



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik

1. Auflage

Bearbeitet von Gewerbelehrern, Ingenieuren und Meistern

Lektorat: Berthold Hohmann, Studiendirektor, Eversberg

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL – Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 23711

Autoren der Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik:

Gscheidle, Rolf	Studiendirektor	Winnenden – Stuttgart
Hohmann, Berthold	Oberstudiendirektor	Eversberg
van Huet, Achim	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Oberhausen
Karch, Wolfgang	Oberstudienrat	Annweiler – Neustadt
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Hückelhoven
Mann, Jochen	Dipl.-Gwl., Studiendirektor	Schorndorf – Stuttgart
Nutsch, Torsten	Dr.-Ing., ZF Lenksysteme GmbH	Schwäbisch-Gmünd
Tomala, Reinhard	Kfz-Mechaniker-Meister, Oberstudienrat	Hannover

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Berthold Hohmann, Oberstudiendirektor, Eversberg

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Alle Angaben in diesem Buch erfolgten nach dem Stand der Technik. Alle Prüf-, Mess- oder Instandsetzungsarbeiten an einem konkreten Fahrzeug müssen nach Herstellervorschriften erfolgen. Das Nachvollziehen der beschriebenen Arbeiten erfolgt auf eigene Gefahr. Haftungsansprüche gegen die Autoren oder den Verlag sind ausgeschlossen.

1. Auflage 2015, korrigierter Nachdruck 2022

Druck 8

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-2371-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2015 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt-Lechenich
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: MAN SE, München, und Daimler AG, Wörth
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort zur 1. Auflage

Die Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik soll den Auszubildenden des Kraftfahrzeugwesens mit dem Schwerpunkt Nutzfahrzeugtechnik und den Auszubildenden im Bereich Berufskraftfahrer eine Hilfe beim Verstehen von technischen Vorgängen und Systemzusammenhängen sein. Mit diesem Buch kann das nötige theoretische Fachwissen für die praktischen handwerklichen Fertigkeiten erlernt werden. Die neuesten Normen wurden, soweit erforderlich, eingearbeitet. Verbindlich sind jedoch die DIN-Blätter selbst.

Dem Gesellen, Meister und Techniker des Kraftfahrzeughandwerks, dem Berufskraftfahrer sowie dem Studierenden der Fahrzeugtechnik soll das Buch als Nachschlagewerk, zur Informationsbeschaffung und zur Ergänzung der fachlichen Kenntnisse dienen. Allen an der Kraftfahrzeugtechnik Interessierten soll das Werk eine Erweiterung des Fachwissens durch Selbststudium ermöglichen.

Das vorliegende Werk ist in 16 Kapitel unterteilt. In ihrer Zielsetzung sind die gewählten Lerninhalte sowohl auf das Berufsbild des Kraftfahrzeugmechatronikers/der Kraftfahrzeugmechatronikerin mit dem Schwerpunkt Nutzfahrzeugtechnik als auch auf das Berufsbild des Berufskraftfahrers/der Berufskraftfahrerin ausgerichtet.

In der 1. Auflage wurden die aktuellen kraftfahrzeugtechnischen Entwicklungen berücksichtigt.

Aus der Fülle des Stoffes wurden die Sachgebiete im Umfang und Inhalt so ausgewählt, dass sie den Anforderungen der Neuordnung nach Lernfeldern entsprechen. Die Autoren haben Wert auf eine klare und verständliche Darstellung gelegt, die sich durch zahlreiche mehrfarbige Bilder, Skizzen, Systembilder und Tabellen auszeichnet. Dadurch wird das Erfassen und Durchdringen des komplexen Stoffes der gesamten Nutzfahrzeugtechnik erleichtert.

Die Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik behandelt die relevanten Themen des Schwerpunktes Nutzfahrzeugtechnik ausführlich.

Die kraftfahrzeugtechnischen Grundlagen werden in der Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik vermittelt.

Somit bildet die **Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik** mit den weiteren Büchern der Fachbuchreihe des Verlages eine Einheit:

- **Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik**
- **Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik**
- **Formeln Kraftfahrzeugtechnik**
- **Arbeitsblätter Kraftfahrzeugtechnik zu den Lernfeldern**
- **Prüfungsbuch Kraftfahrzeugtechnik**
- **Prüfungstrainer Kraftfahrzeugtechnik**
- **Prüfungsvorbereitung Kraftfahrzeugtechnik Teil 1 und Teil 2**
- **Betriebsführung und Management im Kfz-Handwerk**
- **Bilder und Animationen Kraftfahrzeugtechnik**

Das in enger Zusammenarbeit mit Handwerk und Industrie entstandene Werk wurde von einem Team pädagogisch erfahrener Berufsschullehrer, Ingenieure und Meister erstellt. Die Autoren und der Verlag sind für Anregungen und kritische Hinweise dankbar (lektorat@europa-lehrmittel.de).

Wir danken allen Firmen und Organisationen für ihre freundliche Unterstützung mit Bildern und technischen Unterlagen.

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und durch Informations- und Bildmaterial unterstützt. Wir danken Ihnen recht herzlich dafür.

Alcoa Wheels, Paal (Belgien): S. 83/1
Bombardier-Primove, Berlin: S.208/1,2
BorgWarner Inc., Auburn Hills (USA): S. 141/1
Robert Bosch GmbH, Stuttgart: S. 107/3; S. 116/1,3; S. 138/3; S. 259/1; S. 260/1-3; S. 273/1; S. 273/1
BPW Bergische Achsen, Wiehl: S. 52/4; S. 53/2,3; S. 76/1-3
Continental AG, Hannover: S. 85/1
ContiTech Luftfedersysteme GmbH, Hannover: S. 60/1,2
DAF Truck Deutschland GmbH, Frechen: S. 17/4; S. 52/1
Daimler Truck AG, Stuttgart: S. 9/2; S. 10/1,3; S. 11/1,4; S. 12/1,3; S. 14/4; S. 15/2; S. 17/3; S. 26/1; S. 29/3; S. 36/2; S. 48/3; S. 49/4; S. 51/2; S. 59/5; S. 88/3; S. 129/1; S. 131/2; S. 132/1; S. 265/1,2; S. 324
Dautel GmbH, Leingarten: S. 314/1,2b
DCA Achsen, Kassel: S. 47/1
DHOLLANDIA Deutschland GmbH, Glinde: S. 44/3
Goldhofer AG, Memmingen: S. 77/1-4
Handwerkskammer Hannover/Lutz Klarmann, Hannover: S. 318; S. 319/1-3; S. 320/1-4; S. 321/1; S. 322/1-4; S. 323/1
Emitec GmbH, Lohmar: S. 192/1; S. 194/2
FAG, Herzogenaurach: S. 1
Fliegl-Fahrzeugbau, Triptis: S. 16/4
Goodyear Dunlop Tyers GmbH, Hanau: S. 89/3
Hangler Fahrzeugbau, Pramet (Österreich): S. 16/1-3; S. 17/1,2
Haweka, Herzberg: S. 90/3
Hengst SE, Münster: S. 146/1,2
Hess AG, Bellach (Schweiz): S. 12/4
HJS-DES, Minden: S.191/1
Ingenieurbüro für Fahrzeugtechnik H. J. Pahl, Hannover: S. 48/2; S. 61/1-3
Iveco-Magirus AG, Neu-Ulm: S. 68/1; S. 72/2; S. 74/2
John Deere Walldorf GmbH & Co. KG, Walldorf: S. 11/2; S. 18/2
Jost-Werke Deutschland GmbH, Neu-Isenburg: S. 40/1; S. 43/1; S. 44/1,2; S. 54/2,3
Kässbohrer Sales GmbH, Achstetten: S. 39/2
Knorr Bremse GmbH, München: S. 100/1; S. 107/1; S. 112/1,2; S. 113/2
Koch Achsmessanlagen, Wenningsen: S. 294/1-5
Kögel Trailer GmbH, Burtenbach: S. 28/3
Krampe Fahrzeugbau GmbH, Coesfeld: S. 15/4
Kronprinz GmbH, Solingen: S. 78/1

Autor Gscheidle:
 S. 100/2; S. 101/1; S. 102/1-4; S. 125/1,2,4,5
Autor Hohmann:
 S. 273/2; S. 274/1,2; S. 275/1-2; S. 276/1-3; S. 277/1

LUK GmbH & Co. KG, Bühl: S. 217/2; S. 220/1
MAN Truck & Bus SE, München: S. 10/5; S. 12/2; S. 13/2,4; S. 14/2; S. 15/1; S. 17/4; S. 32/2,3,4; S. 33/1; S. 34/1,4; S. 35/1-4; S. 50/3; S. 51/3; S. 67/3; S. 128/3; S. 134/1,2; S. 1336/3; S. 137/2; S. 212/1-3; 218/3; S. 292/1; S. 270/1; S. 293/1; S. 296/1; S. 297/1
Mefro Roues France S.A.S., La Chapelle Saint Luc (Frankreich): S.78/3,4,
F.X. Meiller Fahrzeug- und Maschinenfabrik – GmbH & Co.KG, München: S. 38/1-4; S. 301; S. 305/1,2; S. 306/1-4; S. 307; S. 308/1,2
Mercedes Benz Group, Stuttgart: S. 95; S. 205/2; S. 265/1-2; S. 266/1; S. 267/1; S. 285/1-2; S. 287/1-2; S. 291/1; S. 324
Michelin Reifenwerke, Karlsruhe: S. 89/1, 86/2
Mondolfo Ferro, Mondolfo (Italien): S. 90/2
MS Motorservice GmbH, Tamm: S. 134/3; S. 135/1,3; S. 136/2;
PACBREAKE, Langley (USA): S. 126/1
Palfinger AG, Bergheim (Österreich): S. 308/3; S. 310/3; S. 311/1-3; S. 314/2a
Regiobus, Neustadt am Rübenberge: S. 63/3
RINGFEDER POWER TRANSMISSION GMBH, Groß-Umstadt: S. 41/1; S. 42/1,4
RUD, Aalen: S. 91/1,2
Sachs-ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen: S. 66/2,3
Scania Deutschland GmbH, Koblenz: S. 10/2,4; S. 11/3,5; S. 18/1; S. 31/4; S. 32/1; S. 33/2; S. 34/3
SKF Kugellagerfabriken GmbH, Schweinfurt: S.55/2,3; S.56/1,2
TruckCAM AB, Katrineholm (Schweden): S. 53/1
VDO Deutschland, Hannover: S. 279/1-3; S. 280/3; S. 282/1,2
Voith Turbo GmbH & Co KGaA, Heidenheim: S. 224/4; S. 243/3; S. 244/1;
Volvo Busse Deutschland GmbH, Ismaning: S. 143/1; S. 147/1
Volvo Group Trucks Central Europe GmbH, Ismaning: S. 50/1; S. 51/4; S. 52/1; S.197; S. 200/1
Wabco Westinghouse GmbH, Hannover: S. 87/1-3; S. 103/4,5; S. 104/1,4; S. 107/3; S. 116/1,3; S. 118/1; S. 119/1,4; S. 120/2,4; S. 121/2,3; S. 122/2; S. 124/1,2
Webasto SE, Stockdorf: S. 299/1,2
ZF Getriebe GmbH, Saarbrücken: S. 213/1-2; S. 214/1-3; S. 216/1-4; S. 218/2; S. 219/2; S. 238/1; S. 222/2; S. 242/1; S. 245/2,3; S. 246/1,2;
ZF Lenksysteme GmbH, Schwäbisch Gmünd: S. 69/1; S. 70/1-3; S. 71/1; S. 73/1; S.72/1

Autor Karch:
 S. 198/2; S. 199/1; S. 201/1; S. 203/1-2; S. 206/1-5; S. 207/1; S. 208/3; S. 269/1-3; S. 278; S. 290/1; S. 296/2; S. 297/2; S. 312/1

Folgende Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und durch Informationsmaterial unterstützt. Auch Ihnen danken wir recht herzlich.

Daimler Truck, Stuttgart
MAN Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg AG, München

Mercedes Benz Group, Stuttgart
Yokohama Reifen Europe, Düsseldorf
Scania Deutschland GmbH, Koblenz

Bilder im Heft ohne Bildquellenangabe wurden vom **Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel**, Ostfildern, bearbeitet und erstellt.

Inhaltsverzeichnis

Firmenverzeichnis	4
-------------------------	---

1 Einteilung der Nutzfahrzeuge 9

1.1 Unterscheidung von Nutzfahrzeugen nach ihrem Verwendungszweck	9
1.2 Unterscheidung von Nutzfahrzeugen nach der Motoranordnung	13
1.3 Einteilung der Nutzfahrzeuge nach dem Antriebskonzept	14
1.4 Anhängefahrzeuge und Fahrzeugkombinationen	15
1.4.1 Anhängefahrzeuge	15
1.4.2 Fahrzeugkombinationen	17
1.5 Einteilung der Nutzfahrzeuge nach zulässigem Gesamtgewicht	18
1.5.1 Zulässige Achslasten von Nutzfahrzeugen	18
1.5.2 Zulässiges Gesamtgewicht von Nutzfahrzeugen	19
1.6 Zulässige Abmessungen	20
1.7 Fahrerlaubnisklassen	22

2 Fahrzeugaufbau 26

2.1 Nutzfahrzeug-Rahmen	26
2.1.1 Leiterrahmen (Getrennte Bauweise) ..	27
2.1.2 Mittragende Bauweise	29
2.1.3 Gitterrohrrahmen (Gerippebauweise) ..	29
2.1.4 Selbsttragende Bauweise	30
2.2 Fahrerhaus	30
2.2.1 Bauformen	30
2.2.2 Fahrerhauskonzept	30
2.2.3 Fahrerhausaufhängung	32
2.2.4 Fahrerhausstruktur	33
2.2.5 Fahrerhausformgebung	33
2.2.6 Rückspiegel	33
2.2.7 Innenausstattung der Fahrerkabine ...	34
2.3 Fahrzeugaufbauten	36
2.3.1 Auswahlkriterien für die Fahrgestell-/Aufbaukombination	36
2.3.2 Aufbaurichtlinien	36
2.3.3 Standardaufbauten	37
2.4 Anhänger- und Sattelkupplungen	40

2.4.1 Anhängerkupplungen	40
2.4.2 Sattelkupplungen	43
2.4.3 Belastbarkeit von Anhänger- und Sattelkupplungen	45
2.4.3.1 Anhänger mit Drehschemellenkung ..	45
2.4.3.2 Zentralachsanhänger mit starrer Deichsel (Tandemzug)	45
2.4.3.3 Sattelzug	46

3 Fahrwerk 47

3.1 Radaufhängung	47
3.1.1 Vorderachsen	48
3.1.2 Hinterachsen	50
3.1.3 Trailerachsen	52
3.1.4 Pendelachsen	54
3.1.5 Radlager	55
3.1.6 Achsvermessung	56
3.2 Federung	58
3.2.1 Blatt- und Schraubenfedern	58
3.2.2 Luftfederung	60
3.2.3 Elektronisch geregelte Luftfederanlage	62
3.2.3.1 Niveauregelung	62
3.2.3.2 Dämpferregelung	66
3.2.4 Elektronisch geregelte Fahrwerks-Dämpfung (ESAC)	66
3.3 Lenkung	68
3.3.1 Vorderachslenkung	68
3.3.2 Zweikreislenkungen	72
3.3.3 Lenkung für nichtangetriebene Hinterachsen	73
3.3.3.1 Mechanisch gelenkte Vorlaufachse ...	74
3.3.3.2 Elektronisch gesteuerte Hinterachslenkung	75
3.3.4 Lenkungen für Anhängerachsen	76
3.3.4.1 Reibungsgeführte Anhängerachsen ...	76
3.3.4.2 Zwangsgelenkte Anhängerachsen ...	76
3.4 Räder und Reifen	78
3.4.1 Räder	78
3.4.2 Reifen	84
3.4.3 Reifendrucküberwachung	87
3.4.4 Reifendruckregelanlage	88
3.4.5 Nachschneiden	89
3.4.6 Reifenrunderneuerung	89

3.4.7	Reifenmontage.	90
3.4.8	Schneeketten.	91
3.5	Schmiersysteme.	92
3.5.1	Zentralschmieranlage mit Kolbenverteiler.	92
3.5.2	Zentralschmieranlage mit Progressivverteiler.	93

4 Bremsen 95

4.1	Bremsanlagen.	95
4.2	Druckluftbremsanlage (Fremdkraftbremsanlage)	96
4.2.1	Zweikreis-Zweileitungs-Druckluft- bremsanlage.	96
4.2.2	Bauteile der Druckluftbremsanlage ..	100
4.3	Radbremsen.	103
4.3.1	Trommelbremsen.	103
4.3.2	Scheibenbremsen.	104
4.3.3	Betätigungseinrichtungen.	106
4.4	EBS Elektronisch geregeltes Brems- system mit ABS, ASR und ESC.	108
4.4.1	Druckluftversorgung.	112
4.4.2	EBS Zweikreisbetriebsbremsanlage Motorwagen.	115
4.4.3	Komponenten der EBS-Anlage.	116
4.4.4	EBS-Anlage Anhängerfahrzeug.	121
4.4.5	EBS-Anlage Elektrischer Schaltplan. .	123
4.5	Elektronische Stabilitätsregelung ESC (Electronic Stability Control).	124
4.6	Überprüfung der EBS-Anlage.	125
4.7	Dauerbremsanlagen.	126
4.7.1	Motorbremssysteme.	126
4.7.2	Strömungsbremsen.	127
4.7.3	Wirbelstrombremsen.	128

5 Nutzfahrzeugmotoren 129

5.1	Kenngrößen und Kennlinien.	129
5.2	Motorbauformen.	131
5.3	Baugruppen des Motors.	131
5.3.1	Zylinderkurbelgehäuse.	132
5.3.2	Zylinderkopf.	134
5.3.3	Kurbeltrieb.	134
5.4	Motorsteuerung – Ventiltrieb.	137
5.4.1	Anordnung der Nockenwelle.	137

5.4.2	Nockenwellenantrieb.	137
5.5	Motoraufladung.	138
5.5.1	Abgasturbolader.	138
5.5.2	Ladeluftkühlung.	141
5.5.3	Turbocompound-System.	143
5.6	Motorschmierung.	143
5.7	Motorkühlung.	146
5.8	Gemischbildung bei Dieselmotoren. .	149
5.8.1	Gemischverteilung/Lambdawerte beim Dieselmotor.	149
5.8.2	Verbrennungsablauf beim Diesel- motor.	150
5.8.2.1	Zündverzug beim Dieselmotor.	150
5.8.2.2	Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung ..	150
5.8.2.3	Vollständige Verbrennung.	151
5.8.2.4	Unvollständige Verbrennung durch Sauerstoffmangel.	151
5.8.3	Dieseinspritzverfahren.	151
5.8.3.1	Arbeitsdiagramm (p-V-Diagramm) ..	152
5.8.3.2	Nutzarbeit, mittlerer Arbeitsdruck ...	152
5.8.4	Starthilfsanlagen.	153
5.8.4.1	Glühstiftkerzen.	153
5.8.4.2	Heizflansch.	155
5.8.4.3	Flammstartanlage.	155
5.8.5	Einspritzanlagen für Nfz-Diesel- motoren.	156
5.8.5.1	Elektronische Dieselregelung (EDC) .	156
5.8.5.2	Common-Rail-Systeme für Nfz.	158
5.8.5.3	Common-Rail-Systeme mit Druck- verstärkung (X-Pulse).	164
5.8.6	Pumpe-Leitung-Düse (PLD).	168
5.8.7	Pumpe-Düse-System.	169

6 Schadstoffminderung 173

6.1	Abgaszusammensetzung.	173
6.2	Emissionsbegrenzung.	176
6.2.1	Luftreinhaltung, Feinstaub, Umwelt- zone und Plaketten.	176
6.2.2	EU-Abgasgesetzgebung.	177
6.2.2.1	Maßnahmen zur Luftreinhaltung.	177
6.2.2.2	EURO-Abgasnorm.	177
6.2.3	Typprüfung schwerer Nfz.	178
6.2.3.1	European-Steady-State-Cycle (ESC) .	178

6.2.3.2	European Transient Cycle (ETC)	178
6.2.3.3	European Load Response (ELR)	179
6.2.3.4	Trübungsmessung	179
6.3	Minderungsmaßnahmen	180
6.3.1	Motorische Maßnahmen	181
6.3.1.1	Einfluss der Motorgeometrie	181
6.3.1.2	Einfluss der Einspritzung	181
6.3.1.3	Einfluss der Aufladung	182
6.3.1.4	Einfluss der Abgasrückführung (AGR)	183
6.3.2	Abgasanlage und Abgasnachbehandlung	185
6.3.2.1	Dieseloxydationskatalysator (DOC)	186
6.3.2.2	Dieselpartikelfilter (DPF)	187
6.3.2.3	Selektive katalytische Reduktion (SCR)	192
6.3.2.4	OBD-Fehlermanagement	196

7 Alternativantriebe 197

7.1	Alternative Energieträger	197
7.2	Erdgasantriebe (CNG/LNG)	197
7.2.1	Erdgasantrieb CNG (Compressed Natural Gas)	198
7.2.2	Erdgasantrieb LNG (Liquified Natural Gas)	200
7.3	Biogasantrieb LBG (Liquified Bio Gas)	200
7.4	Flüssiggasantrieb LPG (Liquified Petroleum Gas)	200
7.5	Kombinierter Gas-Dieselantrieb	201
7.6	Antriebsmotoren für Kraftstoffe aus Biomasse und Pflanzenöl	201
7.7	Antriebsmotoren für Wasserstoffbetrieb	202
7.8	Hybridantriebe	203
7.8.1	Einteilung von Hybridantrieben	203
7.8.2	Serielle Hybrid-Systeme	203
7.8.3	Parallele Hybrid-Systeme	206
7.9	Elektrische Antriebe	207

8 Antriebsstrang 209

8.1	Fahrwiderstände	209
8.2	Aufbau des Antriebsstranges	211
8.3	Kupplung	213

8.3.1	Reibkupplung	213
8.3.1.1	Bauarten	213
8.3.1.2	Kupplungsdeckel	215
8.3.1.3	Kupplung mit Verschleißausgleich	216
8.3.1.4	Kupplungsscheibe	217
8.3.1.5	Kupplungsbetätigung	219
8.3.1.6	Automatisiertes Kupplungssystem (AKS)	221
8.3.2	Hydrodynamische Kupplung	223
8.3.2.1	Wandlerschaltkupplung	223
8.3.2.2	Verschleißfreies Integriertes Anfahr- und Bremsselement (VIAB)	224
8.4	Getriebe	225
8.4.1	Wechselgetriebe	226
8.4.1.1	Synchronisierung	228
8.4.1.2	Auslegung von Getrieben	229
8.4.1.3	Gruppengetriebe	230
8.4.1.4	Schaltbetätigung	234
8.4.1.5	Automatisierte Schaltgetriebe	239
8.4.2	Lastschalt-Automatikgetriebe (AT)	242
8.4.3	Nebenabtriebe	245
8.4.4	Endantrieb	247
8.4.4.1	Achsgetriebe	247
8.4.4.2	Radnabengetriebe	249
8.4.4.3	Verteilergetriebe	250
8.4.4.4	Hydrostatischer Radnabenantrieb	252
8.5	Antriebs- und Gelenkwellen	253

9 Elektrische Anlage 254

9.1	Spannungsversorgung und Bordnetz	254
9.1.1	Starterbatterie	255
9.1.2	Drehstromgenerator	257
9.2	Starter	259
9.3	Beleuchtung	261
9.3.1	Vorgeschriebene lichttechnische Einrichtungen	262
9.3.2	Zulässige lichttechnische Einrichtungen	264
9.3.3	Leuchtmittel	265
9.3.4	Scheinwerfereinstellung	265
9.4	Vernetzte Systeme	266
9.4.1	Datenbussystem im Nkw	266

9.4.2	Datenbussystem im Kraftomnibus ..	270
9.5	Elektrische Anlage bei Nkw für Gefahrgut	271
9.6	Diagnose	273
9.6.1	Fahrzeugidentifikation	273
9.6.2	Unterfunktionen der Steuergeräte- diagnose	274
9.6.3	Steuergerätediagnose	275
9.6.4	Sonderfunktionen	276

10 Daten- und Kontrollgeräte 278

10.1	Gesetzliche Grundlagen	278
10.2	Digitales Kontrollgerät	279
10.2.1	Fahrzeugeinheit (FE)	279
10.2.2	Bewegungssensor (KITAS)	280
10.2.3	Kontrollgerätekarten	281
10.3	Datenmanagement	282
10.4	Flottenmanagement	284
10.4.1	Fahrzeugmanagement	285
10.4.2	Transportmanagement	286
10.5	Mauterhebungssysteme	287

11 Fahrerassistenz-, Sicherheits- und Komfortsysteme 289

11.1	Fahrerassistenzsysteme	289
11.1.1	Geschwindigkeitsregelanlage (Tempomat)	289
11.1.2	Notbremsassistenten	291
11.1.3	Spurverlassenswarner LDW (Lane Departure Warning)	292
11.1.4	Spurwechselassistent LCA (Lane Change Assist)	292
11.1.5	Abbiegeassistent	293
11.1.6	Aufmerksamkeitsassistent	293
11.1.7	Lenkungsassistent	293
11.2	Komfortsysteme	295
11.2.1	Belüftung, Heizung	295
11.2.2	Klimaanlage	295
11.2.2.1	Standklimaanlage	297
11.2.2.2	Dachklimaanlage	298
11.2.3	Zusatzheizungen	298
11.2.4	Klimatisierung Stadtbus	300
11.2.5	Klimatisierung Reisebus	300

12 Zusatzeinrichtungen 301

12.1	Hydraulische Grundsaltungen	301
12.1.1	Konstantpumpen	302
12.1.2	Verstellpumpen	302
12.2	Hydraulische Steuerungssysteme ...	303
12.2.1	Open Center-Systeme	303
12.2.2	Closed Center-Systeme	303
12.2.3	Lastdruckunabhängige Steuerung (Load Sensing)	304
12.3	Kipperfahrzeuge	305
12.3.1	Absetzkipper	308
12.3.2	Abrollkipper	309
12.4	Ladekrane	310
12.4.1	Krangeometrie und -bezeichnungen .	311
12.4.2	Hydraulisches Schema eines Ladekranes	312
12.5	Hubladebühne (Ladebordwand)	314

13 Bergen von Fahrzeugen 318

13.1	Vorschriften und Regelungen	318
13.2	Fahrzeugtypen	319

14 Gesetzliche Untersuchungen 324

14.1	Hauptuntersuchung (HU)	324
14.2	Abgasuntersuchung (AU)	327
14.2.1	Fristen	327
14.2.2	Prüfverfahren	327
14.3	Sicherheitsprüfung (SP)	332
14.3.1	Prüfumfang der SP	332
14.3.2	SP-pflichtige Fahrzeuge	332
14.3.3	Prüfberechtigung	333
14.3.4	Prüffristen	333
14.3.5	Dokumentation	334
14.3.6	Ausnahmen und Verfahrensablauf zur Fristenregelung	336
14.3.7	Bremsenprüfung	337
14.4	Prüfungen an Fahrtsschreibern, Kontrollgeräten und Geschwindig- keitsbegrenzern	340
14.5	Arbeits- und Gesundheitsschutz	340

15 Englische Fachbegriffe 341

16 Sachwortverzeichnis 345

1 Einteilung der Nutzfahrzeuge

1



Bild 1: Einteilung von Nfz

Nutzfahrzeuge (Nfz) dienen zum gewerbsmäßigen Transport von Personen und Gütern und zum Ziehen von Anhängerfahrzeugen (Bild 1).

Hauptbaugruppen von Nutzfahrzeugen, auch Nutzkraftwagen (Nkw) genannt, sind:

- **Motor**, mit Kraftstoffversorgungsanlage, Einspritzsystem, Abgasanlage einschließlich Systemen zur Schadstoffminderung
- **Antriebsstrang**, mit Kupplung, Getriebe und Achsantrieb
- **Fahrwerk**, mit Rahmen, Aufbauten, Federung, Rädern und Bereifung, Lenkung und Bremsanlage
- **Fahrzeugelektrik**, mit Batterien, Generator, Startanlage, Beleuchtung
- **Fahrzeugelektronik**, insbesondere Daten-Bussysteme, Fahrerassistenzsysteme, Komfortsysteme

Innerhalb der Gruppe der Nutzfahrzeuge ist eine Unterteilung nach den folgenden Gesichtspunkten sinnvoll:

- Verwendungszweck
- Motoranordnung
- Antriebskonzept
- zulässiges Gesamtgewicht

- Abmessungen
- Fahrerlaubnisklassen

1.1 Unterscheidung von Nfz nach ihrem Verwendungszweck

Kleintransporter



Das technische Konzept dieser Fahrzeuge ähnelt stark dem eines Pkw. Sie werden in vielfältigen Varianten im regionalen Stückguttransport, z.B. zur Warenauslieferung und im Paketzustelldienst, eingesetzt.



Bild 2: Kleintransporter

1

Vielwecklastkraftwagen



Sie verfügen über einen offenen Aufbau, z. B. eine Pritsche (**Bild 1**), einen Planenaufbau oder einen geschlossenen Aufbau, z. B. einen Kasten (**Bild 2**).

Daher können solche Fahrzeuge zum Transport verschiedenster Stückgüter genutzt werden.

Vielwecklastkraftwagen werden in unterschiedlichen Gewichtsklassen und Abmessungen in zahlreichen Varianten angeboten.

Sie stellen mit Abstand die größte Gruppe unter den in Europa zugelassenen Nutzfahrzeugen dar.



Bild 1: Vielwecklastkraftwagen mit Pritsche



Bild 2: Vielwecklastkraftwagen mit Kastenaufbau

Speziallastwagen



Diese Fahrzeuge verfügen über einen besonderen Aufbau, der ihrem Einsatzzweck angepasst worden ist. Häufig sind spezielle Einrichtungen oder Zusatzausrüstungen vorhanden.

Beispiele sind Feuerwehrfahrzeuge (**Bild 3**), Müllfahrzeuge (**Bild 4**), Baustellenfahrzeuge (**Bild 5**), Tank- oder Silowagen, Autotransporter, Abschleppfahrzeuge, Schwerlasttransporter usw.



Bild 3: Speziallastwagen – Leiterwagen der Feuerwehr



Bild 4: Speziallastwagen zur kommunalen Abfallentsorgung



Bild 5: Speziallastwagen: Betonmischerfahrzeug

Anhänge-Zugmaschine



Ihre Hauptaufgabe ist das Ziehen von Anhängern. Daher ist sie, wenn überhaupt, nur mit einer kleinen Ladefläche ausgestattet.

Ein bekanntes Beispiel für eine Anhäng-Zugmaschine ist der Unimog (Universaler Motorgeräeträger, **Bild 1**, nächste Seite).



Bild 1: Anhänger-Zugmaschine

Traktor



Ein Traktor (**Bild 2**) ist eine Zugmaschine zum Ziehen von Anhängern und Landmaschinen. Im Normalfall verfügt er nicht über eine Ladefläche.



Bild 2: Traktor

Sattelzugmaschine



Ihr kennzeichnendes Merkmal ist die Sattelkuppelung zur Aufnahme eines Sattelanhängers (Auflieger). Beide zusammen bilden ein Sattelkraftfahrzeug (**Bild 3**).



Bild 3: Sattelzugmaschine

Kraftomnibusse

Sie dienen zur Beförderung von Fahrgästen und deren Gepäck. Je nach Einsatzzweck unterscheidet man zwischen Kleinbussen, Linienbussen, Überlandlinienbussen, Reisebussen und Spezialbussen.

Kleinbus



Technisch sind Kleinbusse (**Bild 4**) weitgehend von den entsprechenden Kleintransportern abgeleitet. Mit ihnen dürfen maximal 17 Personen einschließlich Fahrzeugführer sitzend befördert werden.



Bild 4: Kleinbus

Linienbus



Er dient zur Beförderung von Fahrgästen im Regionalverkehr. In Linienbussen (**Bild 5**) sind neben einfachen Sitzplätzen auch zahlreiche Stehplätze mit den entsprechenden Halteeinrichtungen vorgesehen. Das Ein- und Aussteigen bei den häufigen Stopps wird durch mehrere große Türen erleichtert.



Bild 5: Linienbus

1

Überlandlinienbus



Ein Überlandlinienbus ist ein Kraftomnibus, der für den Einsatz im Überland-Linienvkehr konzipiert wurde (**Bild 1**). Er bietet im Vergleich zum Standardlinienbus etwas mehr Komfort durch breitere und bequemere Sitze. Stehplätze sind nicht vorgesehen, aber auf kurzen Strecken dürfen Personen im Gang stehend befördert werden.



Bild 1: Überlandlinienbus

Gelenkbus



Beim Gelenkbus werden zwei Fahrzeugabteile durch einen Gelenkabschnitt, der den Fahrgästen freien Durchgang ermöglicht, beweglich miteinander verbunden (**Bild 3**). Er verfügt über eine große Anzahl an Sitz- und Stehplätzen, was seinen Einsatz besonders wirtschaftlich macht.



Bild 3: Gelenkbus

Reisebus



Er ist nach Bauart und Einrichtung für Reisen über große Entfernungen geeignet. Reisebusse verfügen über komfortable, einstellbare Sitzplätze. Stehplätze sind nicht vorgesehen (**Bild 2**).

Weitere Komfortmerkmale sind z. B. individuell einstellbare Belüftung und Klimatisierung, Bordbar, Bordtoilette und Entertainmentanlage (TV, DVD, ...).

Zur Mitnahme des Reisegepäckes der Fahrgäste steht ein separates Gepäckabteil zur Verfügung.



Bild 2: Reisebus

Oberleitungsbus



Dieser Kraftomnibus besitzt einen elektrischen Antrieb. Der Fahrstrom wird während der Fahrt aus einer Fahrleitung (Oberleitung) entnommen. Dadurch ist der Oberleitungsbus an ein eingeschränktes Streckennetz gebunden. Vorteilhaft ist, dass er keinerlei Emissionen ausstößt und sehr leise fährt. Er wird in Großstädten und Ballungsgebieten eingesetzt (**Bild 4**).

Als Duo-Bus verfügt er zusätzlich über einen Verbrennungsmotor. Dadurch wird er unabhängig vom Oberleitungsnetz und ist flexibel einsetzbar.



Bild 4: Oberleitungsbus

6.3.2.3 Selektive katalytische Reduktion (SCR)

Selektive katalytische Reduktion. SCR (engl. **S**elective **C**atalytic **R**eduction) ist ein chemisches Verfahren, bei dem in einem Katalysator die Stickoxide im Abgas gezielt (selektiv) reduziert werden.

Den gesundheitsschädlichen Stickoxiden (NO_x) wird mithilfe eines Reduktionsmittels der Sauerstoff entzogen. Sie werden in Stickstoff und Wasser umgewandelt.

Es finden keine weiteren unerwünschten Reaktionen statt und der Motor kann im leistungsstarken und verbrauchsarmen Modus betrieben werden. Das Verfahren ist technisch aufwendig und benötigt als zusätzlichen Betriebsstoff eine wässrige Harnstofflösung (AdBlue®).

6

Bei der selektiven katalytischen Reduktion werden Stickoxide mithilfe von AdBlue® in einem Katalysator gezielt reduziert.

Funktion (Bild 1). AdBlue wird aus einem separaten, vom Kühlwasser beheizten Tank von der Pumpeneinheit angesaugt und der Dosiereinheit zugeführt. In der Dosiereinheit wird mithilfe von Druckluft die wässrige Harnstofflösung zerstäubt und über die Eindüsung dem Abgas zudosiert. Die Harnstofflösung wird in der Hydrolyseeinheit zu Ammoniak. Im SCR-Katalysator werden die Stick-

oxide zu Stickstoff und Wasser umgewandelt. Ein Sperrkatalysator verhindert, dass das giftige Ammoniak mit dem gereinigten Abgas in die Umwelt gelangt. Die Dosierung von AdBlue wird mithilfe von Sensoren überwacht.

Reduktion. Der Entzug von Sauerstoff wird chemisch als Reduktion bezeichnet.

Ammoniak (NH_3) reduziert im SCR-Katalysator Stickoxide (NO , NO_2) zu Stickstoff (N_2). Dabei entsteht zusätzlich Wasser (H_2O).

Aufbau. Das SCR-System besteht aus folgenden Baugruppen (**Bild 1**):

- AdBlue-Versorgung mit ...
 - Vorratsbehälter
 - beheizten Leitungen
 - Pumpeneinheit
 - Dosiereinheit mit Eindüsung
- Abgasmodul mit ...
 - SCR-Katalysator
 - Ammoniaksperrkatalysator
 - ggf. Hydrolyseeinheit
- SCR-Steuerung mit ...
 - SCR- und Motorsteuergerät
 - Sensoren

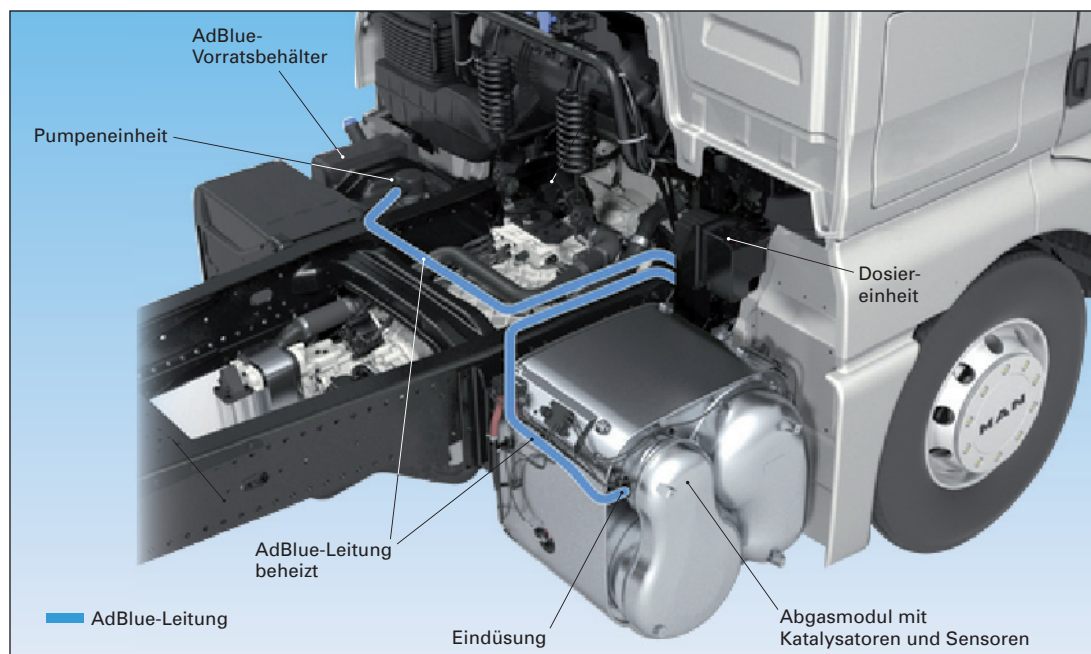


Bild 1: Übersicht Komponenten eines SCR-Systems

AdBlue-Versorgung

Sie umfasst die Bevorratung des Betriebsstoffs, aus dem das Reduktionsmittel gewonnen wird, Leitungen, Pumpeneinheit, Dosiereinheit und Einspeisung.



Reduktionsmittel. Als Reduktionsmittel wird Ammoniak verwendet. Es ist eine chemische Verbindung, die aus Stickstoff (N) und Wasserstoff (H) besteht. Ammoniak (NH_3) ist ein stechend riechendes, farbloses, wasserlösliches, ätzendes und giftiges Gas. Aus diesem Grund wird Ammoniak nicht direkt, sondern in Form einer wässrigen Harnstofflösung eingesetzt.

stehend riechendes, farbloses, wasserlösliches, ätzendes und giftiges Gas. Aus diesem Grund wird Ammoniak nicht direkt, sondern in Form einer wässrigen Harnstofflösung eingesetzt.

Als wässrige Harnstofflösung kommt AdBlue zum Einsatz. Es wird dem Abgas zugeführt und bildet in der Hydrolyseeinheit Ammoniak.

Die Spaltung von Stoffen mithilfe von Wasser wird als Hydrolyse bezeichnet (**Bild 1**).

AdBlue®. Es ist ein eingetragenes Warenzeichen für eine 32,5%ige Harnstofflösung. Die Lösung besteht aus synthetisch hergestelltem Harnstoff und demineralisiertem Wasser. Die Qualitätsanforderungen sind in der DIN 70070 festgeschrieben.

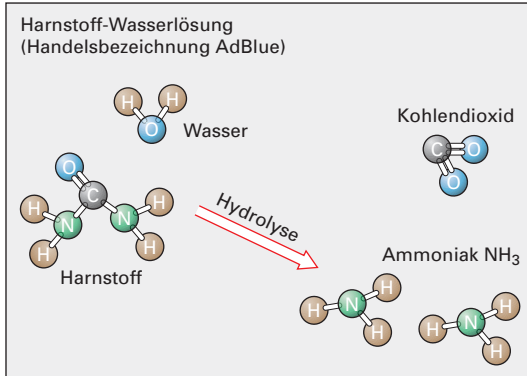


Bild 1: Hydrolyse von AdBlue zu Ammoniak

Verbrauch und Kosten. Der Verbrauch hängt u.a. von der einzuhaltenden Abgasnorm ab und liegt bei 3 bis 7 % des Kraftstoffverbrauchs. Bei einem Dieselbedarf von 30 l/100 km würden demnach etwa 1 bis 2 l AdBlue auf 100 km verbraucht werden. Hieraus und aus dem Einsatzbereich des Nutzfahrzeugs ergibt sich das benötigte Vorratsvolumen für AdBlue. Die Kosten für AdBlue liegen zurzeit etwa bei der Hälfte der Dieselmotorkraftstoffkosten.

Vorrattank. Er ist aus Kunststoff, da AdBlue Stahl und Aluminium korrodiert. Bei Kombi-Kraftstoffbehältern (**Bild 2**) aus Aluminium enthält der AdBlue-Tank eine Innenauskleidung aus Kunststoff.

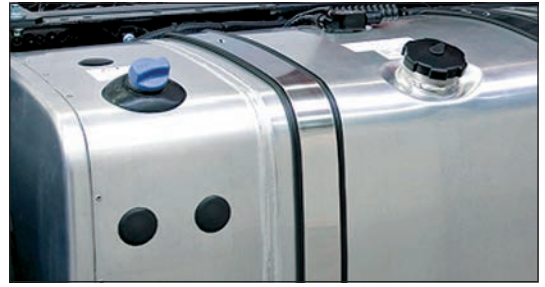


Bild 2: Kombitank AdBlue und Diesel getrennt

Tankdeckel. Zur Vermeidung von Fehlbetankungen unterscheidet sich der Deckel hinsichtlich der Farbe und ist mit der Aufschrift „AdBlue“ gekennzeichnet. Der im Vergleich zum Dieseltank kleinere Einfüllstutzen (**Bild 3**) verhindert eine Fehlbetankung.

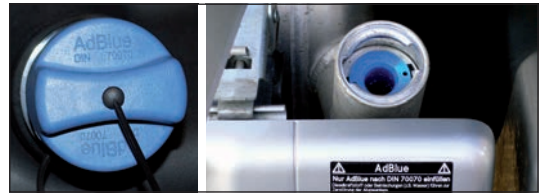


Bild 3: AdBlue-Tankdeckel und Einfüllstutzen

WERKSTATTTHINWEISE

Umgang mit AdBlue®.

Lagerung und Haltbarkeit

- AdBlue zerfällt im Laufe der Lagerung in Ammoniumhydroxid und Kohlendioxid.
- Bei Temperaturen von bis zu 25°C erfüllt AdBlue mindestens 12 Monate nach der Herstellung die Anforderungen der DIN 70070.
- Bei Temperaturen über 25°C verkürzt sich die Haltbarkeit entsprechend.
- Wird AdBlue unter –11°C abgekühlt, gefriert es. Nach Erwärmung kann die Harnstofflösung ohne Qualitätseinbußen unverändert eingesetzt werden.
- AdBlue bewirkt bei Stahl, Kupfer und Aluminium Korrosion.
- AdBlue-Vorratsbehälter sind aus Kunststoff oder kunststoffinnenbeschichtet.
- Bei länger anhaltender Temperatur von über 50°C z.B. durch direkte Sonneneinstrahlung, bilden sich giftige Ammoniak-Dämpfe.

Umwelt und Arbeitsschutz

- AdBlue ist leicht abbaubar und ist in die niedrigste Wassergefährdungsklasse WGK 1 eingestuft.
- Kleine Mengen von AdBlue können in Deutschland mit viel Wasser in die Kanalisation gespült werden.
- Gelangt AdBlue auf die Haut, so reicht es, diese mit viel Wasser abzuspuhlen.

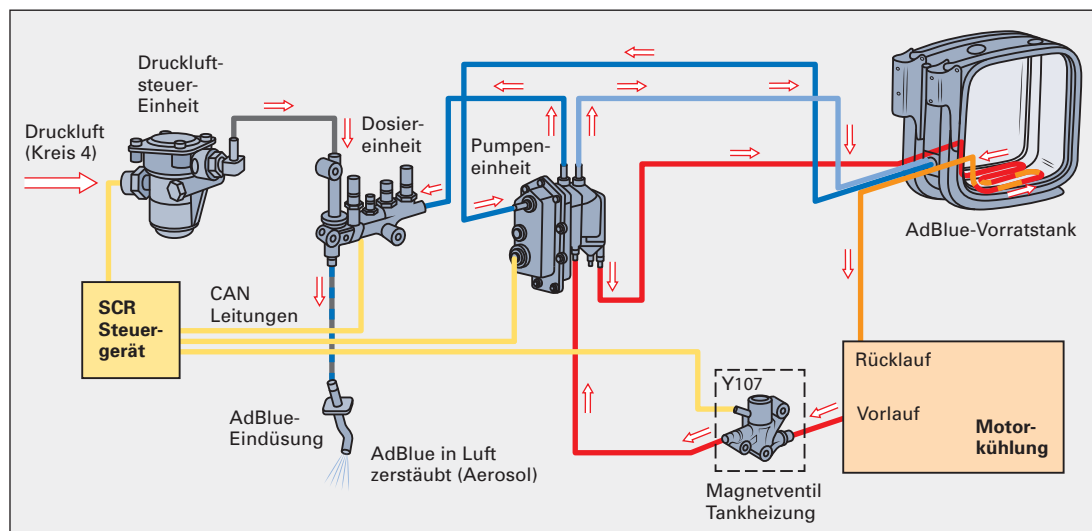


Bild 1: SCR-System – Leitungsführung der AdBlue-Versorgung

AdBlue-Dosierung (Bild 1). AdBlue gefriert bei einer Temperatur von unter $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aus diesem Grund werden Behälter und Leitungen beheizt. Die Beheizung erfolgt durch Motorkühlwasser, das in Leitungen durch die Pumpeneinheit und den Vorratstank geführt wird. Eine Membranpumpe in der Pumpeneinheit saugt die Harnstofflösung aus dem Tank und befördert sie zur Dosiereinheit. Hier wird die Harnstofflösung mit Druckluft zerstäubt und über die Eindüsung dem Abgas zugeführt.

Pumpeneinheit. Der Betriebsdruck beträgt 5 bis 10 bar. Druckseitig befindet sich ein Filter in Form einer Filterpatrone. Der Rücklauf wird über ein pneumatisch betätigtes Schaltventil gesteuert. Das Pumpenmodul ist mit einem vernetzten Steuergerät ausgestattet und befindet sich auf der Tankseite.

Die AdBlue-Leitungen vom Vorrat zur Pumpeneinheit und von dort zur Dosiereinheit werden zudem gebündelt mit den Kühlwasservor- und rücklaufschläuchen verlegt.

Dosiereinheit. Die Druckluft wird über ein Sieb gefiltert, in einer Düse beschleunigt und reißt dann die zudosierte Harnstofflösung mit. Die Dosiermenge wird über die Dauer der Ansteuerung der Dosiereinheit eingestellt. Um Harnstoffablagerungen im Luftbereich zu verhindern, wird bei laufendem Motor auch Luft ohne AdBlue eingedüst. Nach dem Abstellen des Motors wird noch einmal Druckluft eingedüst. Sie wird aus dem Nebenverbraucher-Kreis 4 entnommen.

AdBlue-Eindüsung. Sie erfolgt je nach Ausführung entweder motornah hinter dem Krümmer (Bild 2) oder direkt in das Abgasmodul (Bild 3).

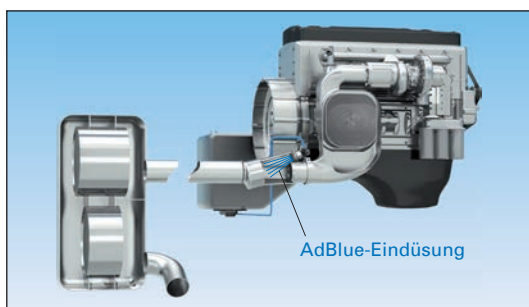


Bild 2: Eindüsung in Motorbremsklappenstutzen

Das AdBlue benötigt zur vollständigen Umsetzung zu Ammoniak eine Reaktionszeit. Diese Zeit wird über einen festgelegten Abstand zwischen Eindüsung und Abgasmodul erreicht. Die Eindüsung kann auch in die Hydrolysestrecke des Abgasmoduls erfolgen (Bild 3).

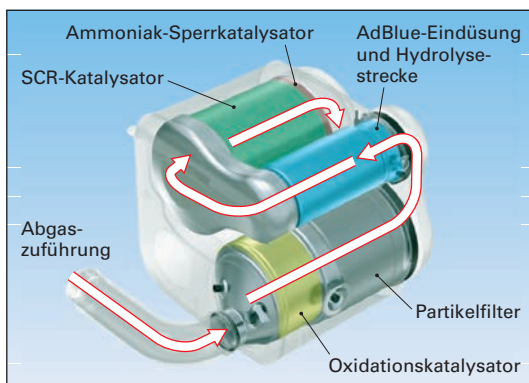


Bild 3: Abgasmodul mit Hydrolysestrecke

Abgasmodul für SCR-Anlagen

Aufbau (Bild 3, vorherige Seite). Sie umfasst neben den Bauteilen zur Geräuschminderung je nach Ausführung noch folgende Reaktoren:

- Dieseloxydationskatalysator (DOC) oder Oxidationsstufe
- Dieselpartikelfilter (DPF)
- Hydrolysestrecke
- SCR-Katalysator
- Ammoniak-Sperrkatalysator

Abgasanlagen von EURO-VI-Fahrzeugen umfassen z. B. Dieseloxydationskatalysator, Dieselpartikelfilter und SCR-System. Die EURO-V-Norm kann von Nutzfahrzeugen auch über ein SCR-System ohne DOC und DPF eingehalten werden.

Funktion SCR-System (Bild 1)

Oxidationsstufe. Stickstoffdioxid (NO_2) lässt sich im SCR-Katalysator besser umsetzen als Stickstoffmonoxid (NO). Die Oxidation von NO zu NO_2 erfolgt entweder in einem vorgeschalteten DOC oder, wenn dieser nicht verbaut ist, in einer Oxidationsstufe, die z. B. im SCR-Katalysator integriert ist.

Hydrolyseeinheit. Hier findet unter dem Einfluss der Abgastemperatur die Umsetzung der wässrigen Harnstofflösung $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ in Ammoniak NH_3 statt. Die Spaltung erfolgt mithilfe von Wasser (Hydrolyse). Dieser Vorgang benötigt eine Reaktionszeit.

Je nachdem, ob die Eindüsung von Harnstoff im Stutzen der Motorbremsklappe oder direkt in das Abgasmodul erfolgt, werden Hydrolysestrecken oder Hydrolysekatalysatoren eingesetzt.

WERKSTATTTHINWEIS

Eine Änderung der Abgasrohre beeinflusst die Abgasverweilzeit. Hierdurch kann die Hydrolysestrecke verändert werden. Es sind die in den Aufbauhinweisen festgeschriebenen Vorgaben der Hersteller einzuhalten.

SCR-Katalysator. Hier reagiert das Ammoniak mit den Stickoxiden zu N_2 und H_2O . Zur Überprüfung der notwendigen Menge an Harnstoff wird am Ausgang des SCR-Katalysators die NO_x -Konzentration gemessen.

Ammoniak-Sperrstufe. In der Sperrstufe wird das überschüssige giftige Ammoniak zu Stickstoff und Wasser oxidiert.

SCR-Steuerung

Die Regelung der Harnstoffmenge wird über die Messung der Abgastemperatur und der NO_x -Konzentration am Katalysatorausgang vorgenommen. Bei zu hoher NO_x -Konzentration wird mehr Harnstoff zudosiert. Liegt die Konzentration unter dem Sollwert, wird weniger eingedüst. Das SCR-Steuergerät ist mit der Motorsteuerung und der OBD vernetzt.

NO_x -Sensor

Aufbau. Er besteht aus Steuereinheit und Sensoreinheit. Die Steuereinheit bereitet die Messwerte auf und gibt sie an das SCR-Steuergerät weiter.

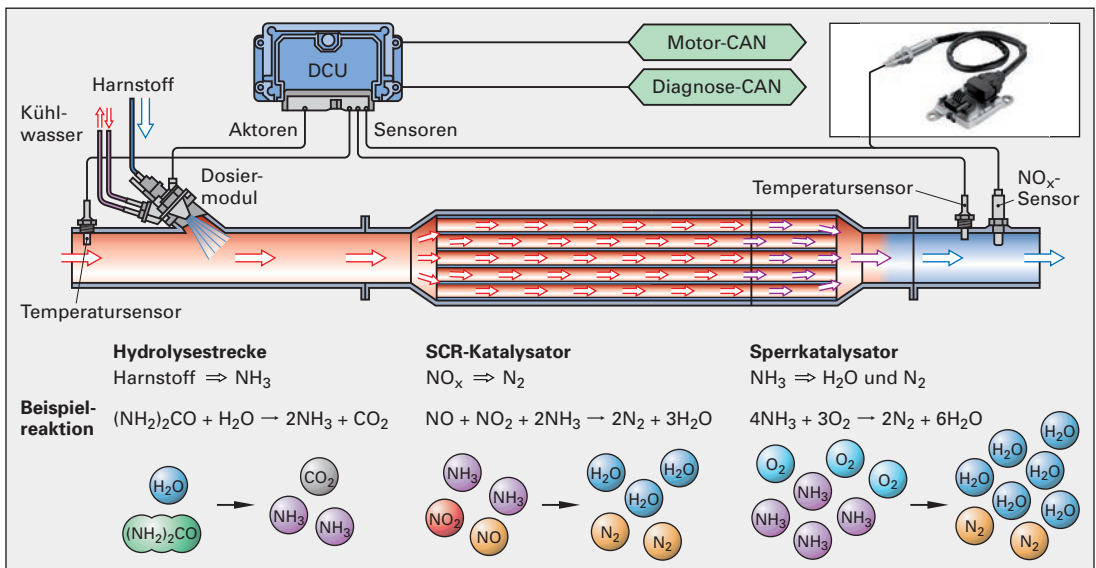


Bild 1: Schematische Darstellung der SCR-Technologie mit Reaktionsgleichungen

NO_x-Sensoreinheit. Das Funktionsprinzip basiert auf der Zersetzung von NO_x an einer katalytisch aktiven Elektrode. Sie besteht aus (**Bild 1**):

- zwei Kammern, die durch Diffusionssperren vom Abgas und untereinander getrennt sind,
- drei elektrochemischen Zellen, die den Sauerstoff aus den Kammern „pumpen“
- einer Heizung, die den Sensor konstant auf einer Betriebstemperatur von ca. 800 °C hält.

Wirkungsweise. Das Abgas umströmt den Sensor und gelangt kontrolliert über eine Diffusionssperre in Kammer 1. Hier wird der im Abgas enthaltene hohe Anteil an Sauerstoffmolekülen von der **Hauptzelle** auf einen konstanten Wert gebracht. Der dazu benötigte elektrische Strom (I_0) ist ein Maß für den **Sauerstoffgehalt im Abgas (λ -Wert)**.

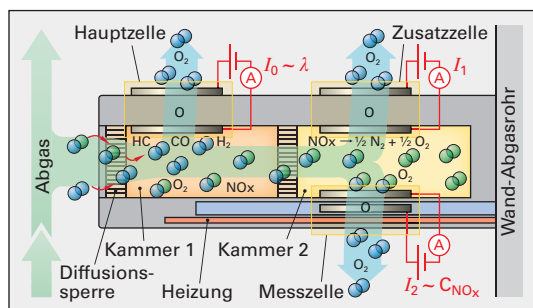


Bild 1: Aufbau und Funktion des NO_x-Sensors

Weiter gelangt das Abgas über die Diffusionssperre in Kammer 2. Hier werden Reste von O₂ über die **Zusatzzelle** aus der Kammer entfernt. Der hierzu notwendige Strom (I_1) liefert einen **Korrekturwert** (Offset) zur Erhöhung der Messgenauigkeit.

Der in den Stickoxiden gebundene Sauerstoff wird über die **Messzelle** entfernt. Der notwendige Strom (I_2) ist das **Maß für den Stickoxidanteil** im Abgas.

Elektrochemische Zelle als Pumpe (Bild 2). Sie besteht aus zwei an einer Spannungsquelle angeschlossenen Platin-Elektroden, die über einen Festelektrolyten aus Zirkondioxid miteinander verbunden sind. Er ist für Sauerstoffionen durchlässig.

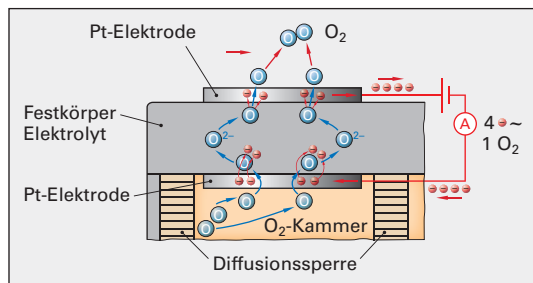


Bild 2: Elektrochemische Zelle (Hauptzelle)

Auf der Abgasseite liefert die Minuselektrode die Elektronen für die Zerlegung der Sauerstoffmoleküle (O₂) in Sauerstoffionen (O⁻). Die Ionen passieren den Festelektrolyten und werden an der positiven Elektrode unter Elektronenabgabe wieder zu O₂. Da für jedes Sauerstoffteilchen zwei Elektronen benötigt werden, kann über den Strom exakt der „gepumpte“ Sauerstoff bestimmt werden. Hieraus werden die Sauerstoffkonzentration (Hauptzelle), der Offset (Zusatzzelle) und die Stickoxidkonzentration (Messzelle) ermittelt.

6.3.2.4 OBD-Fehlermanagement

On-Board-Diagnose. Die OBD überwacht ständig die emissionsrelevanten Komponenten des Motors und der Abgasnachbehandlung. Die Art der Überwachung ist herstellereigenspezifisch.

OBD1. Sie ist für alle ab Oktober 2005 neu zugelassenen schweren Nfz vorgeschrieben. Emissionsrelevante Komponenten des Motors und der Abgasnachbehandlung werden ständig auf größere Funktionsstörungen überprüft. Bei der OBD1b (2007) werden bei Nfz mit SCR zusätzlich NO_x-Kontrollmessungen durchgeführt.

OBD2. Sie ist für alle ab Oktober 2009 neu zugelassenen schweren Nfz vorgeschrieben. Hierbei werden zusätzlich noch Funktion und Wirkungsgrad der Abgasreinigung überwacht. Die Fahrzeuge sind mit einem NO_x-Sensor und einem Drehmomentbegrenzer ausgestattet.

OBD-Fehler. Ein Fehler liegt vor, wenn die Schwellenwerte überschritten werden. Er wird gesetzt, wenn bei vier Prüfzyklen eine Überschreitung oder eine Funktionsstörung festgestellt wird.

NO_x-Schwellenwerte. Es werden unterschieden:

- **Warnschwelle.** Sie liegt um 1,5 g/kWh höher als der zul. Grenzwert (Beispiel EURO 5: Grenzwert 2,0 g/kWh, Warnschwelle 3,5 g/kWh). Die MIL blinkt und ein Fehlercode wird gesetzt.
- **Schwelle für Drehmomentbegrenzung.** Bei einer NO_x-Konzentration von über 7,0 g/kWh oder einer Unterbrechung der Reduktionsmittel-Zufuhr wird der Drehmomentbegrenzer aktiviert. Die MIL blinkt und ein Fehlercode wird gesetzt.

Drehmomentbegrenzung. Sie wird bei Fahrzeugstillstand aktiviert. Eine Weiterfahrt ist mit einem um 25 % bzw. 40 % reduzierten Motordrehmoment möglich. Um die Begrenzung aufzuheben, muss nach der Beseitigung der Fehlerursache das Motorsteuergerät einen fehlerfreien Leerlauf feststellen.

Die MIL erlischt vollständig, wenn bei weiteren Fahrten keine Emissionsüberschreitung mehr erkannt wird. Bei z.B. 40 beanstandungsfreien Fahrzyklen oder 100 Betriebsstunden wechselt der Fehler von „aktuell“ in „nicht existent“.

8.4.1.3 Gruppengetriebe

Als Gruppengetriebe wird die Kombination eines Hauptgetriebes mit einer Vor- und/oder einer Nachschaltgruppe bezeichnet.

Es werden folgende Kombinationen unterschieden (**Bild 1**): Hauptgetriebe mit Vorschaltgruppe (Splitgetriebe), Hauptgetriebe mit Nachschaltgruppe (Rangegetriebe) und Hauptgetriebe mit Vor- und Nachschaltgruppe (Split-Range-Getriebe).

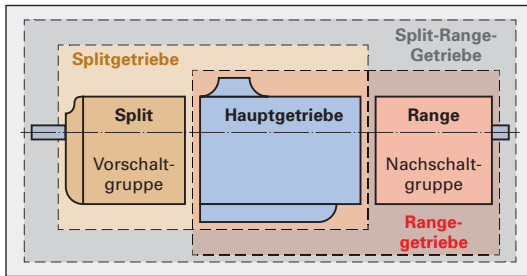


Bild 1: Gruppengetriebe

Splitgetriebe

Vorschaltgruppe (Splitgruppe¹⁾). Sie ist dem Hauptgetriebe vorgeschaltet, um eine feinere Unterteilung der Gangstufen zu erzielen. Getriebe mit Splitgruppe werden als Splitgetriebe bezeichnet.

Durch die Kombination von Hauptgetriebe und Vorschaltgruppe wird die Anzahl der Übersetzungsstufen verdoppelt.

Bei einem Splitgetriebe mit 6-Gang-Hauptgetriebe stehen $2 \times 6 = 12$ Übersetzungsstufen zur Verfügung (**Bild 2**).

Splitgetriebe für den Fernverkehr. Das in **Bild 2** beschriebene Getriebe ist als Overdrive (OD) ausgelegt ($i_{6S} = 0,83$).

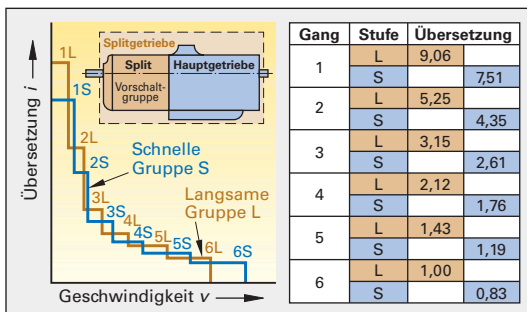


Bild 2: Übersetzung 6-Gang-Splitgetriebe (OD)

Hierdurch wird eine Reduzierung der Motordrehzahl bei Reisegeschwindigkeit und somit eine Kraftstoffeinsparung erzielt. Jeder Gang kann über

die Splitstufe mit zwei Übersetzungen gefahren werden. Durch diese Zwischengänge (halbe Gänge) erfolgt eine Verdichtung der Stufung. Die Anzahl der Übersetzungsstufen wird verdoppelt.

Gangwahl. Die Gänge des Hauptgetriebes werden über einen Wählhebel mit H-Schaltung geschaltet (**Bild 3**). Die Splitgruppe wird über einen Schalter vorgewählt und der Wechsel beim nächsten Kupeln elektropneumatisch vollzogen.

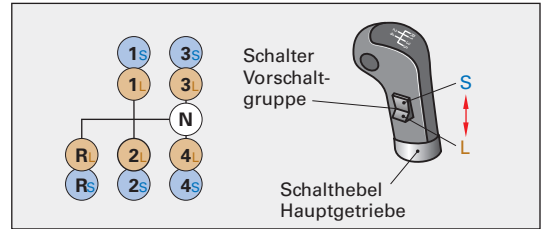


Bild 3: H-Schaltung Splitgetriebe

Kraftfluss der schnellen Splitstufe (S). In der schnellen Stufe wird das Drehmoment ohne Übersetzung in das Hauptgetriebe eingeleitet ($i_{\text{split}} = 1$). Über das erste Zahnradpaar des Hauptgetriebes wird das Drehmoment auf die Vorgelegewelle und anschließend über eines der drei Gangräder auf die Hauptwelle übertragen. Der vierte Gang ist hier als direkter Gang (DD) ausgelegt (**Bild 4**).

Kraftfluss der langsamen Splitstufe (L). Das Motordrehmoment wird über das Zahnradpaar der Vorschaltgruppe auf die Vorgelegewelle geleitet, die Drehzahl herabgesetzt und das Drehmoment vergrößert ($i_{\text{split}} = 1,1 \dots 1,3$). Die Übersetzung der einzelnen Gänge erfolgt über die Gangradpaare. Die Übersetzung des Gesamtgetriebes ergibt sich durch Multiplikation der Einzelübersetzungen.

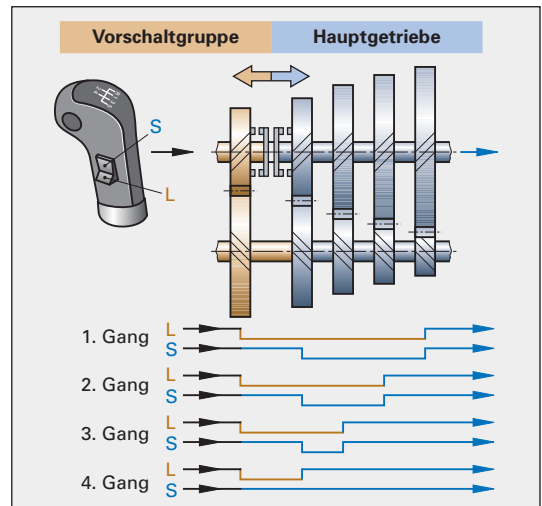


Bild 4: Kraftverlauf 4-Gang-Splitgetriebe (DD)

1) split (engl.): teilen

Rangegetriebe

Gruppengetriebe mit Rangegruppe¹⁾ werden als Rangegetriebe bezeichnet.

In der Rangegruppe erfolgt im Übersetzungsbereich eine Erhöhung des Drehmomentes auf das 3- bis 4-Fache ($i_{\text{Range}} = 3 \dots 4$). Aus diesem Grund ist die Rangegruppe dem Hauptgetriebe nachgeschaltet. Sie wird auch als Bereichsgruppe bezeichnet.

Durch die Rangegruppe wird die Anzahl der Gänge verdoppelt und der Bereich der Getriebeübersetzung erweitert (Bereichsgruppe).

Rangegetriebe mit 4-Gang-Hauptgetriebe. Nach Durchschalten der vier Hauptgänge im langsamen Bereich wird der Planetenradsatz verblockt ($i = 1$) und es stehen vier weitere Gänge zur Verfügung (Bild 1).

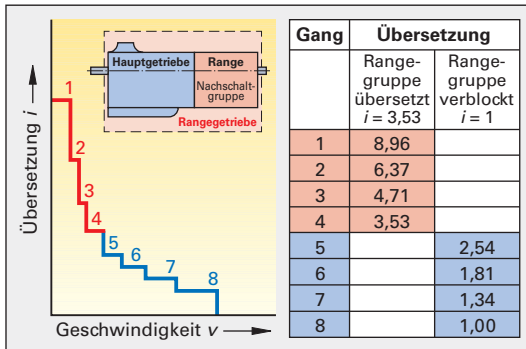


Bild 1: 8-Gang-Rangegetriebe

Schaltbetätigung. Der Wechsel zwischen den Bereichen wird mittels Schalter am Wählhebel (Einfach-H-Schaltung) oder durch einen leichten Schlag seitlich gegen den Wählhebel (Doppel-H-Schaltung, Bild 2) eingeleitet. Das Umschalten erfolgt elektropneumatisch beim folgenden Kuppeln.

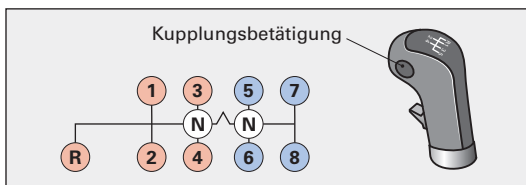


Bild 2: Doppel-H-Schaltung (Rangegetriebe)

Rückwärtsgang (R). Die Umkehr des Drehsinns erfolgt über ein Zwischenrad im Hauptgetriebe. Während bei Splitgetrieben zwei Rückwärtsgänge möglich sind, ist bei Rangegetrieben nur ein Rückwärtsgang vorhanden (Bild 3).

Crawler. Als Crawler²⁾ wird ein Kriechgang bezeichnet. Er dient zur Überwindung hoher Anfahrmomente bei hohen Lasten, großen Steigungen und ungünstigen Geländebedingungen. Rangegetriebe mit Crawler kommen bei Baustellenfahrzeugen zum Einsatz, wo hohe Lasten auch bei ungünstigen Geländebedingungen bewegt werden müssen.

Kraftfluss. Bild 3 zeigt das Getriebeschema eines für den Baustellenverkehr geeigneten Rangegetriebes. Es besteht aus einem 4-Gang-Hauptgetriebe mit Kriechgang (C) und einem nachgeschalteten Planetenradsatz als Rangegruppe. Die Kraftverläufe der neun Vorwärtsgänge und des Rückwärtsganges (R) sowie die resultierenden Übersetzungen sind unter dem Schema dargestellt.

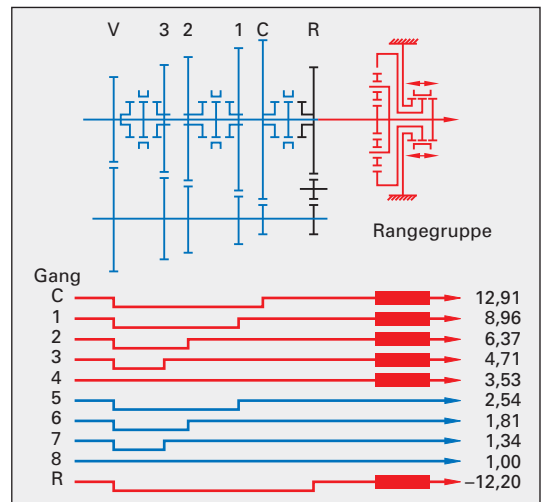


Bild 3: Rangegetriebe 4 x 2 + Crawler (C)

Nachschaftgruppe. Als Nachschatgruppe dient ein einfacher Planetenradsatz (Bild 4), der entweder durchgeschaltet wird (Schneller Bereich) oder der die Ausgangsdrehzahl des Hauptgetriebes noch einmal ins Langsame übersetzt (Langsamer Bereich). Selten werden Rangegruppen dreistufig ausgeführt (Eaton-Fuller-Getriebe). Hierdurch wird die Ganganzahl im Hauptgetriebe verdreifacht. Auch hier kommen Planetenradsätze zum Einsatz.

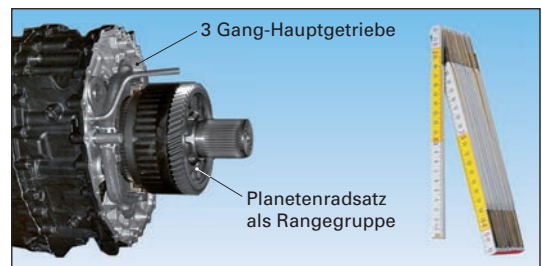


Bild 4: Planetenradsatz

1) Range (engl.): Bereich

2) crawl (engl.): kriechen

Schneller Bereich – Planetenradsatz verblockt (Bild 1). Durch das Verschieben der Schaltmuffe nach rechts wird das Hohlrad mit dem Planetenradträger verbunden. Der Planetenradsatz ist „verblockt“. Die Übersetzung beträgt $i = 1$.

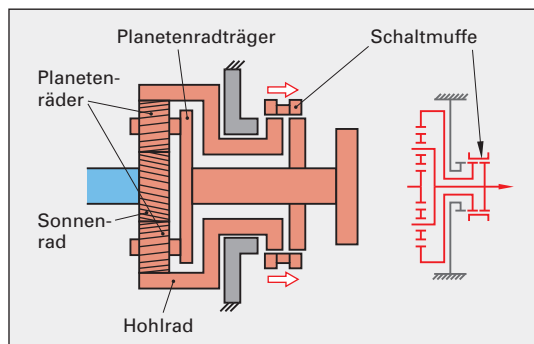


Bild 1: Rangegruppe verblockt

Langsamer Bereich – Der Planetenradsatz übersetzt ins Langsame (Bild 2). Durch Verschieben der Schaltmuffe nach links wird das Hohlrad über das Gehäuse festgehalten. Der Antrieb erfolgt über das Sonnenrad. Es treibt die Planetenräder an, die sich über das stehende Hohlrad abwälzen. Hierdurch ergibt sich die Übersetzung des Planetenradträgers ins Langsame. Die Übersetzung hängt von den Zähnezahlen von Hohlrad und Sonnenrad ab.

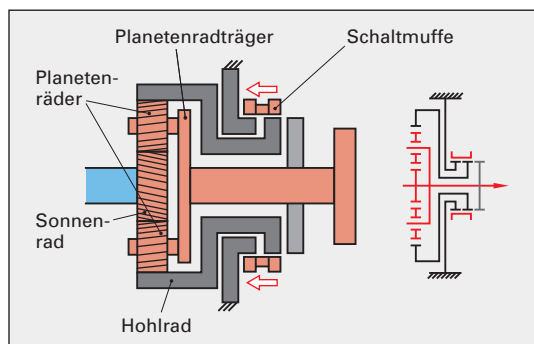


Bild 2: Rangegruppe übersetzt

Übersetzung. Die Übersetzung der oben beschriebenen Rangegruppe beträgt in diesem Beispiel:

$$i = \frac{z_{\text{Hohlrad}}}{z_{\text{Sonnenrad}}} + 1 = \frac{86}{34} + 1 = 3,53$$

Bei stehendem Planetenradträger müsste sich das Sonnenrad $86/34 = 2,53$ -mal für eine Hohlradumdrehung drehen. Da sich bei festgesetztem Hohlrad der Planetenradträger mitdreht, benötigt das Sonnenrad $2,53 + 1$ Umdrehung, bis sich der Planetenradträger vollständig gedreht hat.

Split-Range-Getriebe

Um eine für schwere Nutzfahrzeuge notwendige hohe Anzahl an Übersetzungsstufen zu gewährleisten, kann das Hauptschaltgetriebe mit einer Vorschaltgruppe (Splitgruppe) und einer Nachschaltgruppe (Rangegruppe) versehen werden.

Splitgruppe. Sie verdichtet die Gangfolge.

Rangegruppe. Sie erweitert die Gangfolge.

Beide Gruppen verdoppeln jeweils die Anzahl der Übersetzungsstufen.

Es ergeben sich für ein 4-Gang-Hauptgetriebe mit Split- und Rangegruppe $2 \times 4 \times 2 = 16$ Übersetzungsstufen.

Abstufung. Bei den 16 Übersetzungsstufen handelt es sich um 2×4 Hauptgänge und 8 Zwischengänge (Bild 3). Im Diagramm sind für ein Direktganggetriebe die Übersetzungen über der Geschwindigkeit aufgetragen. Als Schaltpunkt wurde die höchste Drehzahl bei maximalem Drehmoment gewählt.

Feine Abstufung bei geringen Geschwindigkeiten.

Sie wird für hohe Lasten, große Steigungen oder schlechte Untergründe benötigt. Es stehen für Geschwindigkeiten bis ca. 15 km/h acht Übersetzungsstufen (Gänge 1L bis 4S) zur Verfügung (Bild 3). Für Geschwindigkeiten über 75 km/h genügt hier der achte Gang in der schnellen Splitstufe.

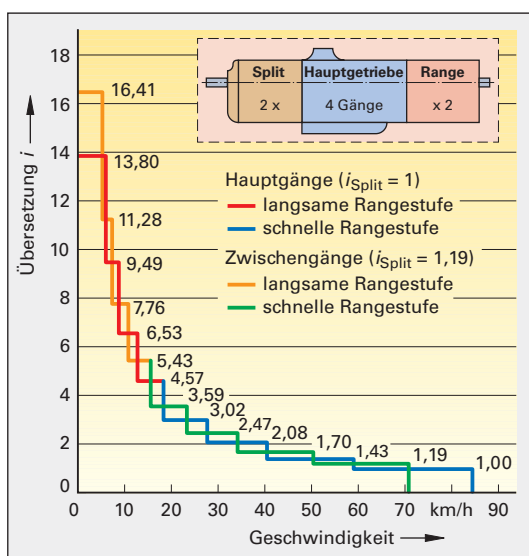


Bild 3: Übersetzung eines Split-Range-Getriebes

Kraftfluss. In Bild 1 ist ein Gruppengetriebe mit einer Splitgruppe (Stirnradpaar), einem 4-Gang-Schaltmuffengetriebe und einem nachgeschalteten Planetenradsatz als Rangegruppe dargestellt. Es ergeben sich $2 \times 4 \times 2 = 16$ Übersetzungsstufen.

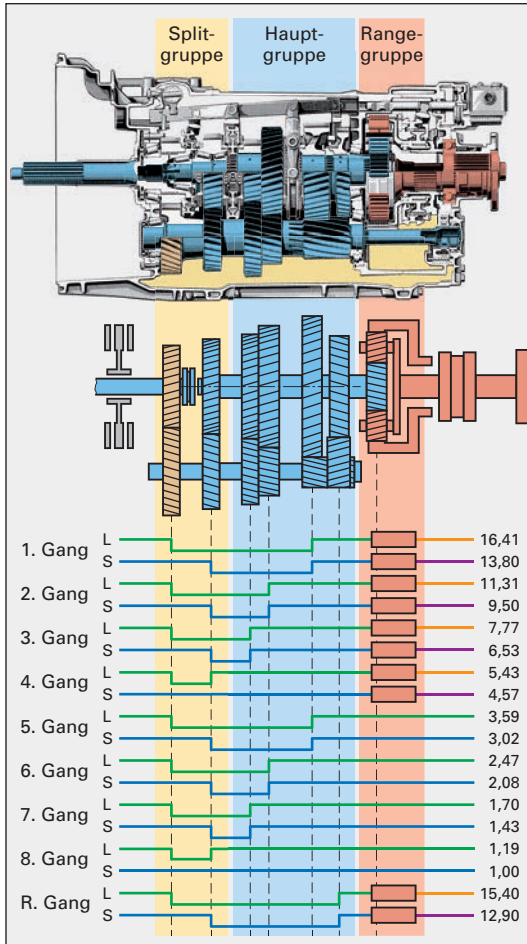


Bild 1: Kraftfluss Split-Range-Getriebe

Beschreibung des Kraftflusses (Bild 1)

Niedrige Geschwindigkeiten. Der Planetenradsatz in der Nachschaltgruppe übersetzt die Drehzahl der Getriebehauptwelle ins Langsame. Es werden die vier Gänge des Hauptgetriebes noch einmal übersetzt. Bei hohen Fahrzeuglasten oder großen Steigungen kann der Fahrer über die Vorschaltgruppe die Gänge 1 bis 4 jeweils mit zwei Übersetzungen fahren. Somit stehen acht Übersetzungsstufen im unteren Bereich zur Verfügung. Bei geringen Fahrzeuglasten kann je nach Getriebeauslegung z. B. im 2. Gang (S) ($i = 9,5$) angefahren werden.

Für den Rückwärtsgang stehen zwei Übersetzungsstufen zur Verfügung (RL und RS).

Beispiel 2. Gang langsam (Bild 1). In der Vorschaltgruppe findet die erste Übersetzung ins Langsame (z. B. $i_{\text{Split}} = 1,19$) statt. Über das Zahnradpaar für den 2. Gang wird das Drehmoment auf die Hauptwelle mit einer Übersetzung (von $i = 2,08$) übertragen. In der Nachschaltgruppe wird die Drehzahl noch einmal ins Langsame übersetzt (z. B. $i_{\text{Range}} = 4,57$). Die Getriebeübersetzung ergibt sich aus der Multiplikation der Einzelübersetzungen:

Übersetzung 2. Gang (L)

$$i_{2L} = i_{\text{Split}} \cdot i_{2\text{Gang}} \cdot i_{\text{Range}}$$

$$i_{2L} = 1,19 \cdot 2,08 \cdot 4,57 = 11,31.$$

Höhere Geschwindigkeiten. Durch Verblocken des Planetenradsatzes wird in der Nachschaltgruppe nicht übersetzt. Für die Gänge 5 bis 8 sind somit die Übersetzungen des Hauptgetriebes direkt wirksam. Diese Gänge können über die Vorschaltgruppe noch gesplittet werden, wodurch für große Antriebslasten auch bei höheren Geschwindigkeiten acht Übersetzungsstufen zur Verfügung stehen.

Beispiel Wechsel von 2(S) in 3(L). Betätigt der Fahrer ausgehend von Gang 2(S) die Splitgruppe, wählt er hiermit die langsame Splitgruppe vor. Schaltet er nun in den 3. Gang, wird bei der vollständigen Trennung der Kupplung die Splitgruppe geschaltet, während der Fahrer den 3. Gang einlegt.

Beispiel Wechsel vom 4. in den 5. Gang (Bild 2). Bei der Doppel-H-Schaltung muss die Federrasterung beim Schalthebel durch einen leichten Schlag nach rechts gegen den Schalthebel überwunden werden. Hierdurch wird der Bereichswechsel eingeleitet und der 5. Gang (1. Gang im Hauptgetriebe) kann eingelegt werden.

Bei der Einfach-H-Schaltung wird entsprechend, wie beim Rangegetriebe beschrieben, über einen Schalter die schnelle Rangestufe vorgewählt.

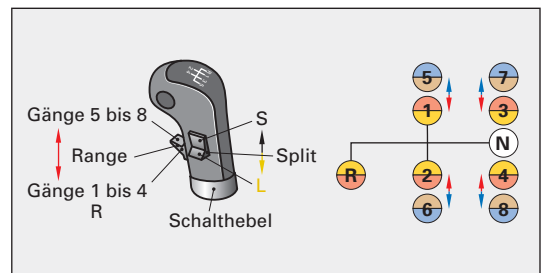


Bild 2: Einfach-H-Schaltung Split-Range-Getriebe

Gassensperre. Um Fehlschaltungen vom 4. in den 1. Gang zu verhindern, wird die Gasse erst freigegeben, wenn die Rangegruppe umgeschaltet ist.

9.5 Elektrische Anlage bei Nkw für Gefahrgut

Für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße sind besondere Konstruktionsmerkmale der Fahrzeuge in der **ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route, Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)** vorgeschrieben. Eine technische Prüfstelle (z.B. TÜV) stellt nach einer Prüfung eine Zulassungsbescheinigung (**Bild 1**) für die Beförderung bestimmter gefährlicher Güter aus. Die Verlängerung der Zulassungsbescheinigung erfolgt jährlich.

TÜV Hessen TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH			
Automotive Werner von Siemens Straße 35, 64219 Pfungstadt Telefon (0 61 81) 9870-0 Telefax (0 61 81) 9870-102 e-Mail: auto@tuev-hessen.de			
Im Auftrag der TÜV Staatliche Technische Überwachung Hessen; Technische Prüfstelle für den Kraftfahrzeugverkehr;			
ZULASSUNGSBESCHEINIGUNG FÜR FAHRZEUGE ZUR BEFÖRDERUNG BESTIMMTER GEFÄHRLICHER GÜTER			
Mit dieser Bescheinigung wird bestätigt, dass das nachstehend bezeichnete Fahrzeug die Anforderungen des Europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) erfüllt			
1. Bescheinigung Nr.: G390311304	2. Fahrzeughersteller: Volvo (S)	3. Fahrzeug-Ident.-Nr.: YV2RTY0A8DB657536	4. spez. Kennzeichen: N 1-2 422
5. Name und Betriebsort des Beförderers, Betreibers (Halters) oder Eigentümers: Pranz Fischer Spedition GmbH, Nienburger Bruchweg 11, 31562 Nienburg			
6. Beschreibung des Fahrzeuges: ¹⁾ Sattelzugmaschine H3			
7. Fahrzeugbezeichnungen) gemäß 9.1.1.2 des ADR: EX/II, OX, III, PE, OX, AT, MEMU			
8. Durchschweißanlage:			

Bild 1: ADR-Zulassungsbescheinigung

Das **ADR** teilt Gefahrgutfahrzeuge je nach Verwendungszweck in Fahrzeugtypen oder Beförderungseinheiten ein. Je nach zu transportierenden Gefahrgütern müssen unterschiedliche technische Anforderungen erfüllt sein.

Das **ADR** unterscheidet hinsichtlich der technischen Anforderungen zwischen Fahrzeugen **EX/II, EX/III, FL, OX** und **AT**.

ADR-Fahrzeug nach Klasse EX/II oder EX/III. Dieses Fahrzeug ist für die Beförderung von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoff (Gefahrklasse 1) geeignet.

Unter die Gefahrklasse 1 fallen Explosivstoffe, wie...

- Zünder, Patronen, Schwarzpulver
- Brandbomben, Signalkörper
- Signalpatronen, Übungsgranaten
- Manöverpatronen, Sprengschnüre, Feuerwerk

ADR-Fahrzeug nach Klasse FL. Es kann flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt von höchstens 60 °C oder entzündliche Gase in fest verbundenen Behältern transportieren. **FL** ist die höchste ADR-Klassifizierung und erfüllt damit alle Anforderungen der Klassen **EX/II, EX/III, OX** und **AT**.

ADR-Fahrzeug nach Klasse OX. Es kann Wasserstoffperoxid in fest verbundenen Tanks befördert werden.

ADR-Fahrzeug nach Klasse AT. Es ist ein Fahrzeug, das gefährliche Güter befördern darf, die nicht zu den vorgenannten Gefahrstoffen oder Gegenständen gehören.

Vorgeschriebene elektrische Ausrüstung. Bei einem Fahrzeug mit der Zulassung **FL** sind für die folgenden Bauteile und Baugruppen besondere technische Vorschriften zu beachten:

- Leitungen
- Batterien und Batterie Hauptschalter
- Leitungen mit ständiger Spannungsführung
- elektrische Ausrüstung hinter dem Fahrerhaus
- Betrieb von Zusatzheizungen

Elektrische Leitungen. Es dürfen nur Leitungen mit ADR-Freigabe (**Bild 2**) verwendet werden. Um eine Überhitzung zu vermeiden, müssen die Leitungen ausreichend dimensioniert sein. Sie müssen zudem sicher befestigt sein und so verlegt werden, dass sie vor mechanischen und thermischen Belastungen geschützt sind.



Bild 2: Leitung mit ADR-Freigabe

Leitungsverbindungen (z.B. zum Heckleuchtengehäuse) müssen dem Schutzgrad **IP 65 (Bild 3)** entsprechen. IP 65 bedeutet:

IP: International Protect

- 6:** staubdichter Drahtschutz und kein Staubeintritt
- 5:** Schutz gegen Strahlwasser (Düse) unter jedem Strahlwinkel

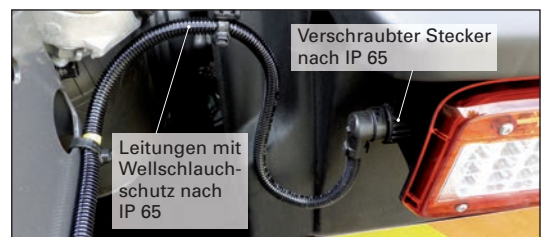


Bild 3: Leitung und Stecker nach IP 65

Fast alle Stromkreise müssen durch Sicherungen oder Sicherungsautomaten abgesichert werden, außer von der Batterie...

- zum Starter oder Notschalter,
- zum Drehstromgenerator und Elektoretarder,
- vom Drehstromgenerator zum Sicherungs- und Stromunterbrecherrelais,
- zur elektrischen Hebevorrichtung einer Liftachse.

Batterie Hauptschalter (NOT-AUS-Schalter) (Bild 1).

Um alle Stromkreise unterbrechen oder schließen zu können, muss sich ein Batterie Hauptschalter gut erreichbar im Fahrerhaus befinden. Ein weiterer Schalter befindet sich außen am Führerhaus. Ist dieser verdeckt, so muss auf den Anbringungsort hingewiesen werden. Bei einpoliger Ausführung des Schalters wird dieser in der Plusleitung montiert. Er kann gegen unbeabsichtigte Betätigung durch eine Zweifachbetätigung oder durch eine Schutzklappe geschützt werden. Der Schalter muss ein Gehäuse nach dem Schutzgrad IP 65 vorweisen. Die elektrischen Anschlüsse am Schalter müssen IP 54 (staubgeschützt, Schutz gegen Staubablagung und Spritzwasserschutz) genügen.



Bild 1: Not-Aus-Schalter im Fahrerhaus

Batterien. Beide Batterieklemmen müssen elektrisch isoliert oder durch einen isolierenden Deckel des Batteriekastens geschützt werden. Direkt im Batteriekasten oder in der Nähe kann ein weiterer Batterietrennschalter eingebaut sein.

Ständig spannungsführende Stromkreise. Alle Teile der elektrischen Anlage (z.B. Tachograf im Fahrerhaus), die trotz betätigten Batterie Hauptschalters unter Spannung stehen, müssen für die Verwendung in der Gefahrenzone 2 geeignet sein. Die Eignung der Geräte, Leitungen, Schalter oder Gehäuse sind an dem Zeichen Ex zu erkennen. Laut Definition der Internationalen Elektrotechnik-Kommission IEC 60079 versteht man unter Gefahrenzone 2 (Bild 2) den Bereich, in dem nicht damit zu rechnen ist, dass sich bei normalem Betrieb ein

explosionsfähiges Gemisch bilden kann. Wenn es dennoch geschieht, dann nur selten und auch nur kurzzeitig (ca. 2 h pro Jahr). Die Leitungen müssen durch eine Schmelzsicherung oder durch einen Sicherungsautomaten abgesichert sein. Dies gilt auch für alle Leitungen, die den Batterie Hauptschalter umgehen.

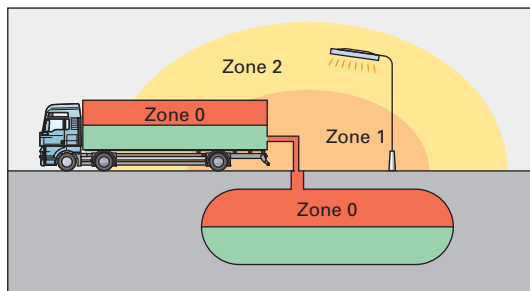


Bild 2: Explosionsgefährdete Zonen (IEC 60079)

Elektrische Anlage hinter dem Fahrerhaus. Sie muss so beschaffen sein, dass es bei normalen Betriebsbedingungen zu keinem Kurzschluss oder einer Funkenbildung kommen kann. Deshalb müssen die Leitungen gegen Aufprall, Abrieb und Scheuern während der normalen Betriebsbedingungen geschützt sein. Die Leitungen müssen zusätzlich durch Wellschlauch aus Polyamid oder mit einer zweiten Ummantelung aus Polyurethan versehen sein. Alle elektrischen Anschlüsse zwischen Zugfahrzeug und Anhänger müssen den Anforderungen laut IP 54 entsprechen und so konstruiert sein, dass ein unbeabsichtigtes Trennen nicht möglich ist (Bild 3).



Bild 3: ADR-Leitungskupplung nach IP 54

Glühlampen mit Gewindesockel sind als Leuchtmittel nicht erlaubt.

Ist in dem Nutzfahrzeug eine Standheizung eingebaut, schaltet sie sich automatisch bei Motorstart oder bei Tankfahrzeugen bei Förderpumpenstart aus. Eine Zeitschaltuhrfunktion ist nicht vorhanden. Die Standheizung lässt sich nur manuell bedienen.

12.4 Ladekrane

Die Ladekrane sind Fahrzeugkrane und dienen dem Be- und Entladen der Ladeflächen des Trägerfahrzeugs. Sie werden zwischen Fahrerhaus und Aufbau (Bild 1) oder hinter dem Fahrzeugaufbau (Heckladekran) über einen speziellen Hilfsrahmen auf dem Fahrzeuggestell montiert.



Bild 1: Frontladekran

Ladekrane werden in der Regel über Nebenantriebe eines Fahrzeuggetriebes angetrieben. Dabei treibt der Motor über ein Getriebe den Nebenantrieb an, an dem die Hydraulikpumpe angeflanscht oder mit einer Kardanwelle verbunden wird.

Je nach Ausrüstung des Lastaufnahmemittels (Haken, Gabel, Greifer, Zange) sind sie in der Lage, verschiedenste Güter aufzunehmen. Dabei ist die Tragfähigkeit der Krane von der Ausladung abhängig.

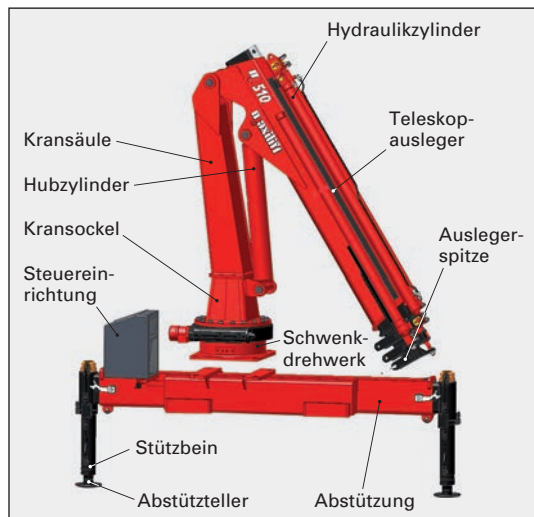


Bild 2: Ladekran mit Teleskopausleger

Nach der Bauart des Auslegersystems unterscheidet man:

- Lkw-Ladekrane mit Teleskopausleger
- Lkw-Ladekrane mit Knickausleger.

Ladekran mit Teleskopausleger (Bild 2). Dieser Kran bewegt mittels eines Hubzylinders den Ausleger in der Höhe. Durch den Hydraulikzylinder kann der Abstand der Auslegerspitze zum Säulenmittelpunkt verändert werden. Das Schwenkdrehwerk bringt den Kran in Arbeitsposition. Die Teleskopausleger können entweder gleichzeitig oder nacheinander aus- und eingeschoben werden.

Der Teleskopkran ist meist mit einer Seilwinde ausgestattet, um Gegenstände auf die Ladefläche zu heben.

Ladekran mit Knickausleger. Er besteht aus dem Kransockel, auf dem sich die Kransäule befindet, die mit dem ersten Ausleger direkt (Bild 3) oder über ein Kniehebelsystem verbunden ist. Ein weiteres Kniehebelsystem verbindet die beiden Ausleger gelenkig miteinander.

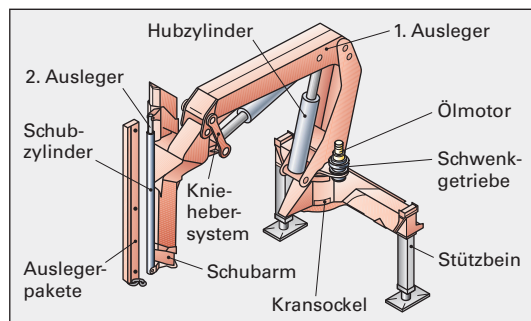


Bild 3: Ladekran mit Knickausleger

Ein Kran wird mit bis zu neun hydraulischen Auslegern ausgerüstet. Die Reichweite kann durch eine Verlängerung manuell noch weiter erhöht werden.

Bei einigen Modellen ist an den Auslegerpaketen ein weiterer Ausleger angebracht, diesen nennt man Jib. Ebenso kann durch ein Zusatzknicksystem (Fly-Jib) der Arbeitsbereich der Krane erhöht werden.

Zusatzknickarm (Fly-Jip). Es ist eine abnehmbare hydraulische Verlängerung am Ende des Schubsystems des Krans, die durch eine hydraulische Knickfunktion abgewinkelt werden kann. Ein Fly-Jip kann auch unter Last bewegt werden.

Knickarmkrane können mit Zusatzgeräten wie Greifer, Zangen und Winden ausgerüstet werden.

Vorteile des Knickauslegers gegenüber dem Teleskopausleger:

- Große Flexibilität und Kompaktheit
- Wenig Ladeplatz (eingeklappt) bei Fahrstellung.

12.4.1 Krangeometrie und -bezeichnungen

Hubmoment. Es wird von den Kranherstellern häufig zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit des Ladekrans angegeben und setzt sich aus Eigenmoment und Lastmoment zusammen.

Eigenmoment. Darunter versteht man das Moment, das durch das Eigengewicht des Armsystems auf den Hubzylinder ausgeübt wird.

Lastmoment. Es ergibt sich aus der am Haken hängenden Last multipliziert mit dem waagrechten Abstand, der auf den Hubzylinder wirkt.

Hubmoment in Abhängigkeit von der Stellung des Auslegers. Ist die Kraft am Hubzylinder bekannt, so kann über die Krangeometrie auf das Hubmoment geschlossen werden. Da die Hubkraft immer konstant ist, ändert sich das Hubmoment nur in Abhängigkeit des Abstandes „s“.

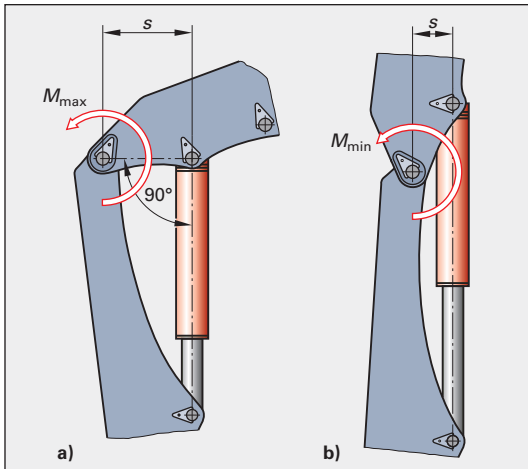


Bild 1a: max. Hubmoment

Bild 1b: min. Hubmoment

Das Hubmoment ist am größten (**Bild 1a**), wenn der Hubzylinder mit den beiden Auslegern einen rechten Winkel bildet.

Das Hubmoment ist am kleinsten, wenn der Ausleger voll angehoben wird (**Bild 1b**).

Nennmoment. Es wird von den Kranherstellern oft zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit des Ladekrans angegeben. Dabei muss der Kran in folgender Stellung stehen:

1. Ausleger in günstiger Stellung (Winkel ist am Typenschild angegeben), 2. Ausleger horizontal und Schubarme sind eingefahren.

Das Lastmoment in Abhängigkeit von Reichweite und Ausschubzahl (Bild 2). Das Lastmoment verringert sich beim Ausfahren der Schubarme durch das Gewicht der Ausschubarme, weil das Eigenmoment durch die Anzahl der Schubarme größer wird.

Es ist aus den Beispielen ersichtlich, dass die Angabe der Hubkraft alleine durch die Kranbezeichnung nicht möglich ist, da zu viele Faktoren (Anzahl und Stellung der Ausleger etc. ...) Einfluss haben.

Um die Tragkraft des Krans in Abhängigkeit von Auslegerstellung und Reichweite darstellen zu können, werden Tragkraftkurven verwendet (siehe S. 321).

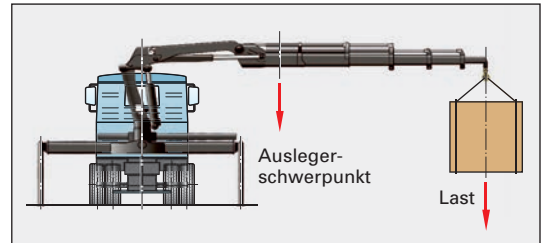


Bild 2: Lastmoment

Kniehebelsystem (Bild 3). Der Hubzylinder ist mittels Kniehebel mit den Auslegern verbunden. Dabei werden die Zylinder nicht direkt an den Auslegern befestigt, sondern die Zylinderkraft wird über das jeweilige Kniehebelsystem auf die Ausleger geleitet.

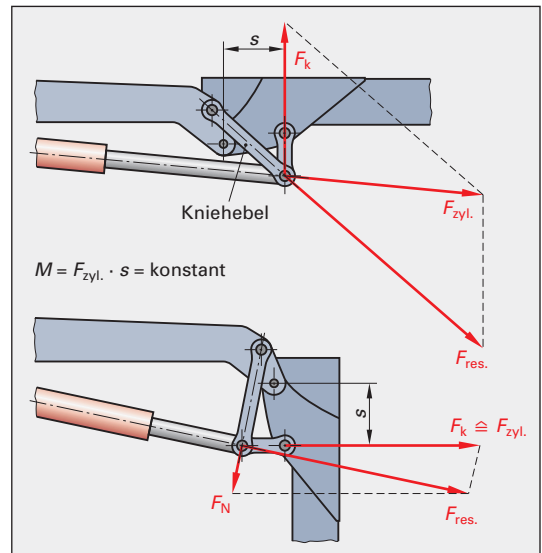


Bild 3: Kniehebelprinzip

Durch die Anordnung der beiden Kniehebel bleibt der Abstand „s“ während des gesamten Arbeitsbereiches der Knickausleger annähernd konstant. Infolgedessen bleibt auch das Hubmoment konstant.

Vorteile des Kniehebelsystems:

- Hubmoment konstant
- Bewegungsgeschwindigkeit konstant
- Bewegungsradius kann über 180° sein.

12.4.2 Hydraulisches Schema eines Ladekranes

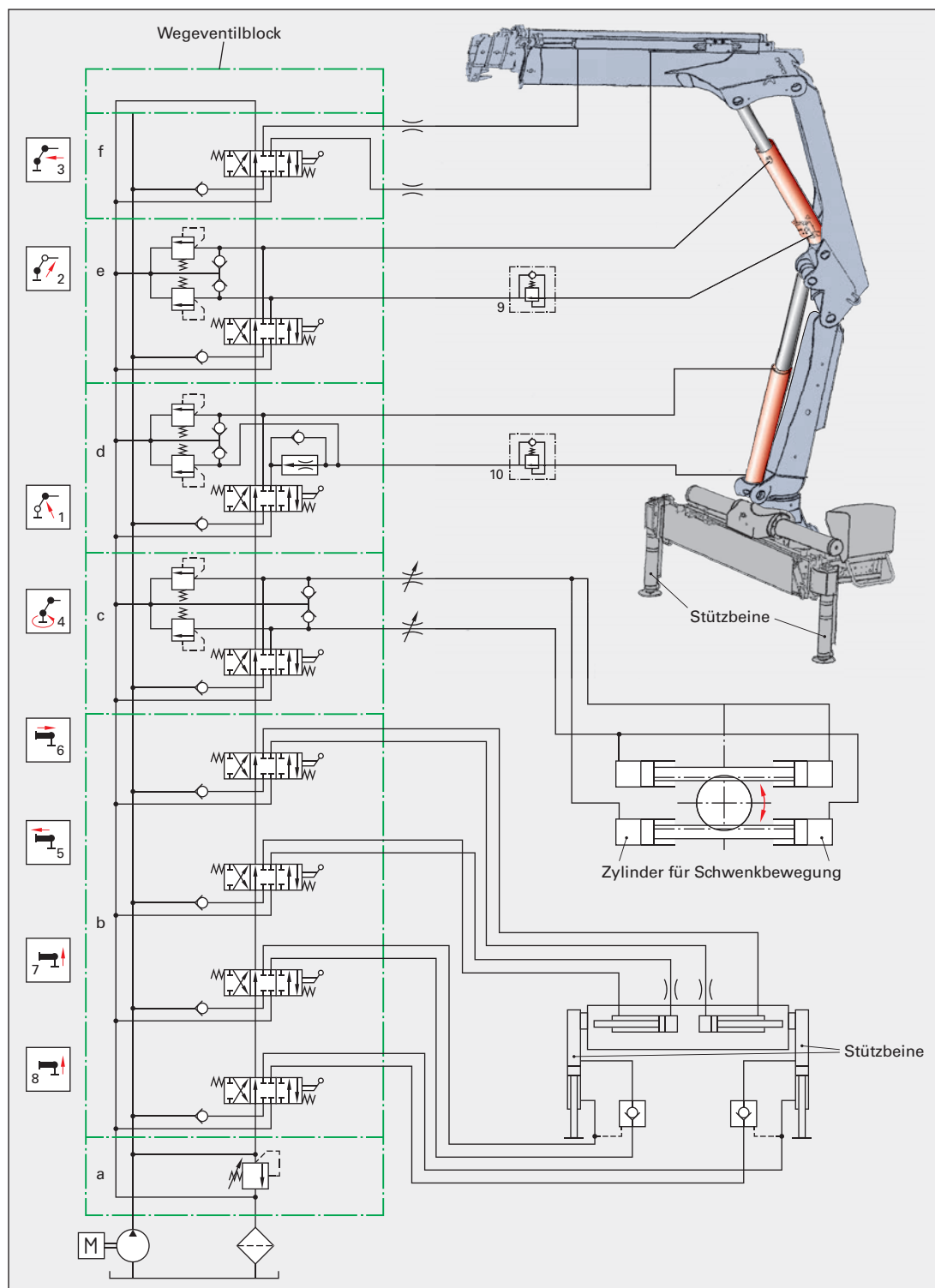


Bild 1: Schaltplan Ladekran

Arbeitsweise des Ladekrans (Bild 1)

Die Aufgaben der Zylinder werden in acht verschiedene Funktionen aufgeteilt:



Der Hubzylinder dient zum Heben und Senken des ersten Auslegers.



Der Hubzylinder ermöglicht das Abknicken des zweiten Auslegers und damit das genaue Positionieren der Last.



Der Ausfahrzylinder betätigt den ausfahrbaren Teil der Auslegerspitze.



Ein oder mehrere Zylinder sorgen für die Schwenkbewegung des gesamten Krans.



Die beiden Zylinder dienen zum Ausfahren der Stützbeine auf die vorgesehene Abstützbreite. Dadurch wird das Standmoment des Trägerfahrzeugs erhöht.



Die beiden Abstützbeine werden durch die beiden Zylinder bis auf den Untergrund ausgefahren. Die Abstützung muss vor Beginn der Kranarbeit ausgeführt werden.



Die vom Motor des Fahrzeugs angetriebene Pumpe fördert die Hydraulikflüssigkeit über den Steuerblock und den Filter zurück in den Behälter.

Block a. Er enthält das Druckbegrenzungsventil, das den maximalen Anlagedruck bestimmt.

Block b. Er dient der standsicheren Aufstellung des Ladekrans und beide werden über das 6/3-Wegeventil betätigt. Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen an den Rahmen des Trägerfahrzeugs und an den Rahmen für den Ladekran kann es notwendig sein, die Stützbeine während der Kranarbeit nach zu regulieren.

Die beiden entsperrbaren Rückschlagventile dienen der Absicherung der Stützen. Sie sperren den Ölfluss in eine Richtung und halten ihn in die andere Richtung geöffnet. Mithilfe eines Aufsteuerdruckes lässt sich die gesperrte Richtung öffnen.

Block c. Das 6/3-Wegeventil betätigt die beiden Hydraulikzylinder für die Dreh- bzw. Schwenkbewegung der Kransäule. Die beiden Druckbegren-

zungsventile und die beiden Rückschlagventile schützen die Zylinder vor Überlastung und Kavitation, wenn das Ventil beim Schwenken des Krans plötzlich in Mittelstellung gesetzt wird.

Werden die Zylinder auf Anschlag gefahren, d. h. in Endstellung, so können die Überdruckventile nicht mehr ansprechen. Dadurch werden die beim Schwenken möglichen Schwingkräfte nicht abgebaut. Deshalb ist es erforderlich, die Endstellungen der Zylinder feinfühlig anzufahren.

Block d und e. Die Blöcke sind identisch. Da die Wegeventile parallel an die Pumpe angeschlossen sind, läuft bei gleichzeitiger Betätigung mehrerer Ventile die Hydraulikflüssigkeit zu dem Zylinder, der den geringsten Druck erfordert. Um zu verhindern, dass in diesem Fall die Hydraulikflüssigkeit vom am schwersten belasteten Zylinder zum am wenigsten belasteten zurückläuft, ist in der Zufuhrleitung jedes Ventils ein Rückschlagventil vorgesehen.

Werden Ventile überschneidend betätigt, arbeiten sie als Drossel. Geschwindigkeit und Position des Zylinders lassen sich so sehr genau steuern.

Block f. In diesem Block werden die Ausfahrzylinder betätigt, wobei die Ein- und Ausfahrgeschwindigkeit von den beiden nicht einstellbaren Drosseln bestimmt werden.

Die Ventile 9 und 10 dienen als Halteüberdruckventile (Lasthalteventil). Sie sind in allen EU-Ländern vorgeschrieben.

Mit den Lasthalteventilen wird ein Absinken der Ausleger, bedingt durch die natürliche Leckage im Steuerschieber, verhindert. Sie dienen auch als Überlastsicherung. Steigt das Lasthaltemoment, so erhöht sich der Druck im Zylinder proportional.

WERKSTATTHINWEISE

Wartung

Im Regelfall soll Hydrauliköl nach 1000 Betriebsstunden gewechselt werden, ca. einmal jährlich zusammen mit dem Filterwechsel.

Besonders negativ auf die Lebensdauer wirkt sich die hohe Öltemperatur aus. Im Normalfall soll ein Kran zwischen 30°C und 60°C Öltemperatur betrieben werden.

Bei höherer Temperatur im System ist der Einbau eines Ölkühlers oder die Reduzierung des Volumenstroms notwendig.

14.3 Sicherheitsprüfung (SP)

Die Sicherheitsprüfung (SP) beinhaltet eine umfassende Untersuchung der sicherheitsrelevanten und besonders verschleißanfälligen Baugruppen an Nutzfahrzeugen.

Die Sicherheitsprüfung wird abhängig von der Fahrzeugklasse zwischen den jeweils fälligen Hauptuntersuchungen durchgeführt. Die SP erstreckt sich auf vier Prüfbereiche (**Bild 1**).

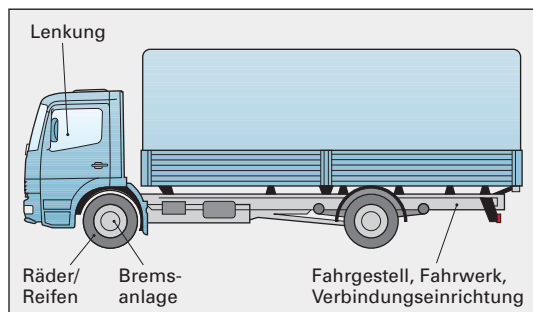


Bild 1: Prüfbereiche der SP

14.3.1 Prüfumfang der SP

Das Prüfprotokoll der Sicherheitsprüfung schreibt die Überprüfung der folgenden Fahrzeugkomponenten und -systeme vor.

- **Rahmen, tragende Teile**
- **Unterfahrschutz/seitliche Schutzvorrichtung**
- **Vorderachse.** Achskörper, Aufhängung, Federung/Stabilisator, Schwingungsdämpfer, Radlager
- **Hinterachse.** Achskörper, Aufhängung, Federung/Stabilisator, Schwingungsdämpfer, Radlager
- **Motor/Antrieb/Kupplung/Schaltung** (Ölverlust und eingeschränkte Funktion)
- **Anhängerkupplung/Sattelpkupplung**
- **Zugvorrichtung**
- **Aufbau**
- **Lenkung:** Lenkgetriebe, Lenkgelenke/Lenkscheiben, Schubstangen/Spurstangen, Drehkranz, Lenkhebel, Lenkgestänge/Lenkseile, Lenkhilfe/Zusatzenkung, Lenkungsdämpfer
- **Bereifung, Räder**
- **Bremsanlage:** Betätigung Betriebsbremsanlage und Feststellbremsanlage, Bremsseile, Bremsgestänge/Gelenke, Bremswellen, Bremsleitungen, Bremsschläuche, Bremszylinder, Bremsstrommeln und -scheiben, Bremsbeläge, Bremsnocken, Kupplungsköpfe, ALB-Schild, Brems-

geräte/-ventile, Druckluftbehälter, Prüfanschlüsse, Automatischer Blockierverhinderer

- **Bremsanlage Funktionsprüfung:** Füllzeit Kompressor, Warn- und Kontrolleinrichtungen, Energiespeicherung, Entwässerung, Drucksicherung, Abreißsicherung, Bremskraftregelung ALB, Freigängigkeit Radbremse, Dichtigkeit, Funktion Löseventil am Anhänger
- **Bremsanlage Wirkungsprüfung:** Bremsdruck, Ausreichende Bremskräfte, Gleichmäßigkeit der Wirkung, Hilfsbremsanlage

Vor Beginn der Sicherheitsprüfung ist eine Probefahrt durchzuführen. Dabei muss eine Mindestgeschwindigkeit von 8 km/h erreicht werden.

14.3.2 SP-pflichtige Fahrzeuge

Der SP-Pflicht unterliegen neben Fahrzeugen zur Güterbeförderung auch Kraftomnibusse und Anhänger (**Tabelle 1**).

Tabelle 1: SP-pflichtige Fahrzeuge

Kraftfahrzeuge, die zur Güterbeförderung (Lkw) bestimmt sind, selbst fahrende Arbeitsmaschinen, Stapler und Zugmaschinen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von zGG > 7,5 t (Fahrzeugklassen N₂ und N₃)
Kraftomnibusse (KOM) und andere Kraftfahrzeuge mit mehr als 8 Fahrgastplätzen (Fahrzeugklassen M₂ und M₃)
Anhänger, einschließlich angehängte Arbeitsmaschinen und Wohnanhänger mit einem zulässigen Gesamtgewicht von zGG > 10 t (Fahrzeugklasse O₄)

14.3.3 Prüfberechtigung

Sicherheitsprüfungen dürfen von Sachverständigen amtlich anerkannter Überwachungsorganisationen und Technischer Prüfstellen, aber auch von dafür anerkannten Werkstätten (neue Anerkennung erforderlich), durchgeführt werden. Die Prüfung darf an Prüfstellen und Prüfstützpunkten von Überwachungsorganisationen, in anerkannten Werkstätten und auf Prüfplätzen (nur Fahrzeuge des Fuhrparks) durchgeführt werden, wenn die Ausstattung (z.B. Bremsenprüfstand), die baulichen Gegebenheiten sowie der Schulungsstand der Mitarbeiter den Mindestanforderungen der Verordnung genügen.

naten insgesamt drei Sicherheitsprüfungen durchgeführt werden.

Die SP ist in dem Monat durchzuführen, der auf der Prüfplakette angegeben ist. Eine Fristverlängerung um vier Wochen ist möglich, wenn das Fahrzeug rechtzeitig zur SP angemeldet wurde.

14.3.4 Prüffristen

Die Fristen der Sicherheitsprüfung sind mit den Fristen der Hauptuntersuchung abgestimmt (**Tabelle 1**). Die erste SP wird – je nach Fahrzeugart – ab dem 1., 2. oder 3. Jahr durchgeführt. Bei Kraftfahrzeugen für die Güterbeförderung und Anhängern liegt eine SP zwischen zwei HU-Terminen. Bei Kraftomnibussen müssen nach der dritten HU zwischen zwei HU-Terminen im Abstand von drei Mo-

Kennzeichnung. Ist das Fahrzeug ohne Mängel, wird eine Prüfplakette zugeteilt. Die Plakette besteht aus SP-Schild und Prüfmarke (**Bild 1**).

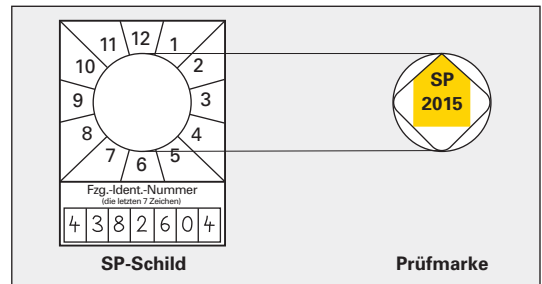


Bild 1: Prüfplakette SP

Tabelle 1: SP-Fristen untersuchungspflichtiger Fahrzeuge

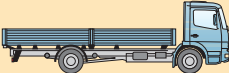
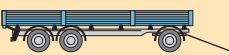
Fahrzeugart		Fahrzeugalter/Prüffristen							
		EZ	1	2	3	4	5	6	7 Jahre
	zul. GM > 7,5 t ≤ 12 t		HU	HU	HU	HU	HU	HU	HU
					SP	SP	SP	SP	
	zul. GM > 12 t		HU	HU	HU	HU	HU	HU	HU
				SP	SP	SP	SP	SP	
			HU	HU	HU	HU	HU	HU	HU
				SP	SP	SP	SP	SP	

Bild 2: Übertragung der Fahrzeugdaten in das Prüfprotokoll

Prüfprotokoll Sicherheitsprüfung		Name, Anschrift und Prüfort oder Kontroll-Nr. der prüfenden Stelle SP - NW - 2 - 00 - 123		Kennnummer d. aaSoP/PI _____	
Feld für zusätzliche Eintragungen _____		Amtliches Kennzeichen H 5 K H 0 6 0		Erstzulassung 0 7 0 4	
Feld für zusätzliche Eintragungen _____		Fahrzeug-Identifizierungsnummer V 0 F Z V 3 1 0 0 0 X L 4 0 4 9 7		Lrtzte HU 0 3 1 2	
Feld für zusätzliche Eintragungen _____		Fahrzeug-Hersteller VOLVO		Fahrzeug-Typ/Variante/Version EM/FH MPA4	
Prüfdatum 2 8 0 9 1 2 1 3 2 0		Uhrzeit 8 2 1 0 2 3		km-Stand 8 2 1 0 2 3	
FESTGESTELLTE MÄNGEL Fahrge-/-werk/Aufbau/Verbindungen 100 Vorgaben nicht eingehalten Rahmen, Hilfsrahmen, tragende Teile 101 gebrochen		147 Luftfederung falsch eingestellt HA-Schwingungsdämpfer 148 undicht 149 Befestigung lose/ausgeschlagen HA-Radlager		301 Lenkanschlag fehlt 302 Lenkanschlag ohne Wirkung 303 schwergängig 304 Rastpunkte, klemmt 305 ohne Rückstellung	
117 verformt 118 übermäßiges Spiel 119 ungenügende Befestigung 120 Achsschenkel schwergängig, hat Höhenspi 121 Mangelhaftes Trag-/Führungsgelenke Beschädigt VA-Federung/Stabilisator X gebrochen 123 schadhaf 124 übermäßiger Verschleiß X Befestigung lose/ausgeschlagen 126 Luftfederung schadhaf 127 Luftfederung falsch eingestellt VA-Schwingungsdämpfer 128 undicht 129 Befestigung lose/ausgeschlagen VA-Radlager 130 übermäßiges Spiel		164 Befestigung lose/ausgeschlagen 165 verbogen 166 angerissen 167 unzul./unsachg. Reparaturschweißungen 168 schadhafte Sicherung 169 zulässige Toleranzen überschritten 170 Höheneinstelleinrichtung fehlt/schadhaf 171 vorhandene Stützeinrichtung schadhaf 172 vorgeschriebene Stützeinrichtung fehlt Aufbau 173 Radabdeckung fehlt, lose, stark beschädigt 174 Auf-/Anbauteile, Befest. unzureichend, lose 175 Reserveradbefestigung lose 176 Reserveradbefest., Sicherung fehlt/defekt 177 Boden, Wände/Rungen, Plangestell stark beschädigt 178 Ladungssicherungspunkte, Funktion und/oder Verkehrssicherheit beeinträchtigt		503 Pedaloberfläche nicht rutschsicher Betätigungseinrichtung - FBA 504 Hebelweg zu groß 505 Feststelleinrichtung nicht funktionssicher 506 Lagerung ausgeschlagen	
144 übermäßiger Verschleiß 145 Befestigung lose/ausgeschlagen 146 Luftfederung schadhaf		Funktion und/oder Zustand beeinträchtigt Lenkung 300 Vorgaben nicht eingehalten		Betätigungseinrichtung - BBA 501 Lagerung ausgeschlagen 502 Lagerung schwergängig	
1 Sicherheitssprüfung 2 Nachprüfung zu SP d. aaSoP/PI, Bericht-Nr.: 3 Nachprüfung zu SP d. aner. Werkst., Kontr.-Nr.: _____ vom _____		Folgende Mängel wurden festgestellt (Code-Nr.): 1 2 2 1 2 5		548 nicht lesbar 549 Einstelldaten unvollständig oder fehlerhaft	
Mängel 1 ohne festgestellte Mängel 2 es wurden Mängel festgestellt 3 unmittelbare Verkehrsfahrfähigung		Bezüge-/ Bremswerte		585 Bremse einseitig ohne Wirkung 1 Prüfung erfolgt ohne Kippen des Fahrerhauses 2 innere Untersuchung der Radbremse	
die o. g. Mängel wurden 1 behoben 2 nicht behoben		Achse 1 8,5 1530 Achse 2 8,5 1430 Achse 3 8,5 1280 Achse 4 Achse 5 Achse 6		mittlere Vollver- zögerung [m/s²] Abbremsung [%]	
Ergebnis 1 Prüfmarke zugeteilt 2 Prüfmarke nicht zugeteilt, Nachprüfung erforderlich 3 Prüfplakette und Prüfmarke entfernt (nur aaSoP/PI) 4 Prüfmarke entfernt (nur anerkannte Werkstatt)		Innere Untersuchung der Radbremse vorgeschrieben/notwendig: ☐ durchgeführt: ☐ (wenn erforderlich, nütze ankreuzen)		Angaben nach Nr. 3.5 Anlage VIII StVZO: Angewendete Software: _____ Aktualisierungsstand: _____	
Ablauf der Frist für die nächste Sicherheitsprüfung 0 9 1 2		Unterschrift des für die Prüfung Verantwortlichen / Stempel der anerkannten Werkstatt oder Prüfstempel des aaSoP oder Prüfingenieurs Oel			
Sonstige Mängel nach Nr. 2.8 der SP-RL: _____		Gebühren / Entgelte nach Nr. 3.2.5.1.13 Anlage VIII StVZO: _____			

Bild 1: Dokumentation anhand des Prüfprotokolls

Alle SP-pflichtigen Fahrzeuge müssen ein Prüfbuch führen, in dem alle technischen Überwachungen wie AU, HU und SP dokumentiert sind. Zusätzlich sind alle Prüfprotokolle der AU, HU und SP aufzubewahren.

Die Dokumentation dient u. a. der statistischen Erfassung der Mängel an Nutzfahrzeugen. Jeder Betrieb und jede Technische Prüfstelle/Überwachende Organisation (TP/ÜO) hat eine betriebliche Jahresstatistik zu erstellen. Im Rahmen der Qualitätssicherung wird über die Verbandsorganisationen eine bundesweite Mängelstatistik erstellt.

Weiterhin ist ein Handbuch für die Qualitätssicherung zu führen (QS-Handbuch). Das QS-Handbuch enthält die folgenden Unterlagen:

- **SP-Prüfnachweisblatt.** Das Nachweisblatt enthält Angaben über die geprüften Fahrzeuge (Amtliches Kennzeichen, Fahrzeugidentifizierungsnummer), die festgestellten Mängel bzw. Ergebnisse der Untersuchung.
- **SP-Schulungsplan.** Er enthält Angaben über die Schulung der SP-Beauftragten (SPB), der verantwortlichen Personen (VP) und Fachkräfte (FK) des jeweiligen Betriebes.

- **Bestandsnachweis.** Der Bestand an Prüfmarken bzw. die Anzahl der erstellten Prüfprotokolle wird dokumentiert.
- **Prüfmittelliste/Prüfplan.** Die Prüffristen sowie die durchgeführten Prüfungen an Geräten und Prüfmitteln, die für die Durchführung der SP notwendig sind (z.B. Bremsenprüfstand, Prüfmanometer) werden dokumentiert.
- **Prüfliste zur internen SP-Revision.** Die Prüfliste führt alle durchzuführen Tätigkeiten im Rahmen der Qualitätssicherung auf.

Die Durchführung der SP (z.B. Erfassung der Fahrzeugdaten, Erstellung von Prüfprotokollen), die Verwaltung sowie Auswertung der Prüfungen und die Dokumentation im Rahmen der Qualitätssicherung kann mit entsprechenden EDV-Programmen vorgenommen werden.

Anerkennungsnummer. Jede prüfende Stelle, z.B. ein Kfz-Betrieb, erhält eine sog. Anerkennungsnummer. Mit dieser Nummer wird die Prüfzulassung dokumentiert (**Bild 1**).



Bild 1: Aufbau der Anerkennungsnummer

14.3.6 Ausnahmen und Verfahrensablauf zur Fristenregelung

Für die Durchführung der SP gelten abweichend vom Regelfall (**Bild 2**) Ausnahmen.

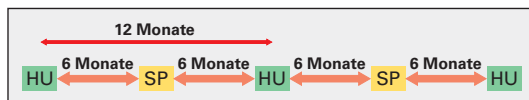


Bild 2: Regelfall

Vorziehen der SP (Bild 3). Wird die SP vorgezogen, so bleibt der Abstand zwischen den Terminen der Hauptuntersuchung gleich.



Bild 3: Vorziehen der SP

Vorziehen der HU (Bild 4). Wird die HU vorgezogen, so wird nach 6 Monaten die SP und nach 12 Monaten die HU durchgeführt.

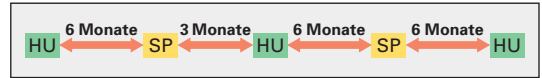


Bild 4: Vorziehen der HU

Fristüberschreitung (Bild 5). Wird die Frist zur Durchführung der SP überschritten, so muss die SP zusammen mit der HU durchgeführt werden (sog. erweiterte HU bzw. HU-Plus).

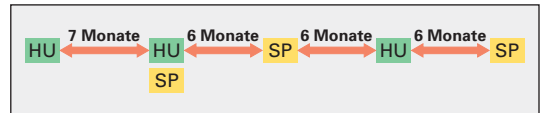


Bild 5: Fristüberschreitung

Fristen zur Mängelbeseitigung. Nach nicht bestandener SP müssen die Mängel innerhalb von 30 Tagen (Nachprüfungsfrist) beseitigt werden (**Bild 6**).

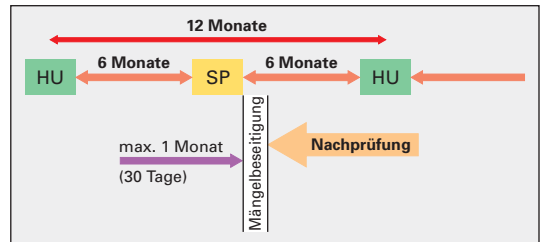


Bild 6: Regelung zur Mängelbeseitigung

Werden die festgestellten Mängel nicht innerhalb von 30 Tagen beseitigt, so muss eine neue SP mit komplettem Prüfumfang durchgeführt werden. Die SP-Prüfmarke wird auf den ursprünglichen Termin geklebt (**Bild 7**).

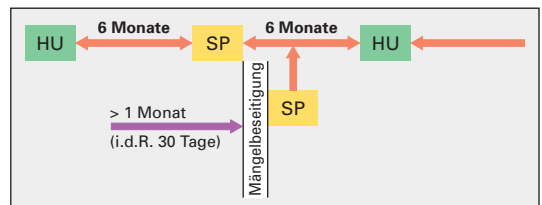


Bild 7: Überschreitung der Frist zur Mängelbeseitigung

Nicht-Durchführung der SP (Bild 1). Wird oder kann die SP nicht durchgeführt werden, so wird die SP entsprechend der HU-Frist zusammen mit der HU durchgeführt (sog. erweiterte HU bzw. HU plus).

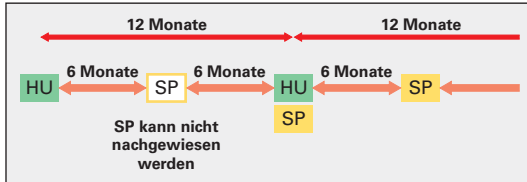


Bild 1: Nicht-Durchführung der SP

Saisonkennzeichen, vorübergehende Stilllegung bzw. Auslandsaufenthalt (Bild 2). Wenn ein Fahrzeug sowohl die Frist für die SP als auch die der HU versäumt hat, müssen beide Untersuchungen zusammen nachgeholt werden (sog. erweiterte HU bzw. HU-Plus).

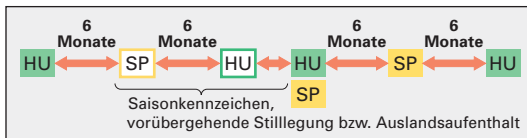


Bild 2: Saisonkennzeichen, vorübergehende Stilllegung bzw. Auslandsaufenthalt

Bild 3 zeigt den Ablauf des Prüfverfahrens in der Übersicht.

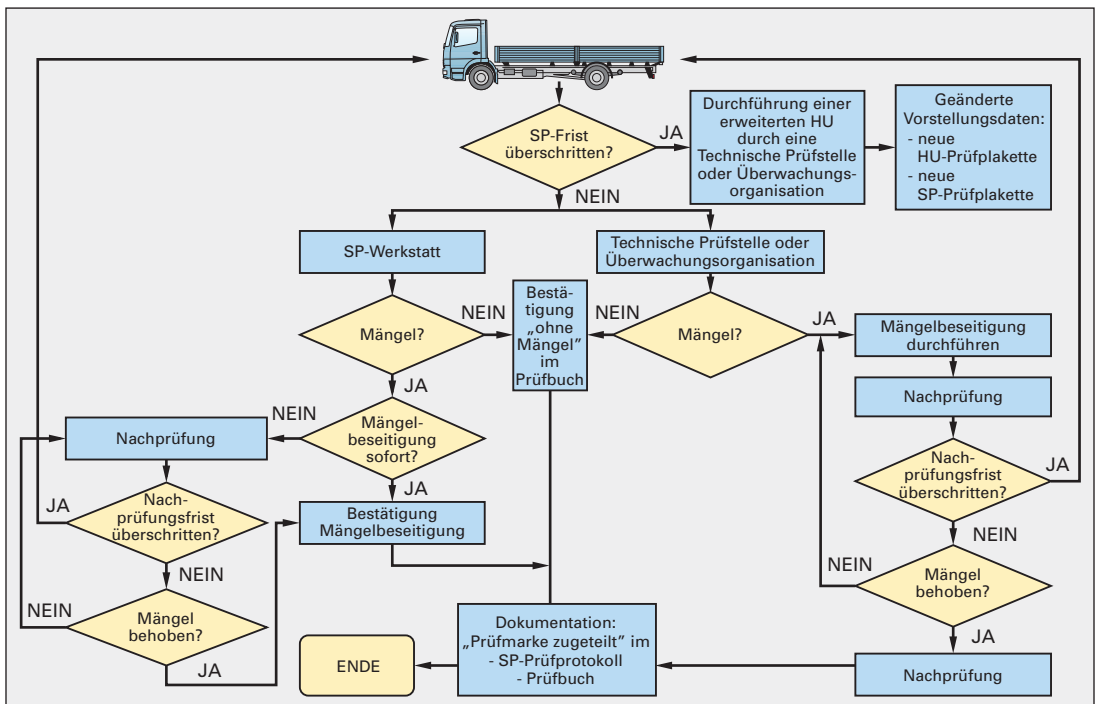


Bild 3: Verfahrensablauf der Sicherheitsprüfung

14.3.7 Bremsenprüfung

Die Prüfung der Bremsanlage ist wesentlicher Bestandteil der Sicherheitsprüfung. Dabei wird zwischen Funktions- und Wirkungsprüfung unterschieden.

Die Bremsenprüfung erfolgt im Rahmen der Sicherheitsprüfung und der Hauptuntersuchung grundsätzlich gleich.

Funktionsprüfung. Im Rahmen der Funktionsprüfung sind die folgenden Punkte zu prüfen:

- Kompressor (Förderleistung, Einschalt- bzw. Abschaltdruck)
- Dichtheit der Anlage und Vorratsdruck (Druckabfall, Fülldruck)
- Drucksicherung (Sicherungsdruck, Absicherung der Druckkreise, Funktion der Warneinrichtung)
- Abreißsicherung (Vorratsleitung, Bremsleitung)
- Löseventil (Selbstständige Rückstellung in Betriebsstellung bei Druckaufbau)
- Abstufbarkeit/Zeitverhalten (Druckaufbau, Abstufung der Bremswirkung, Ansprechverhalten)

Wirkungsprüfung. Bei der Messung der Bremswirkung ist nachzuweisen, dass

- 1. das Fahrzeug die auf seine zulässige Gesamtmasse bezogene **Mindestabbremung** nach den gesetzlichen Vorgaben erreicht und
- 2. die **Bremskraftunterschiede** zwischen den Rädern einer Achse unterhalb der gesetzlichen Vorgaben liegen und
- 3. eine korrekte **Bremskraftverteilung** zwischen Vorder- und Hinterachse nach Herstellervorgabe besteht.

Die Wirkungsprüfung wird mithilfe sog. Bezugsbremskräfte durchgeführt. Sie gilt für Fahrzeuge mit einer Erstzulassung ab dem 28.07.2010. Sie gilt auch für Fahrzeuge, die vor diesem Stichtag in Verkehr gekommen sind, sofern die Bezugsbremskräfte für diese Fahrzeuge schon vorliegen.

Bezugsbremskräfte sind Referenzwerte für Bremskräfte. Sie werden von den Fahrzeugherstellern vorgegeben.

Jede Bezugsbremskraft setzt sich aus einer Bezugsgröße (in den Radbremszylinder eingesteuerter Luftdruck) und der dazugehörigen Bremskraft der Achse zusammen.

Die Mindestabbremung gilt bei der Prüfung mittels Bezugsbremskräften als nachgewiesen, wenn die gemessene Bremskraft jeder Achse mindestens genauso groß wie die vorgegebene Bremskraft ist.

Falls für das zu prüfende Fahrzeug keine Bezugsbremskräfte vorliegen, so erfolgt die Bremsenprüfung mithilfe einer Hochrechnung. **Bild 1** stellt die Hochrechnung an einem Beispiel mithilfe eines Berechnungsblattes dar.

Amtliches Kennzeichen:

HSK HO 60

Bremswirkung - Berechnungsblatt

Prüfgewicht des Fahrzeugs P_M in N		42000		Zul. Gesamtgewicht G_z in N		180000	
Berechnungsdruck bzw. max. Bremsdruck für das Fahrzeug/die Einzelachsen (p_N) in bar				7,3		7,3 -- --	
Betriebsbremsanlage				Feststellbremse			
Bremskräfte (N)			Betätigungsdruck p in bar	i		Bremskräfte (N)	
links	rechts	Summe				links	rechts
Achse 1	9500	9000	18500	2	4,31	79735	-- --
Achse 2	5500	4800	10300	2	4,31	44393	22500 23000
Achse 3	--	--	--	--	--	--	-- --
Achse 4	--	--	--	--	--	--	-- --
Summe Bremskräfte aller Achsen:		28800		Summe ($F \cdot i$) aller Achsen:		124128	
				Summe Bremskräfte aller Achsen:		45500	

Berechnung nach Hochrechnungsformel (Faktor i):

$$i = \frac{p_N - 0,4 \text{ bar}}{P - 0,4 \text{ bar}} = \frac{7,3 \text{ bar} - 0,4 \text{ bar}}{2 \text{ bar} - 0,4 \text{ bar}} = 4,31$$

Hinweise zur Berechnung von i :

1. Falls der Berechnungsdruck p_N vom Hersteller nicht vorgegeben ist, kann ersatzweise mit einem Druck von 6,5 bar gerechnet werden. Damit liegt in der Regel eine ausreichende Sicherheit vor.

2. Der vorgegebene Wert von 0,4 bar zur Berechnung von i ist der Anlegedruck der Ventile des Radbremszylinders.

3. Der eingesteuerte Druck / Betätigungsdruck p in bar wird mit dem Manometer am Fahrzeug (Prüfanschlüsse an den Radbremszylindern) zum Zeitpunkt des Blockieren des Rades bzw. bei Erreichen der Bezugsbremskräfte gemessen.

Bild 1: Berechnungsblatt Bremswirkung

Bei der Bremsprüfung werden die Bremskräfte aller Achsen auf dem Bremsenprüfstand gemessen. Der Betätigungsdruck (Einsteuerdruck) muss mindestens 1,7 bar betragen, bevor ein Rad auf dem Bremsenprüfstand blockiert.

Bei Fahrzeugen mit hohem Last-/Leer-Verhältnis ist dieser Wert in der Regel nicht zu erreichen. Diese Fahrzeuge müssen zur Bremsenprüfung teilbeladen vorgeführt werden bzw. die Beladung muss simuliert werden, z.B. durch Niederzurren des Fahrzeugs auf dem Bremsenprüfstand.

Abbremmung Z. Sie ist definiert als:

$$Z = \frac{\text{Summe der Bremskräfte am Radumfang}}{\text{Gewichtskraft des Fahrzeugs}} \cdot 100 \%$$

Der für die Abbremmung ermittelte Wert muss mindestens so groß sein wie der für die jeweilige Fahrzeugklasse angegebene Wert (Tabelle 1).

Gleichmäßigkeit der Bremswirkung Δ zul. Sie ist definiert als:

$$\Delta \text{ zul.} = \frac{\text{Differenz der Bremskräfte } l/r}{\text{größte Bremskraft}} \cdot 100 \%$$

Der Wert darf nicht mehr als 25 % betragen.

Die Kräfte für die Betätigung mit Fußkraft F_F und mit Handkraft F_H für die jeweiligen Fahrzeugklassen sowie der Druck p_m am Kupplungskopf der

Bremsleitung (gelbe Farbkennzeichnung) sind mit max. zulässigen Werten angegeben.

Berechnungsbeispiel für die Wirkungsprüfung (Bild 1, vorherige Seite):

Berechnung von Z (Betriebsbremse):

$$Z = \frac{124\,128\text{ N}}{180\,000\text{ N}} \cdot 100 \% = 69 \%$$

Berechnung von Z (Feststellbremse):

$$Z = \frac{45\,500\text{ N}}{180\,000\text{ N}} \cdot 100 \% = 25 \%$$

Berechnung der Gleichmäßigkeit:

$$\Delta \text{ zul. (Achse 1)} = \frac{9\,500\text{ N} - 9\,000\text{ N}}{9\,500\text{ N}} \cdot 100 \% = 5 \%$$

$$\Delta \text{ zul. (Achse 2)} = \frac{5\,500\text{ N} - 4\,800\text{ N}}{5\,500\text{ N}} \cdot 100 \% = 13 \%$$

Damit erfüllt das geprüfte Fahrzeug alle Anforderungen an die Betriebs- und die Feststellbremsanlage entsprechend der vorgeschriebenen Werte für die Mindestabbremmungen und die zulässigen Betätigungskräfte nach Tabelle 1 sowie der der Gleichmäßigkeit der Bremswirkung an einer Achse.

Die Verteilung der Bremskräfte zwischen der Vorder- und Hinterachse muss nach Herstellerangabe überprüft werden.

Tabelle 1: Mindestabbremmung und zulässige Betätigungskräfte für SP-pflichtige Fahrzeuge

Fahrzeug- klasse	Erst- zulassung	Betriebsbremsanlage (BBA)			Feststellbremsanlage (FBA)		
		$z \geq$ [%]	$F_H \leq$ [daN]	$F_F \leq$ [daN]	$z \geq$ [%]	$F_H \leq$ [daN]	$F_F \leq$ [daN]
M_2, M_3	vor 01.01.1991	48	–	70	15	60	70
	ab 01.01.1991	50			16		
N_1, N_3	vor 01.01.1991	43 ¹⁾	–	70	15	60	70
	ab 01.01.1991 und vor 01.01.2012	45			16		
	ab 01.01.2012	50					
O_4	ab 01.01.1991	40	$(p_m \leq 6,5 \text{ bar})$ (Berechnungsdruck)		15	60	–
	ab 01.01.1991 und vor 01.01.2012	43 ²⁾			16		
	ab 01.01.2012	50 ³⁾ 45/43 ⁴⁾					
Übrige Kraft- fahrzeuge	vor 01.01.1991	40	–	80	15	60	80
	ab 01.01.1991			70			16

1) 40 %, wenn radstandsbezogene Schwerpunkthöhe $h/E \geq 0,5$
2) Jedoch $\geq 40 \%$ für Sattelanhänger, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens der Mindestwert 43 % nicht erreicht wird.
3) 50 % für Anhänger (Zentralachs- sowie Drehschemelanhänger). Jedoch $\geq 43 \%$, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 50 % nicht erreicht werden.
4) 45 % für Sattelanhänger bzw. 43 % für Sattelanhänger mit einer Typgenehmigung vor dem 01.01.2012. Jedoch $\geq 40 \%$, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 45 % bzw. 43 % nicht erreicht werden.