3 Zentrale Bremseinheit	274
	10.3.3.4 Hilfsbremsventile an der Vorderachse	274
	10.3.3.5 Druckbegrenzung an der Vorderachse bei Sattelzugmaschinen	275
	10.3.3.6 Hilfs- und Feststellbremse	276
	10.3.3.7 Federspeicherbremsen an der Vorderachse	276
10.3.4	Elemente an der Hinterachse im Normal- und Redundanzbetrieb	277
	10.3.4.1 Redundanzventile	277
	10.3.4.2 Hinterachsmodulator	279
	10.3.4.3 Anhängersteuerventil	280
10.3.5	Weitere Regelfunktionen im EBS	282
10.3.6	Ausblick Motorwagen WABCO/Knorr	283
10.4	EBS im Anhäng-Fahrzeug	288
10.4.1	Übersicht	288
10.4.2	Park-Löse-Sicherheitsventil, PREV	289
10.4.3	EBS-Anhängermulator	290
10.4.4	Aktuelle Generation Trailer EBS E	291
10.5	EBS WABCO im Omnibus	293
10.6	EBS Knorr	294
10.6.1	Knorr EBS 5 im Motorwagen und Omnibus	294
10.6.2	Knorr Trailer EBS G2	297
10.6.3	Wesentliche Komponente: Park-/Rangierventil mit Notlösefunktion	298

10.7	Prüfung der Druckluftbremsanlage im Nutzfahrzeug	300
10.7.1	Merkmale Technischer Prüfungen	300
10.7.2	Rechtsgrundlage	301
10.7.3	Prüfbereiche im Rahmen der SP und HU	303
10.7.4	Prüfung des Anhängers mittels Truck-Trailer-Interface, TTI	306
10.8	Dauerbremsen	307
10.8.1	Motorbremssysteme für Nutzfahrzeuge	308
10.8.2	Retarder	313

11 Elektrische Anlage 317

11.1	Batterie	317
11.1.1	Batterieaufbau	318
11.1.2	Elektrochemischer Prozess	319
11.1.3	Sulfatierung und Säureschichtung	320
11.1.4	Einbauort und Anschluss	321
11.2	Anlasser (Starter)	321
11.3	Generator	324
11.3.1	Generatorprinzip	324
11.3.2	Bauformen von Generatoren	325
11.4	Leitungen und Bauteile	326
11.4.1	Leitungen	327
11.4.2	Bauteile	328
11.4.3	Beleuchtungseinrichtung	329
11.4.3.1	Frontbeleuchtung	329
11.4.3.2	Weitere Beleuchtungseinrichtungen	334

12 Fahrerassistenzsysteme/Autonomes Fahren 337

12.1	Standardarchitektur	338
12.2	Sensorik für die elektronische Rundumsicht	339
12.2.1	Übersicht	339
12.2.2	Funktionsprinzip der einzelnen Sensoren	340
12.3	Anwendungsbeispiele in Nutzfahrzeugen	342
12.3.1	Adaptive Geschwindigkeitsregelung, ACC	342
12.3.2	Spurverlassenswarner/Spurhalteassistent	345
12.3.3	Notbremssystem	347
12.3.4	Umkippschutz	349
12.3.5	Abbiegeassistent für den Stadtverkehr	349
12.3.6	Rückraumüberwachungssystem mit automatischer Einbremsfunktion des Anhängers	350
12.3.7	Reifendrucküberwachungssystem	351

13 Busse 353

13.1	Bustypen	353
13.2	Aufbau	355
13.3	Achsbaufornen	357
13.4	Motoranordnungen in Bussen	359
13.5	Brandschutzsysteme	360

14	Kraftstoffe	363
14.1	Kraftstoffe auf Erdölbasis, Beispiel Diesel-Kraftstoff	363
14.1.1	Anforderungen an Kraftstoffe	363
14.1.2	Anforderungen und Eigenschaften, Beispiel Diesel-Kraftstoff	364
14.2	Übersicht genutzter Kraftstoffe	366
14.3	Alternative Kraftstoffe für Nutzfahrzeuge	369
14.3.1	Erdgas, CNG	369
14.3.2	Wasserstoff	370
14.3.3	Rapsölmethylester, RME	371
14.3.4	Kraftstoff HVO	372
14.4	Gewinnung von Kraftstoff durch Umwandlung von überschüssiger elektrischer Energie	374
14.5	Zusammenfassung und Ausblick	376
15	Alternative Antriebe	379
15.1	Verbrennungsmotor mit Kraftstoff Erdgas	385
15.2	Elektrischer Antriebsstrang, zentrale Komponenten	387
15.2.1	Elektrische Energiespeicher	388
15.2.2	Elektrische Maschinen	393
15.3	Elektrischer Antriebsstrang, Variante Hybridantrieb	394
15.4	Elektrischer Antriebsstrang, Variante rein elektrischer Antrieb	399
15.5	Elektrischer Antriebsstrang, Variante Brennstoffzelle mit elektrischem Antrieb	406
15.5.1	Funktionsprinzip Brennstoffzelle	406
15.5.2	Brennstoffzellenstacks	408
15.5.3	Wasserstoffbereitstellung im Fahrzeug	410
16	Der Lkw im Mobilitätsgeschehen	411
16.1	Telematiksysteme	413
16.1.1	eCall	413
16.1.2	Systeme der Fahrzeughersteller	414
16.2	Transport und Mobilität	415
17	Vorschriften und Richtlinien	421
17.1	Inverkehrbringen eines Fahrzeugs	421
17.2	Fahrzeugklassen	423
17.3	Regelungen für die Zulassung von Nutzfahrzeugen	424
17.4	Vorschriften für den Betrieb von Nutzfahrzeugen	426
17.5	Neue Sicherheitssysteme	429
18	Prüfung und Diagnose	433
18.1	Überwachung im Fahrbetrieb	433
18.2	Steuergerätediagnose und Service-Informationssystem	435
19	Physikalische Grundlagen	439
Stichwortverzeichnis		453

1

Fahrgestell

Lastkraftwagen werden vom Hersteller in den meisten Fällen als Fahrgestell ausgeliefert. Ein Fahrgestell ist ein industriell hergestelltes, fahrbereites Fahrzeug. Es wird von einem – meist handwerklich organisierten – Betrieb mit einem Aufbau ausgerüstet, der von der späteren Nutzung abhängt. Gesamtmasse, Motorisierung und Radstand bestimmen im Wesentlichen die Auswahl des Fahrgestells. Ausführung und Ausstattung des Fahrerhauses, Nebenantriebe, Bereifung und Getriebeabstufungen richten sich meist nach individuellen Ausrüstungswünschen.

Ein Kraftfahrzeugzug besteht aus einem ziehenden und in der Regel einem gezogenen Fahrzeug. Das ziehende Fahrzeug – der Motorwagen – kann ein Lkw, ein Pkw oder bei landwirtschaftlichen Anwendungen ein Traktor sein. Das gezogene Fahrzeug wird als Anhänger oder im Fall eines Sattelzugs als Auflieger bezeichnet.

1.1 Fahrgestellstruktur Lastwagen

Lastwagenfahrgestelle gliedern sich in die Baugruppen

- Fahrgestellrahmen,
- Fahrerhaus,
- Fahrwerk und
- Antriebsstrang.

Der **Fahrgestellrahmen** ist die zentrale tragende Baugruppe des Fahrgestells, an dem der Aufbau und die anderen Baugruppen befestigt sind. Oberhalb der Rahmenoberkante befinden sich Fahrerhaus und Aufbau, unterhalb Triebstrang und Fahrwerk sowie weitere



Bild 1.1

Leiterrahmen mit Heckunterfahrschutz

[Bild: MAN]

Komponenten, wie z. B. Kraftstoffbehälter, Batterie, Druckluftbehälter, Werkzeugkasten, Ersatzrad, Abgasanlage, Unterfahrschutz, Anhängerkupplung sowie ggf. seitliche Schutzvorrichtungen.

Bei der heute vorherrschenden Frontlenkerbauart befindet sich das **Fahrerhaus** im vorderen Bereich. Es ist über zwei Lagerpunkte mit dem Fahrgestellrahmen verbunden und kann zu Wartungs- und Reparaturarbeiten am Motor nach vorne geschwenkt werden.

Achsen mit Radlagerung und Bremsen, Lenkung, Reifen und Räder, Federn, Stoßdämpfer, Achsführungselemente und Stabilisatoren bilden das **Fahrwerk**. Das Fahrwerk stellt die Bestimmung der Fahrtrichtung und Spurführung sicher, überträgt die Gewicht-, Spurführung-, Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte und sorgt für den Ausgleich der Veränderungen von Abständen, Kräften und Bewegungen zwischen Fahrgestellrahmen und Fahrbahn, die während des Fahrbetriebs auftreten.

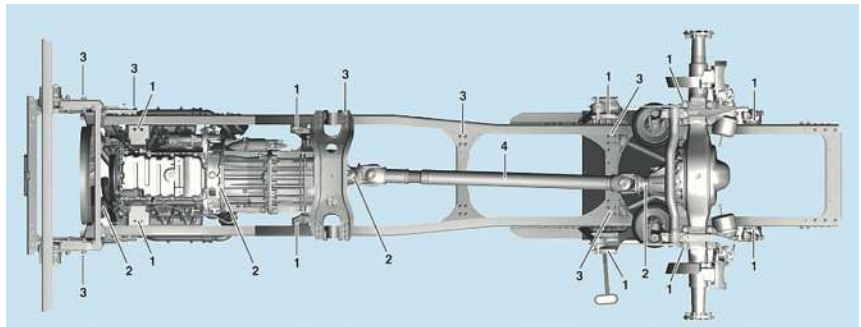
Der **Antriebsstrang** bringt die Motorleistung in allen Fahrzuständen über die Räder auf die Fahrbahn. Der Antriebsstrang besteht aus Motor, Schaltkupplung, Schaltgetriebe, Gelenkwellen, Verteilergetriebe (bei Allradantrieb) und Ausgleichsgetriebe. Zum Antrieb von Zusatzaggregaten wie Hydraulikpumpe, Kreispumpe, Fahrmischer etc. befinden sich die entsprechenden Nebenantriebe an der Motor-Schaltgetriebe-Einheit. Im Gelenkwellenstrang zwischen Schaltgetriebe und Ausgleichsgetriebe sind – falls vorhanden – Dauerbremsen (Retarder) angeordnet.

Gezogene Fahrzeuge verfügen über einen Aufbau mit einem Fahrgestell und einer Zugeinrichtung. Das auch als Chassis oder Rahmen bezeichnete Fahrgestell trägt den Aufbau. Die Zugeinrichtung koppelt das gezogene Fahrzeug an die Zugmaschine. Bilden das Fahrgestell und der Aufbau eine konstruktive Einheit, spricht man von einer selbsttragenden Bauweise.

Bild 1.2

Anordnung des Antriebsstrangs einer Sattelzugmaschine
[Bild: Mercedes-Benz]

- 1 und 3 Befestigungspunkte,
- 2 Antrieb,
- 4 Gelenkwelle



1.2 Fahrgestellrahmen

1.2.1 Belastungen des Fahrgestellrahmens

Der Fahrgestellrahmen ist sowohl statischen und quasistatischen als auch dynamischen Belastungen ausgesetzt.

Statische Vorlast bei ebener Aufstellung:

- Biege- und Torsionsbelastung aus Gewichtskräften

Quasistatische Zusatzbelastungen:

- Biege- und Torsionsbelastung infolge einseitiger Beladung, Fahrt auf seitlich geneigter Fahrbahn und Fahrt bei Seitenwind (vgl. Bild 1.3)
- Biegebelastung als Folge von Achslastverlagerungen durch Bodenunebenheiten in Fahrtrichtung bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Achsen
- Biegebelastung aus Hangabtriebskräften an Steigungen oder Gefällen
- Torsionsbelastung infolge Radlastverlagerung aus diagonalen Bodenunebenheiten (vgl. Bild 1.4)
- Horizontalbiegung durch langsame Kurvenfahrt mit mehr als einer ungelenkten Achse (Bild 1.5)

Langsame dynamische Belastungen:

- Biege- und Torsionsbelastung infolge Kurvenfahrt, Wank- und Nickschwingungen
- Biegebelastung aus Beschleunigungs- und Bremskräften
- Horizontalbiegung aus seitlichen Komponenten eventueller Deichselkräfte

Schnelle dynamische Belastungen:

- Örtliche Biege- und Torsionsbelastungen aus kurzweiligen Fahrbahnstößen
- Stoß durch Querrillen auf der Fahrbahn auf beide Vorder- und Hinterräder
- Biegebelastungen aus eventuell auftretenden Schwingungen innerhalb des Fahrzeugs

Fahrgestelle von Anhängern und Aufliegern unterscheiden sich nicht nur wegen des fehlenden Antriebsstrangs deutlich von denen der Zugmaschinen. Folgende Eigenschaften sind charakteristisch:

- Hohe Achslast bei geringem Eigengewicht
- Auslegung auf hohe Querkkräfte beim Rangieren von Fahrzeugen mit Mehrachs-fahrwerken

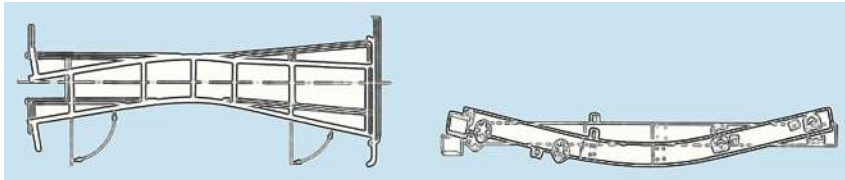


Bild 1.3

Seitliche und senkrechte Verbiegung eines Fahrgestellrahmens

[Bild: Scania]

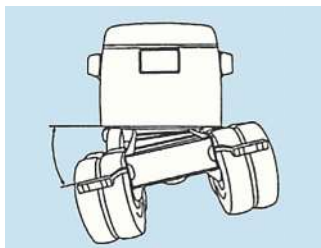


Bild 1.4 Torsion des Fahrgestellrahmens

[Bild: Scania]

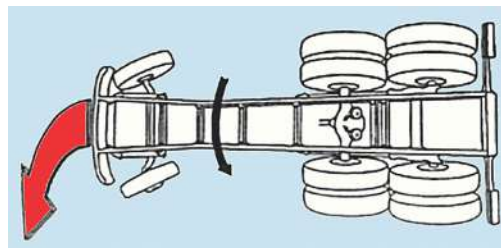


Bild 1.5 Fahrgestell mit Doppelachse bei Kurvenfahrt

[Bild: Scania]

- Minimale Wartungs- und Reparaturkosten bei hoher Lebensdauer
- Achslastausgleich bei Mehrachsen sowie Wankstabilisierung bei großen Schwerpunkthöhen
- Wenige, wohl definierte Schnittstellen zum Fahrgestell durch modulare Bauweise
- Hohe Varianz aufgrund großer Bandbreite von Fahrzeugtypen und Einsatzbedingungen
- Signalgeber und Interaktionspartner für viele sicherheitsrelevante und ökonomische Fahrzeugfunktionen

Näheres siehe Abschnitt 1.7 Anhängerfahrgestell.

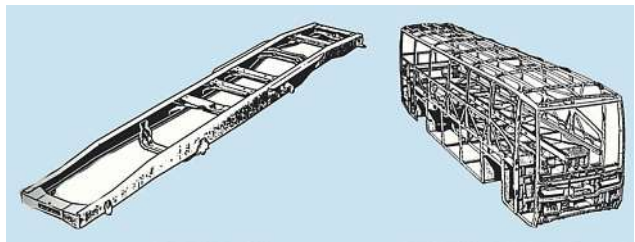
1.2.2 Ausführungsformen

Um den beschriebenen Belastungsfällen gerecht zu werden, gibt es zahlreiche Rahmen-Varianten. Man unterscheidet im Wesentlichen drei Ausführungsformen von Fahrgestellrahmen:

- Der Fahrgestellrahmen ist volltragend; der Aufbau bildet nur die Hülle für die Nutzlast.
- Fahrgestellrahmen und Aufbau tragen anteilig (mittragend).
- Der ohnehin vorhandene Aufbau ist selbsttragend und übernimmt alle auftretenden Kräfte; der Fahrgestellrahmen fehlt.

Bei Lastkraftwagen und Anhängern haben sich volltragende Fahrgestellrahmen durchgesetzt; Omnibusse und Pkw sind nahezu ausschließlich selbsttragend ausgeführt. Bild 1.6 zeigt einen typischen volltragenden Fahrgestellrahmen eines Lkws im Unterschied zu einem selbsttragenden Aufbau eines Kraftomnibusses.

Bild 1.6
Fahrgestellrahmen von
Lkw (links) und
Kraftomnibus (rechts)
[Bild: Mercedes Benz]



Lkw-Fahrgestellrahmen sind Leiterrahmen, die aus zwei Längsträgern und mehreren Querträgern bestehen. Dabei bestimmt der jeweilige Einsatzzweck des Fahrzeugs Rahmengeometrie und Rahmenquerschnitt: Im Verteiler- und Fernverkehr braucht es zur besseren Fahrstabilität eine hohe Verbindungssteifigkeit; der Einsatz im Gelände erfordert einen verdrehweichen Rahmen mit hoher Verwindungselastizität.

Längs- und Querträger werden meist aus Feinkornbaustählen kaltgepresst. Je nach gewünschter Verbindungssteifigkeit werden sowohl offene Profile (U, Hut) als auch geschlossene Profile (Rohre) eingesetzt. Die Verdrehsteifigkeit des Fahrgestellrahmens hängt entscheidend von der Querträgergestaltung ab. Je nach örtlicher Belastung variieren die Querschnittshöhen; dadurch ist die heute übliche „Fischbauform“ entstanden (Bild 1.7).



Bild 1.7
Fahrgestellrahmen
in „Fischbauform“
[Bild: Mercedes
Benz]

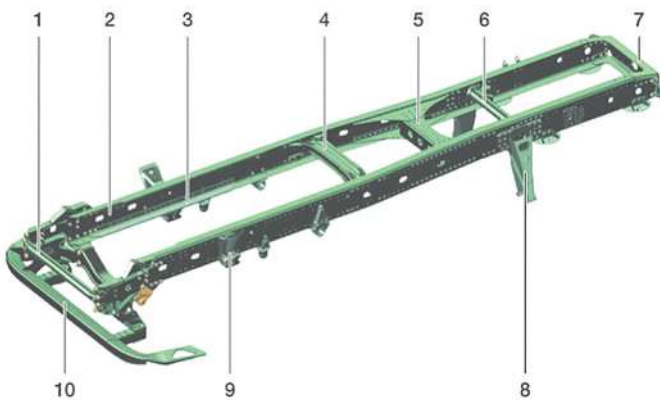


Bild 1.8
Leiterrahmen einer Sattelzugmaschine
[Bild: MAN]
1 Frontend
2 Längsträger (U.-Profil) mit Lochraster
3 Längsträgereinlage (L-Profil)
4 Querträger (Hutrofil)
5 Hauptquerträger
6 Querträger (Rohrprofil)
7 Schlussquerträger (bei SZM)
8 Längslenkerbock (bei Luftfederung)
9 Stoßdämpferkonsole
10 Frontunterfahrschulz



Bild 1.9 Rahmen mit Schlussquerträger
[Bild: Foto Frantz].



Bild 1.10 Rahmen mit Querträgern
(Ausschnitt)
[Bild: Foto Frantz]

Bild 1.11

Rahmen, nach Unfall verzogen
[Bild: Foto Frantz]



Die Bilder 1.7 bis 1.10 zeigen Ausführungsformen von Fahrgestellrahmen.

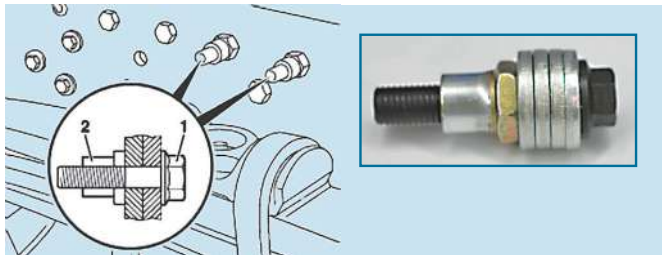
Als Verbindungselemente zwischen Quer- und Längsträgern kommen Niet- oder Schraubverbindungen zum Einsatz. Häufig werden auch Schließringbolzen anstelle von Schraubverbindungen verbaut, z. B. Huck-Spin-Verbindungen an stark belasteten Stellen. Eine Huck-Spin-Verbindung besteht aus einem schraubenähnlichen Bolzen (1) mit Rundgewinde und einer Hülse (2). Die Hülse wird auf den Bolzen geschraubt, mit einem Spezialwerkzeug verformt und in das Rundgewinde des Bolzens gedrückt (vgl. Bild 1.12).

Die Huck-Spin-Verbindung ist vibrationsfest und hoch kraftschlüssig ähnlich einer Nietverbindung; sie ist aber im Gegensatz zur Nietverbindung wieder lösbar. Eine einmal gelöste Huck-Spin-Verbindung darf nicht mehr wiederverwendet werden. Sie muss durch eine Schraubverbindung ersetzt werden.

Die folgenden Bilder zeigen typische mechanische Verbindungselemente im Nutzfahrzeug-Fahrwerk.

Bild 1.12

Huck-Spin-Verbindung
[Bild links: Mercedes-Benz,
Bild rechts: Foto
Frantz]

**Bild 1.13**

Schraubverbindung –
Aufnahme Vertikalträger
[Bild: Foto Frantz]

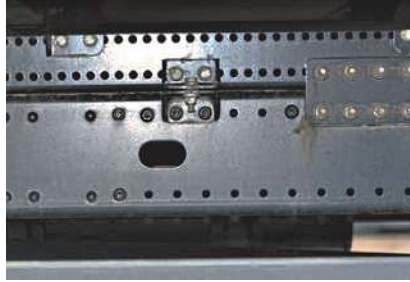
**Bild 1.14**

Schweiß- und Schraub-
verbindung – Rahmen-
längsträger
[Bild: Foto Frantz]

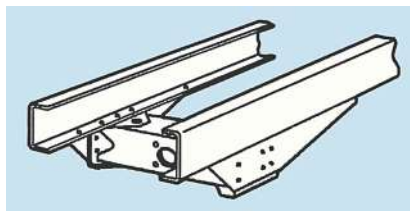
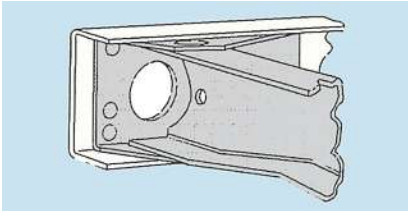


**Bild 1.15**

Klemm- und Schraub-
verbindung Briden
[Bild: Foto Frantz]

**Bild 1.16**

Verbindung Hilfsrah-
men mit Hauptrahmen
mittels Knotenblechen
[Bild: Foto Frantz]

**Bild 1.17**

Anschluss eines U-för-
migen Querträgerprofils
an einen Längsträger
[Bild: Scania]

Bild 1.18

Biegeversteifte Anbin-
dung einer Zugtraverse
[Bild: Scania]

Schweißverbindungen zum Anschluss der Querträger haben sich nicht bewährt; sie werden daher geschraubt oder gebolt. Bild 1.17 zeigt einen typischen Anschluss eines U-förmigen Querträgerprofils an einen Längsträger.

Um Schlingerbewegungen im Fahrbetrieb auszuschließen, werden Biegeversteifungen verwendet. Bild 1.18 zeigt beispielhaft die biegeversteifte Anbindung einer Zugtraverse.

1.3 Fahrwerk

1.3.1 Achsen

Zentrale Baugruppe eines jeden Fahrwerks ist die Achse. Zusammen mit den Achsführungselementen stellt sie die Verbindung zwischen Rädern und Fahrgestellrahmen her und bringt das Fahrzeug in die gewünschte Fahrtrichtung. Außerdem wirkt sie mit den Federungs- und Dämpfungselementen sowie den Stabilisatoren zusammen und beeinflusst damit wesentlich die Fahreigenschaften des Fahrzeugs.

Vordere und hintere Radaufhängungen sollen möglichst leicht sein, damit die ungefederten Massen gering bleiben. Allerdings sind sie so auszulegen, dass sie den auftretenden Kräften beim Bremsen, beim Antrieb der Räder sowie den Führungskräften (Reifen) standhalten und diese sicher in den Fahrzeugaufbau leiten.

Während sich bei Pkw und Kraftomnibussen die Einzelradaufhängung durchgesetzt hat, werden Lastkraftwagenräder fast ausnahmslos durch Starrachsen geführt. Beide haben Vor- und Nachteile. Vorteile bei Starrachsen sind die einfachere und billigere Herstellung, da sie außer der Anlenkung am Aufbau keine zusätzlichen Lenker benötigen. Ein weiterer Vorteil liegt z. B. bei starren Vorderachsen in der ungeteilten Spurstange.