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
Düsselberger 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 2019

Druck 7 (keine Änderung seit der 6. Druckquote)
Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert 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
http://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 Autoren des Arbeitskreises Nutzfahrzeugtechnik — Winter 2014/2015

Die nachfolgend aufgeführten Firmen und Institutionen haben die Autoren durch die fachliche Beratung, durch Informations- und Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

ALCOA Wheels
Paal/Belgien
Gerd Bär GmbH
Heilbronn
BPW Bergische Achsen KG
Wiehl
Bombardier-Primove
Berlin
Robert Bosch GmbH
Stuttgart
Bundesdruckerei GmbH
Berlin
Carnehl Fahrzeugbau
Pattensen
Continental AG
Hannover
Continental EMITEC GmbH
Lohmar
Continental TEVES
Frankfurt
ContiTech Luftfedersysteme
Hannover
DAF Trucks Deutschland GmbH
Frechen
Daimler AG
Wörth
DAUTEL GmbH
Leingarten
DCA Achsen
Kassel
Deutz AG
Köln-Porz
DHOLLANDIA
Glinde
DOLL GmbH
Oppenau
Goodyear Dunlop Tires GmbH
Hanau
Eberspächer
Esslingen
Eurotrailer GmbH
Potsdam
EVO-Bus GmbH
Mannheim
FAG
Herzogenaurach
Fahrzeugbau Kempf GmbH
Bad Marienberg
Fahrzeugwerk Bernard Krone GmbH
Werlte
Fahrzeugwerk Müller Mittental
Baiersbronn
FKA Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen
Aachen
Fliegl Fahrzeugbau GmbH
Triptis
Fotolia.com © Ingo Bartussek
Berlin
Goldhofer AG
Memmingen
Handwerkskammer Hannover
Lutz Klarmann
Handwerkskammer Südwestfalen
Arnsberg
Haweka AG
Burgwedel
Hella-Gutmann Messtechnik
Ihringen
Hella KG, Hueck & Co.
Lippstadt
Hengst Filterwerke
Nienkamp
HJS Emission Technology
Menden/Sauerland
Ingenieurbüro für Fahrzeugtechnik H. J. Pahl
Hannover
IVECO-Magirus AG
Neu-Ulm
Jost Werke GmbH
Neu-Isenburg
Kässbohrer Transport Technik
Eugendorf/Österreich
KNORR-Bremse GmbH
München
Koch-Achsmessanlagen
Wenningsen/Deister
Kögel Fahrzeugwerke GmbH
Burtenbach
Kolbenschmidt Pierburg GmbH
Neckarsulm
Kronprinz GmbH
Solingen
LANDHOTEL DONNER
Meschede-Remblinghausen
LuK GmbH & Co. KG
Bühl
Mahle GmbH
Stuttgart
MAN-Nutzfahrzeuge AG
München
Mann und Hummel Filterwerke
Ludwigsburg
MBB PALFINGER GmbH
Ganderkesee
Mefro Roues France S.A.S
La Chapelle Saint Luc
Meiller, F.X. GmbH & Co. KG
München
Mercedes-Benz
Stuttgart
Michelin Reifenwerke
Karlsruhe
Mondolfo Ferro
Mondolfo/Italien
Neoplan Bus GmbH
Pilsting
Palfinger AG
Salzburg
Pierburg GmbH
Neuss
Renault Nissan Deutschland GmbH
Brühl
Regiobus
Neustadt
Ringfeder VBG Group Truck Equipment
Krefeld
RUD
Aalen
SAF-Holland GmbH
Aschaffenburg
SCANIA Deutschland GmbH
Koblenz
SCANIA Niederlassung
Möglingen – Stuttgart
Scheuerle Fahrzeugfabrik GmbH
Pfedebach
Schmitz Cargobull AG
Horstmar
SKF Kugellagerfabriken GmbH
Schweinfurt
Spier GmbH & Co. KG
Steinheim
TELMA Retarder GmbH
Ludwigsburg
Gebr. Titgemeyer GmbH & Co. KG
Osnabrück
Trenkamp & Gehle GmbH
Dinklage
TruckCam AB
Katrineholm (Schweden)
Twintec AG
Königswinter
VAN HOOL N.V.
Lier-Koningshooikt/Belgien
Voith Turbo GmbH & Co. KG
Heidenheim
Volvo Deutschland GmbH
Brühl
WABCO Holdings INC.
Brüssel
WAP Fahrzeugbau GmbH
Borchen
Webasto
Stockdorf
Adolf Würth GmbH & Co. KG
Künzelsau
Wunstorfer Nutzfahrzeug Service
Wunstorf
Yara International ASA
Dülmen
Yokohama Reifen Europe
Düsseldorf
ZF Getriebe GmbH
Saarbrücken
ZF Lenksysteme GmbH
Schwäbisch Gmünd
Sachs – ZF Friedrichshafen AG
Friedrichshafen

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 Anhänge- und Sattelkupplungen 40
2.4.1 Anhängekupplungen 40
2.4.2 Sattelkupplungen 43
2.4.3 Belastbarkeit von Anhänge- 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-Druckluftbremsanlage 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 Bremssystem 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 Dieselmotor 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 Dieseleinspritzverfahren 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-Dieselmotoren 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 Druckverstärkung (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, Umweltzone 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 Dieseloxidationskatalysator (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 Bremselement (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 Grundschaltungen 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 Fahrtschreibern, Kontrollgeräten und Geschwindigkeitsbegrenzern 340
14.5 Arbeits- und Gesundheitsschutz 340

15 Englische Fachbegriffe 341

16 Sachwortverzeichnis 345

1 Einteilung der Nutzfahrzeuge

Bild 1: Einteilung von Nfz

Nutzfahrzeuge (Nfz) dienen zum gewerbsmäßigen Transport von Personen und Gütern und zum Ziehen von Anhängefahrzeugen **(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

Vielzweckkastkraftwagen

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.

Vielzweckkastkraftwagen 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: Vielzweckkastkraftwagen mit Pritsche

Bild 2: Vielzweckkastkraftwagen 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 Anhängefahrzeugen. Daher ist sie, wenn überhaupt, nur mit einer kleinen Ladefläche ausgestattet.

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

Bild 1: Anhänge-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 Sattelkupplung 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-Linienverkehr 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 Reisegepäcks 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 Stickoxide 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

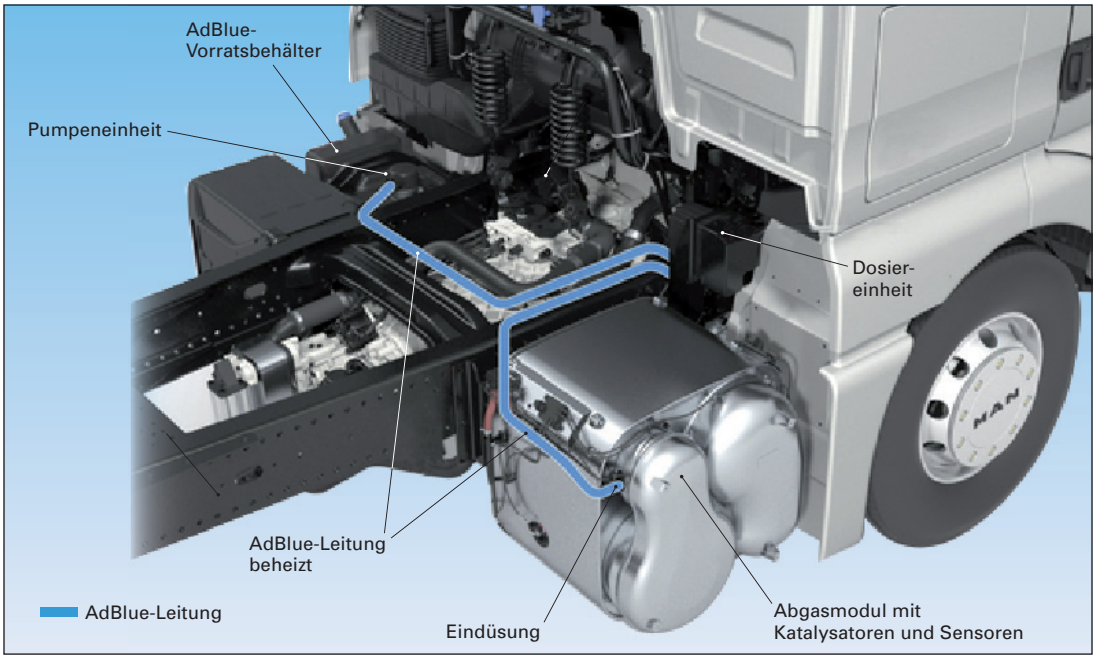


Bild 1: Übersicht Komponenten eines SCR-Systems

AdBlue-Versorgung

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

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.

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.

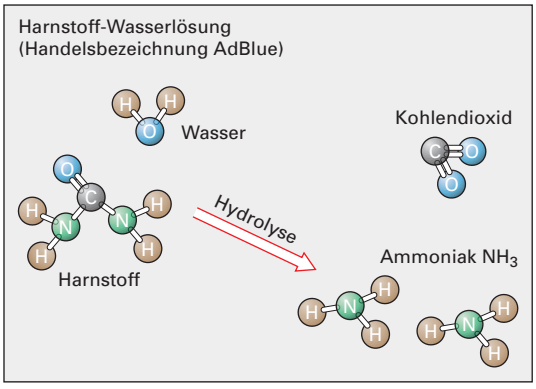


Bild 1: Hydrolyse von AdBlue zu Ammoniak

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 Dieselkraftstoffkosten.

Vorratstank. 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.

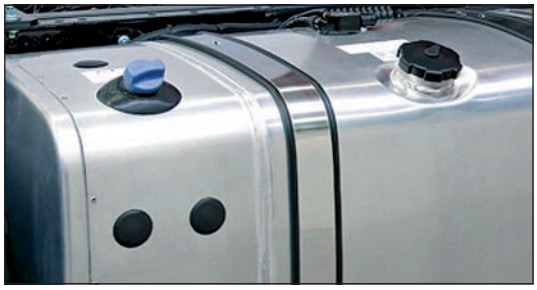


Bild 2: Kombitank AdBlue und Diesel getrennt

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.

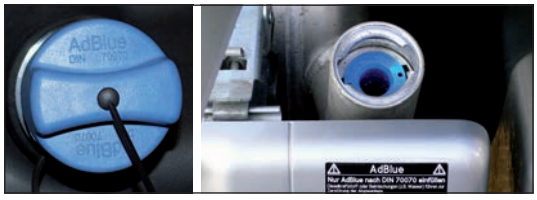


Bild 3: AdBlue-Tankdeckel und Einfüllstutzen

WERKSTATTHINWEISE

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 abzuspülen.

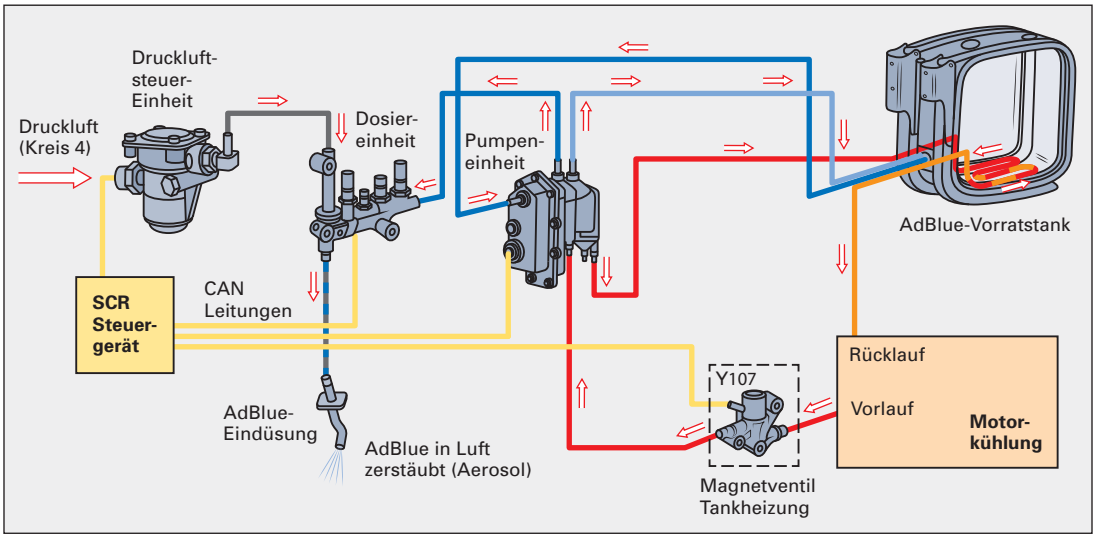


Bild 1: SCR-System – Leitungsführung der AdBlue-Versorgung

6

AdBlue-Dosierung (Bild 1). AdBlue gefriert bei einer Temperatur von unter –11 °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)**.

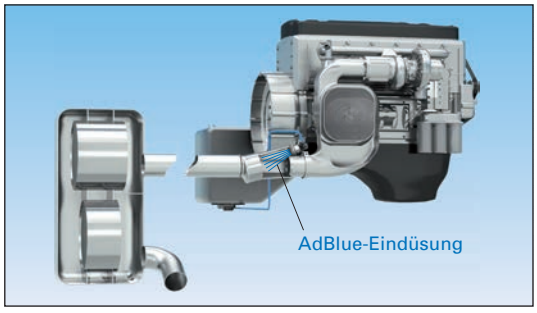


Bild 2: Eindüsung in Motorbremsklappenstutzen

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)**.

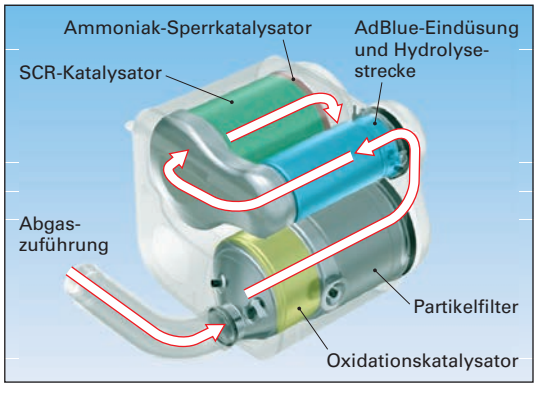


Bild 3: Abgasmodul mit Hydrolysestrecke

Abgasmodul für SCR-Anlagen

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

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

Abgasanlagen von EURO-VI-Fahrzeugen umfassen z. B. Dieseloxidationskatalysator, 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 umsetzten 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 $(NH_2)_2CO$ 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.

WERKSTATTHINWEIS

Eine Änderung der Abgasrohre beeinflusst die Abgasverweilzeit. Hierdurch kann die Hydrolysestrecke verändert werden. Es sind die in den Aufbaurichtlinien 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.

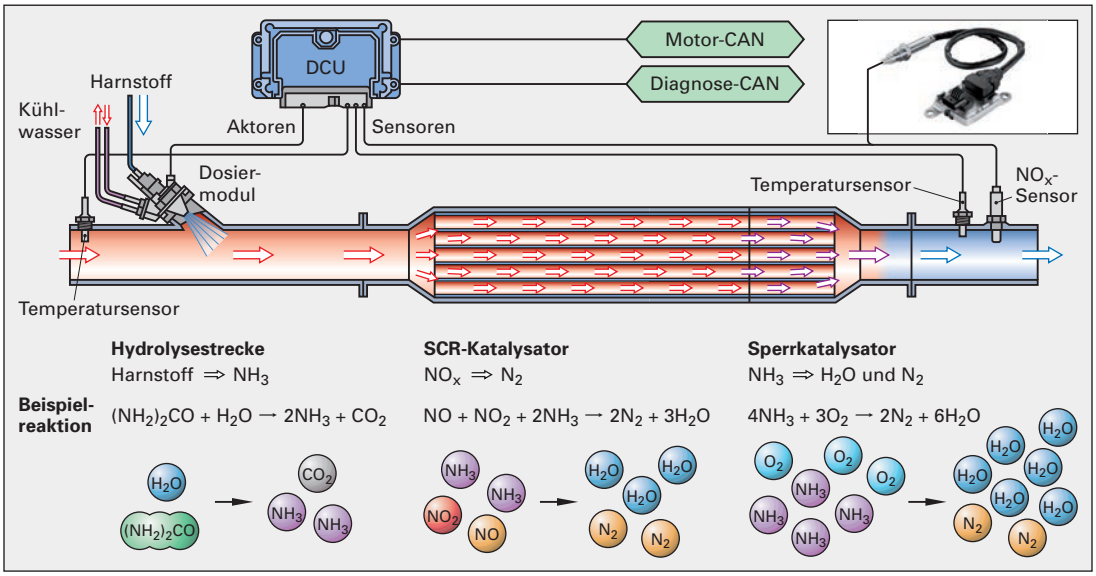


Bild 1: Schematische Darstellung der SCR-Technologie mit Reaktionsgleichungen

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).**

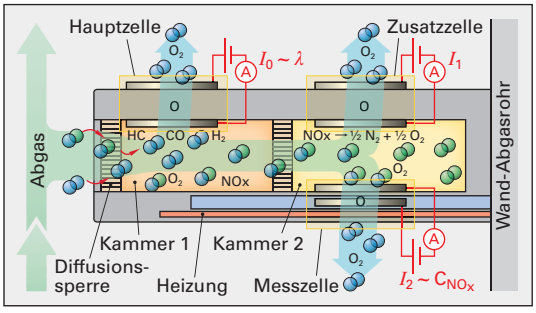


Bild 1: Aufbau und Funktion des NO_x-Sensors

Weiter gelangt das Abgas über die Diffusionssperre in Kammer 2. Hier werden Reste von O_2 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.

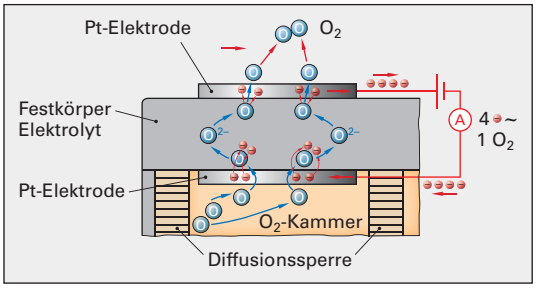


Bild 2: Elektrochemische Zelle (Hauptzelle)

Auf der Abgasseite liefert die Minuselektrode die Elektronen für die Zerlegung der Sauerstoffmoleküle (O_2) in Sauerstoffionen (O^{--}). Die Ionen passieren den Festelektrolyten und werden an der positiven Elektrode unter Elektronenabgabe wieder zu O_2. 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 herstellerspezifisch.

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).

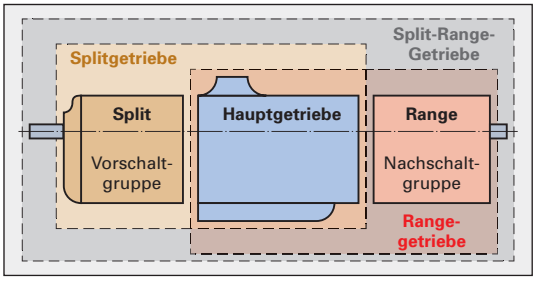


Bild 1: Gruppengetriebe

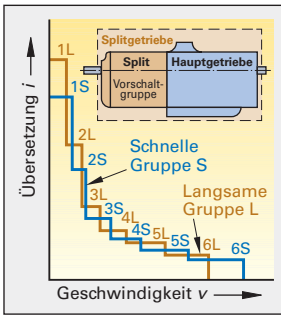
Splitgetriebe

Vorschaltgruppe (Splitgruppe[1]). 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 × 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).



Gang	Stufe	Übersetzung	
1	L	9,06	
	S		7,51
2	L	5,25	
	S		4,35
3	L	3,15	
	S		2,61
4	L	2,12	
	S		1,76
5	L	1,43	
	S		1,19
6	L	1,00	
	S		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 Kuppeln elektropneumatisch vollzogen.

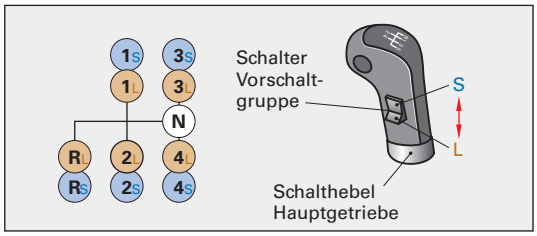


Bild 3: H-Schaltung Splitgetriebe

Kraftfluss der schnellen Splitstufe (S). In der schnellen Stufe wird das Drehmoment ohne Übersetzung in das Hauptgetriebe eingeleitet (i_{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_{Split} = 1,1…1,3). Die Übersetzung der einzelnen Gänge erfolgt über die Gangradpaare. Die Übersetzung des Gesamtgetriebes ergibt sich durch Multiplikation der Einzelübersetzungen.

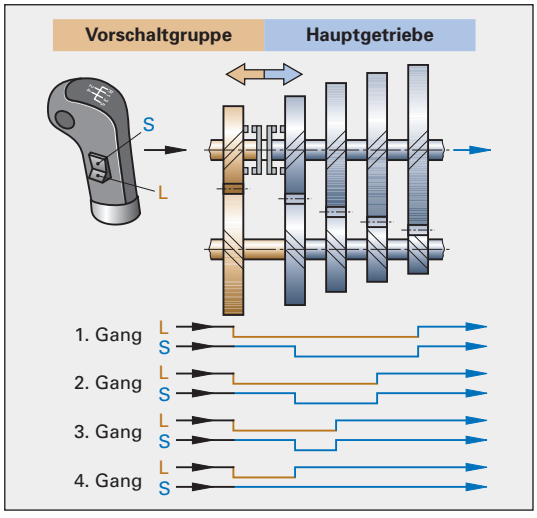


Bild 4: Kraftverlauf 4-Gang-Splitgetriebe (DD)

1) split (engl.): teilen

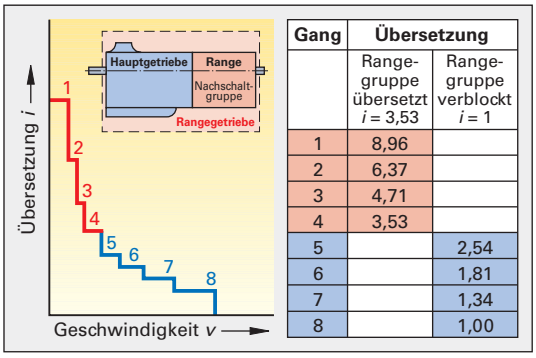
Rangegetriebe

Gruppengetriebe mit Rangegruppe[1] werden als Rangegetriebe bezeichnet.

In der Rangegruppe erfolgt im Übersetzungsbereich eine Erhöhung des Drehmomentes auf das 3- bis 4-Fache (i_{Range} = 3…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).**



Gang	Übersetzung	
	Range-gruppe übersetzt i = 3,53	Range-gruppe verblockt i = 1
1	8,96	
2	6,37	
3	4,71	
4	3,53	
5		2,54
6		1,81
7		1,34
8		1,00

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.

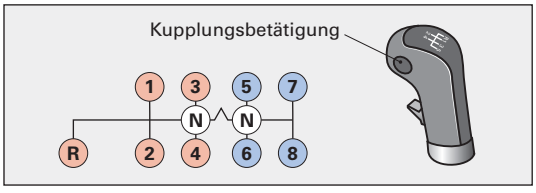


Bild 2: Doppel-H-Schaltung (Rangegetriebe)

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).**

1) Range (engl.): Bereich
2) crawl (engl.): kriechen

Crawler. Als Crawler[2] wird ein Kriechgang bezeichnet. Er dient zur Überwindung hoher Anfahrmomente bei hohen Lasten, großen Steigungen und ungünstigen Geländeverhältnissen. 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.

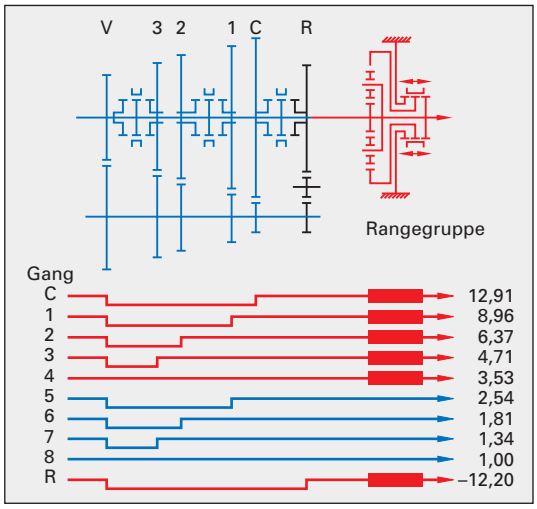


Bild 3: Rangegetriebe 4 × 2 + Crawler (C)

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

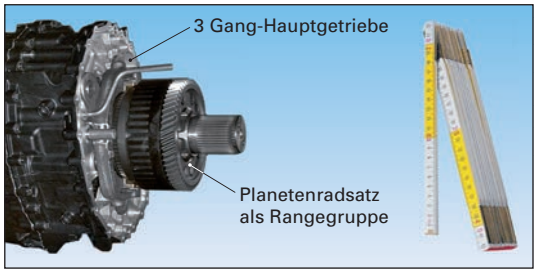


Bild 4: Planetenradsatz

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 $i = 1$.

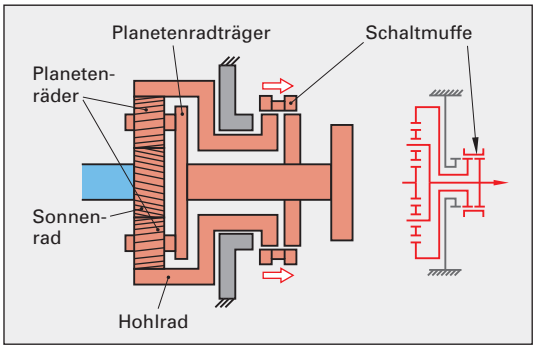


Bild 1: Rangegruppe verblockt

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.

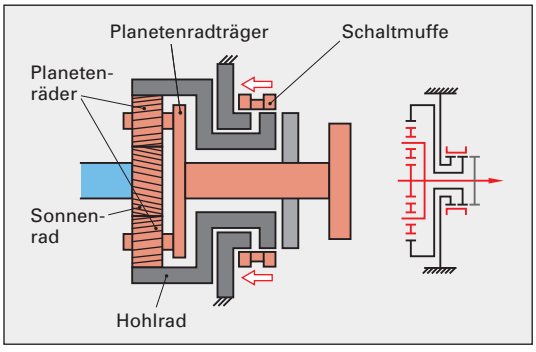


Bild 2: Rangegruppe übersetzt

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 mit dreht, 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 × 4 × 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.

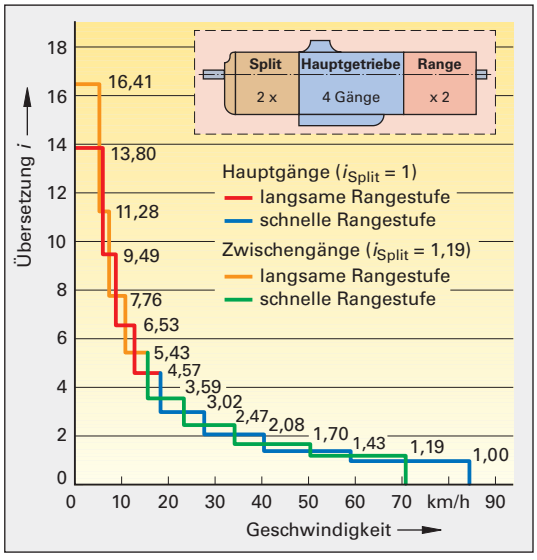


Bild 3: Übersetzung eines Split-Range-Getriebes

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 × 4 × 2 = 16 Übersetzungsstufen.

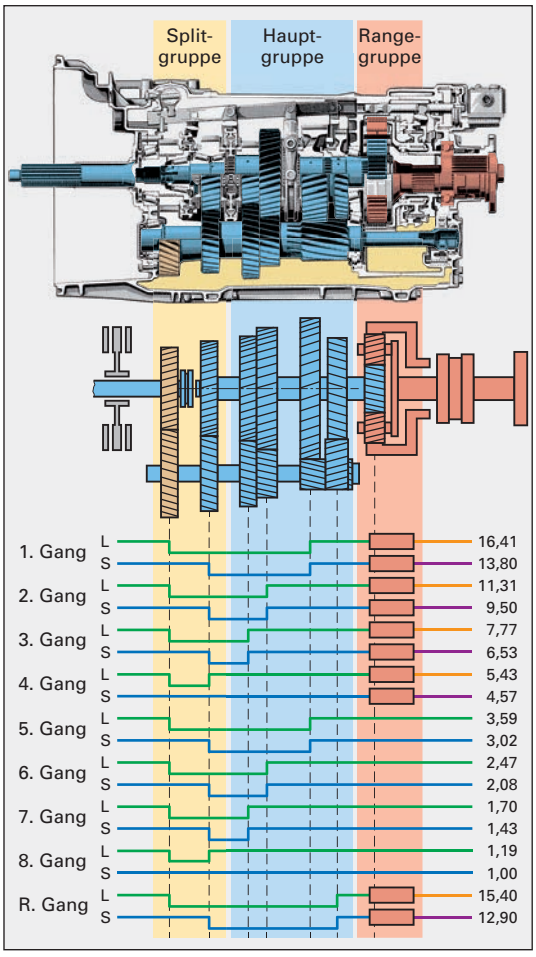


Bild 1: Kraftfluss Split-Range-Getriebe

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_{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_{Range} = 4,57). Die Getriebeübersetzung ergibt sich aus der Multiplikation der Einzelübersetzungen:

Übersetzung 2. Gang (L)

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

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

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.

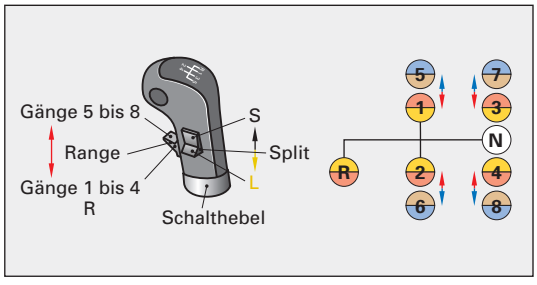
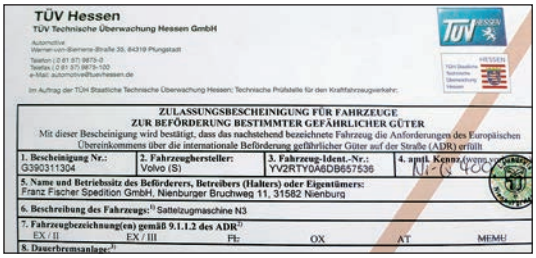


Bild 2: Einfach-H-Schaltung Split-Range-Getriebe

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** (**A**ccord européen relatif au transport international des marchandises **D**angereuses par **R**oute, 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

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.:	2. Fahrzeughersteller:	3. Fahrzeug-Ident.-Nr.:	4. amtl. Kennz. (wenn vorhanden)
G390311304	Volvo (S)	YV2RTY0A6DB657536	[illegible]

5. Name und Betriebssitz des Beförderers, Betreibers (Halters) oder Eigentümers:
Franz Fischer Spedition GmbH, Nienburger Bruchweg 11, 31582 Nienburg

6. Beschreibung des Fahrzeugs: [1] Sattelzugmaschine N3

7. Fahrzeugbezeichnung(en) gemäß 9.1.1.2 des ADR [2]
EX / II EX / III FL OX AT MEMU

8. Dauerbremsanlage: [3]

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, EXIII, 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 Batteriehauptschalter
- 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

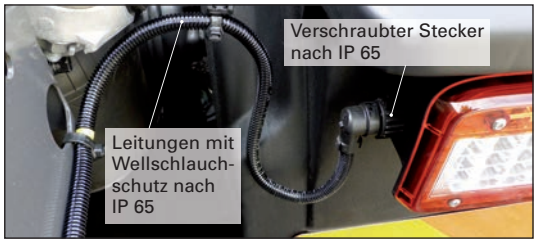


Bild 3: Leitung und Stecker nach IP 65

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

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

Batteriehauptschalter (NOT-AUS-Schalter) (Bild 1). Um alle Stromkreise unterbrechen oder schließen zu können, muss sich ein Batteriehauptschalter 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 Staubablagerung 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 Batteriehauptschalters 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 Batteriehauptschalter umgehen.

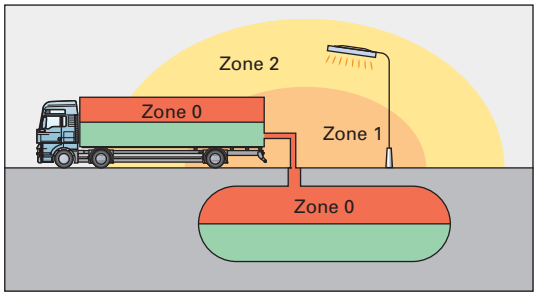


Bild 2: Explosionsgefährdete Zonen (IEC 60079)

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.

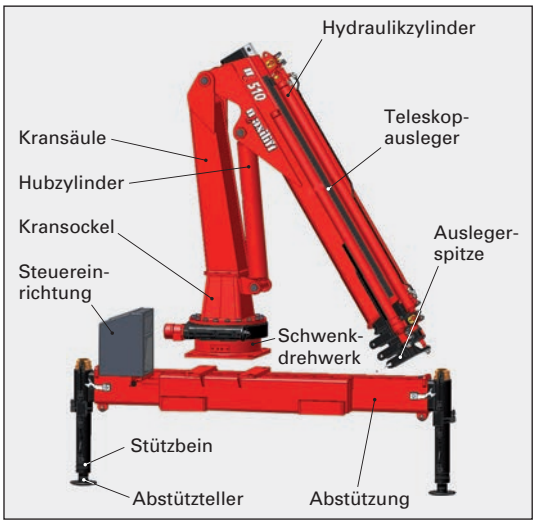


Bild 2: Ladekran mit Teleskopausleger

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.

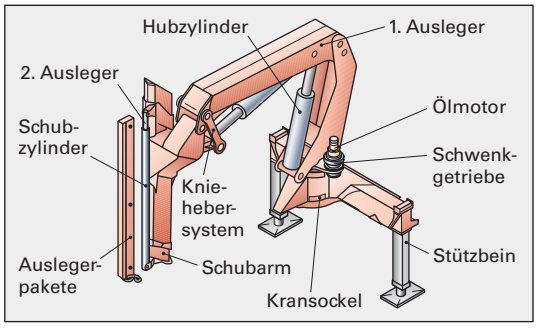


Bild 3: Ladekran mit Knickausleger

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 Kranes, 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“***.

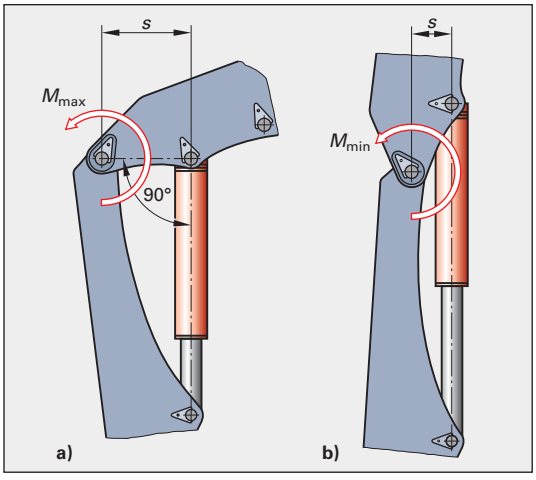


Bild 1a: max. Hubmoment **Bild 1b: min. Hubmoment**

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 Kranes in Abhängigkeit von Auslegerstellung und Reichweite darstellen zu können, werden Tragkraftkurven verwendet (siehe S. 321).

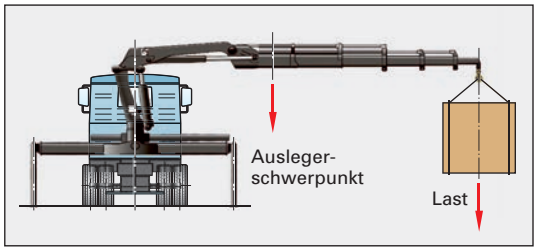


Bild 2: Lastmoment

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.

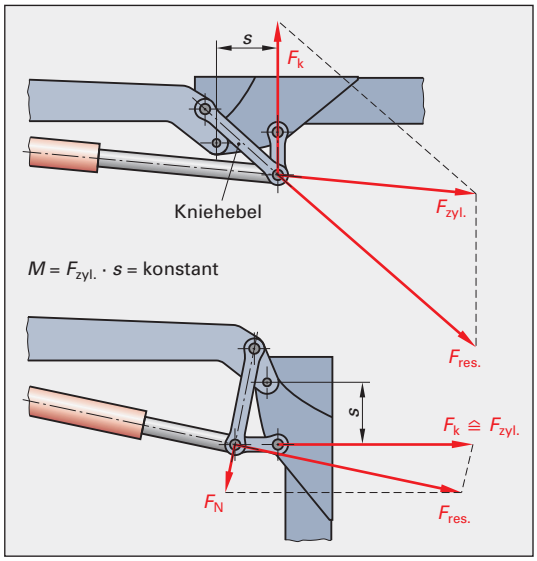


Bild 3: Kniehebelprinzip

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

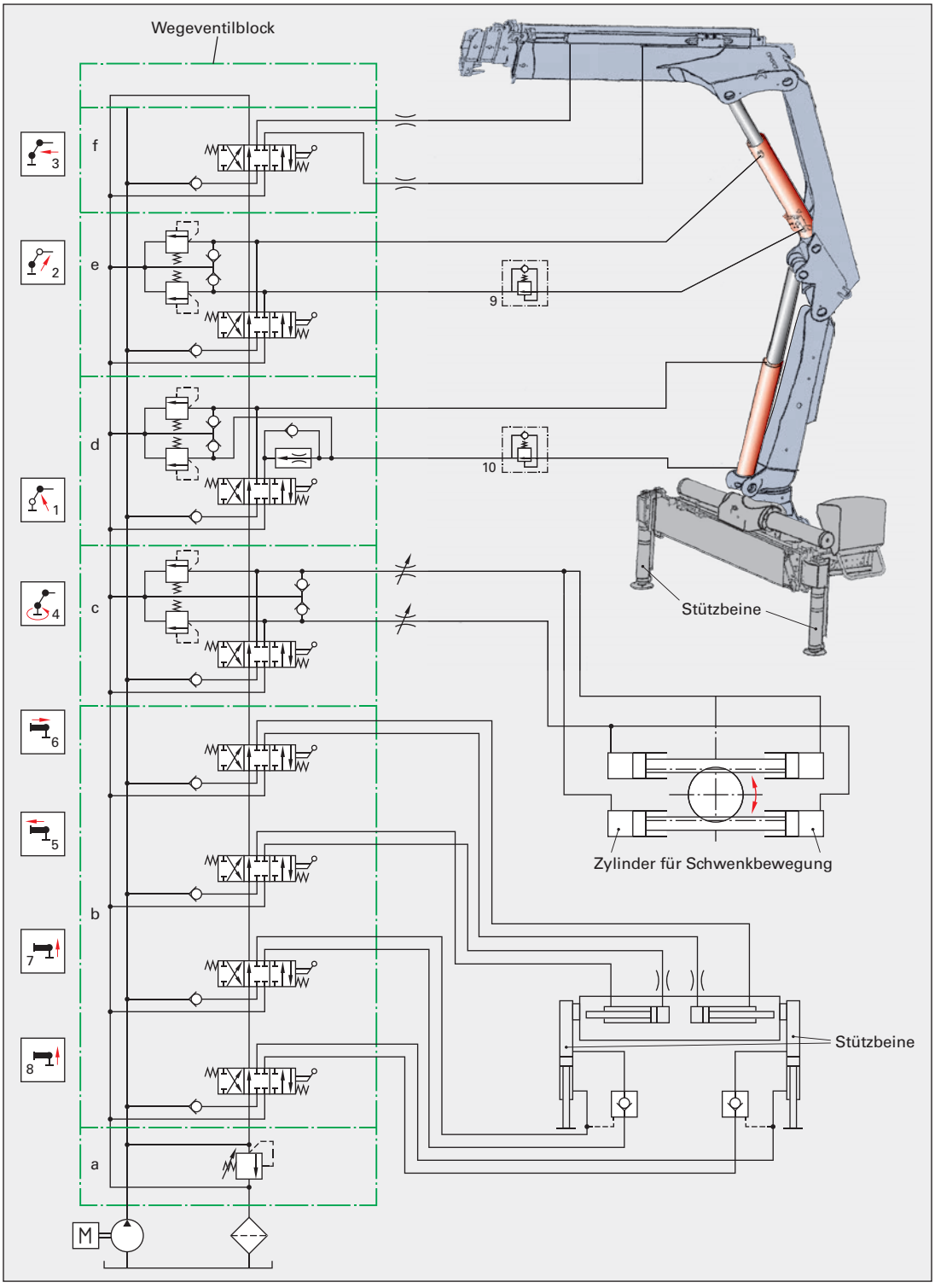


Bild 1: Schaltplan Ladekran

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 Trägerfahrzeuges 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 Druckbegrenzungsventile 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 Schwungkräfte 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)**.

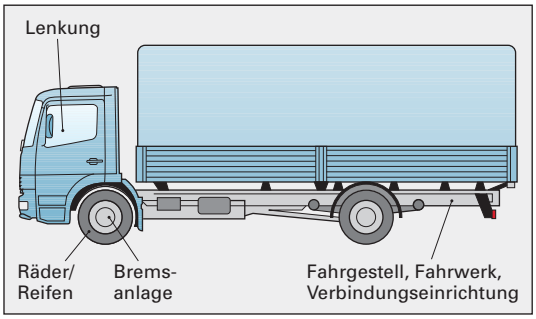


Bild 1: Prüfbereiche der SP

14.3.1 Prüfumfang der SP

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

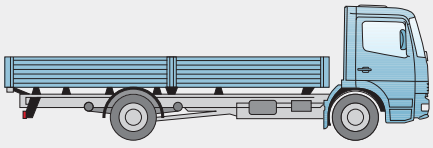
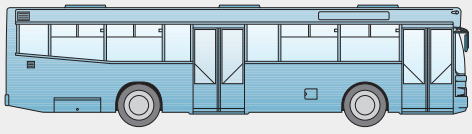
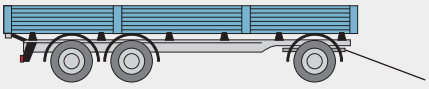
- **Rahmen, tragende Teile**
- **Unterfahrschutz/seitliche Schutzvorrichtung**
- **Vorderachse.** Achskörper, Aufhängung, Federung/Stabilisator, Schwingungsdämpfer, Radlager
- **Hinterachse.** Achskörper, Aufhängung, Federung/Stabilisator, Schwingungsdämpfer, Radlager
- **Motor/Antrieb/Kupplung/Schaltung** (Ölverlust und eingeschränkte Funktion)
- **Anhängerkupplung/Sattelkupplung**
- **Zugeinrichtung**
- **Aufbau**
- **Lenkung:** Lenkgetriebe, Lenkgelenke/Lenkscheiben, Schubstangen/Spurstangen, Drehkranz, Lenkhebel, Lenkgestänge/Lenkseile, Lenkhilfe/Zusatzlenkung, Lenkungsdämpfer
- **Bereifung, Räder**
- **Bremsanlage:** Betätigung Betriebsbremsanlage und Feststellbremsanlage, Bremsseile, Bremsgestänge/Gelenke, Bremswellen, Bremsleitungen, Bremsschläuche, Bremszylinder, Bremstrommeln und -scheiben, Bremsbeläge, Bremsnocken, Kupplungsköpfe, ALB-Schild, Bremsgeräte/-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 N_2 und N_3)**

Kraftomnibusse (KOM) und andere Kraftfahrzeuge mit mehr als 8 Fahrgastplätzen **(Fahrzeugklassen M_2 und M_3)**

Anhänger, einschließlich angehängte Arbeitsmaschinen und Wohnanhänger mit einem zulässigen Gesamtgewicht von **zGG > 10 t (Fahrzeugklasse O_4)**

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.

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 Monaten 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.

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

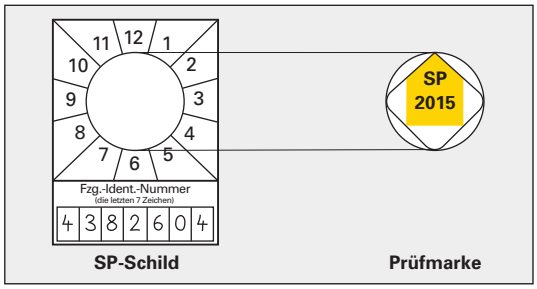
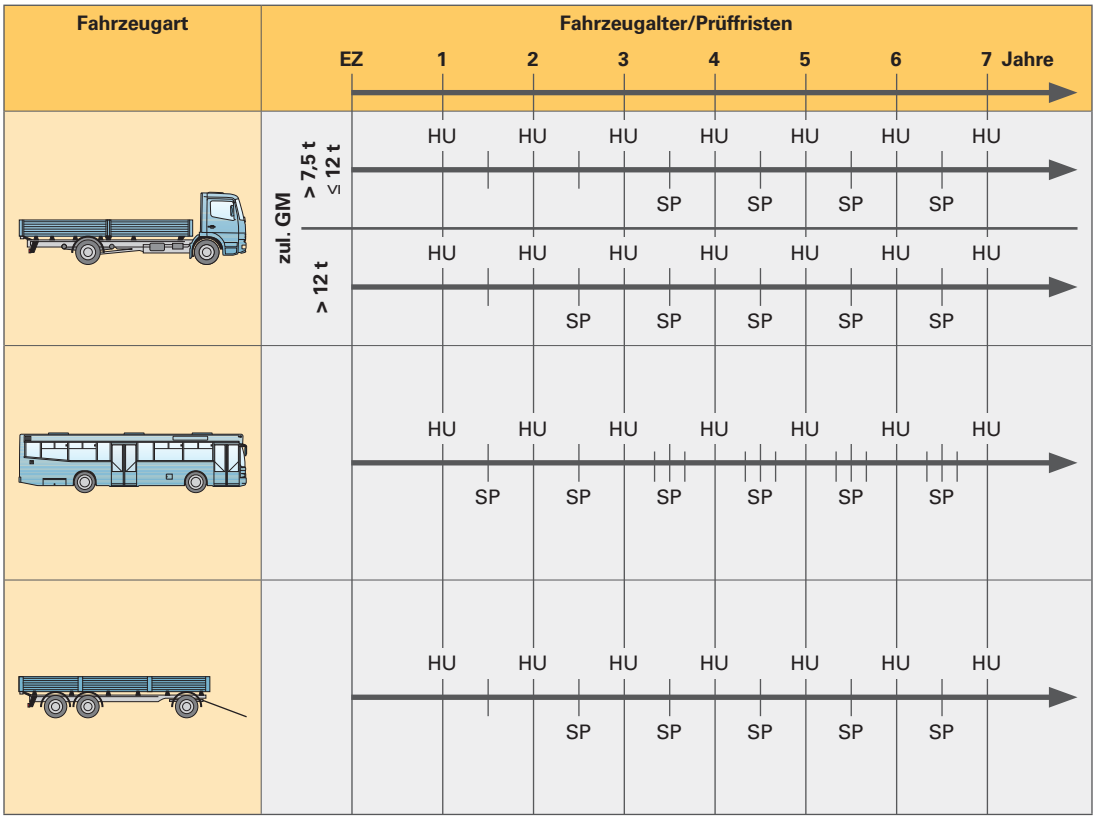


Bild 1: Prüfplakette SP

Tabelle 1: SP-Fristen untersuchungspflichtiger Fahrzeuge



Der Pfeil zeigt auf den Monat, in dem das Fahrzeug wieder zur SP vorgeführt werden muss. Auf der Prüfplakette sind die letzten sieben Ziffern bzw. Zeichen der Fahrzeug-Identifizierungs-Nummer vermerkt.

Die Farbe der Marke weist das Jahr der Prüfung aus (**grün 2012**, **orange 2013**, **blau 2014**, **gelb 2015**, **braun 2016**, **rosa 2017**, **grün 2018**). Sie entspricht der Plakettenfarbe der HU bzw. AU.

Die Prüfplakette ist am Fahrzeugheck unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen Maße anzubringen **(Bild 1)**.

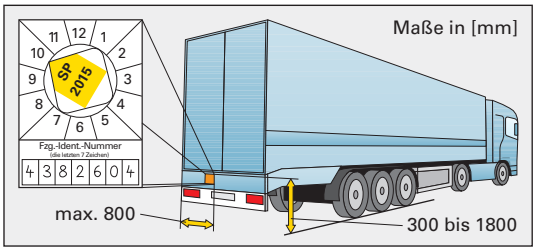


Bild 1: Anbringung der Plakette am Fahrzeug

14.3.5 Dokumentation

Zu Beginn der Sicherheitsprüfung muss der Kopf des Prüfprotokolls mithilfe der Zulassungsbescheinigung ausgefüllt werden **(Bild 2)**.

Der auf dem Prüfprotokoll der Sicherheitsprüfung aufgeführte KBA-Schlüssel setzt sich aus der Fahrzeugklasse (Feld J), dem Fahrzeughersteller (Feld 2.1) sowie dem Fahrzeug-Typ (ersten 3 Stellen aus Feld 2.2) und der Fahrzeug-Variante/Version (letzten 5 Stellen aus Feld 2.2) zusammen.

Weiterhin werden die Anerkennungsnummer der prüfenden Stelle, amtliches Kennzeichen, Erstzulassung, Datum der letzten Hauptuntersuchung, die Fahrzeug-Identifizierungsnummer, der Hersteller und der Fahrzeug-Typ bzw. die Fahrzeug-Version, der Kilometerstand sowie das Prüfdatum erfasst.

Im Prüfprotokoll werden die Mängel kenntlich gemacht. Gleichzeitig wird die Mangelbeseitigung dokumentiert **(Bild 1, nächste Seite)**.

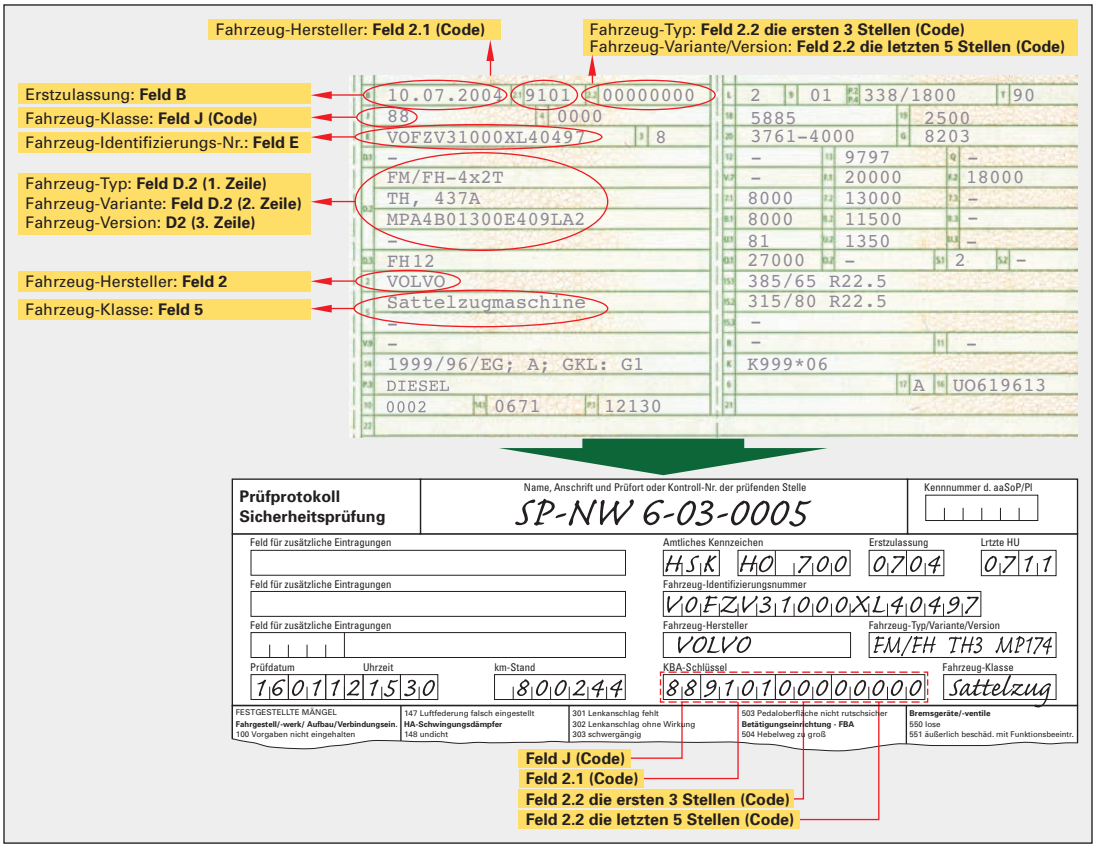
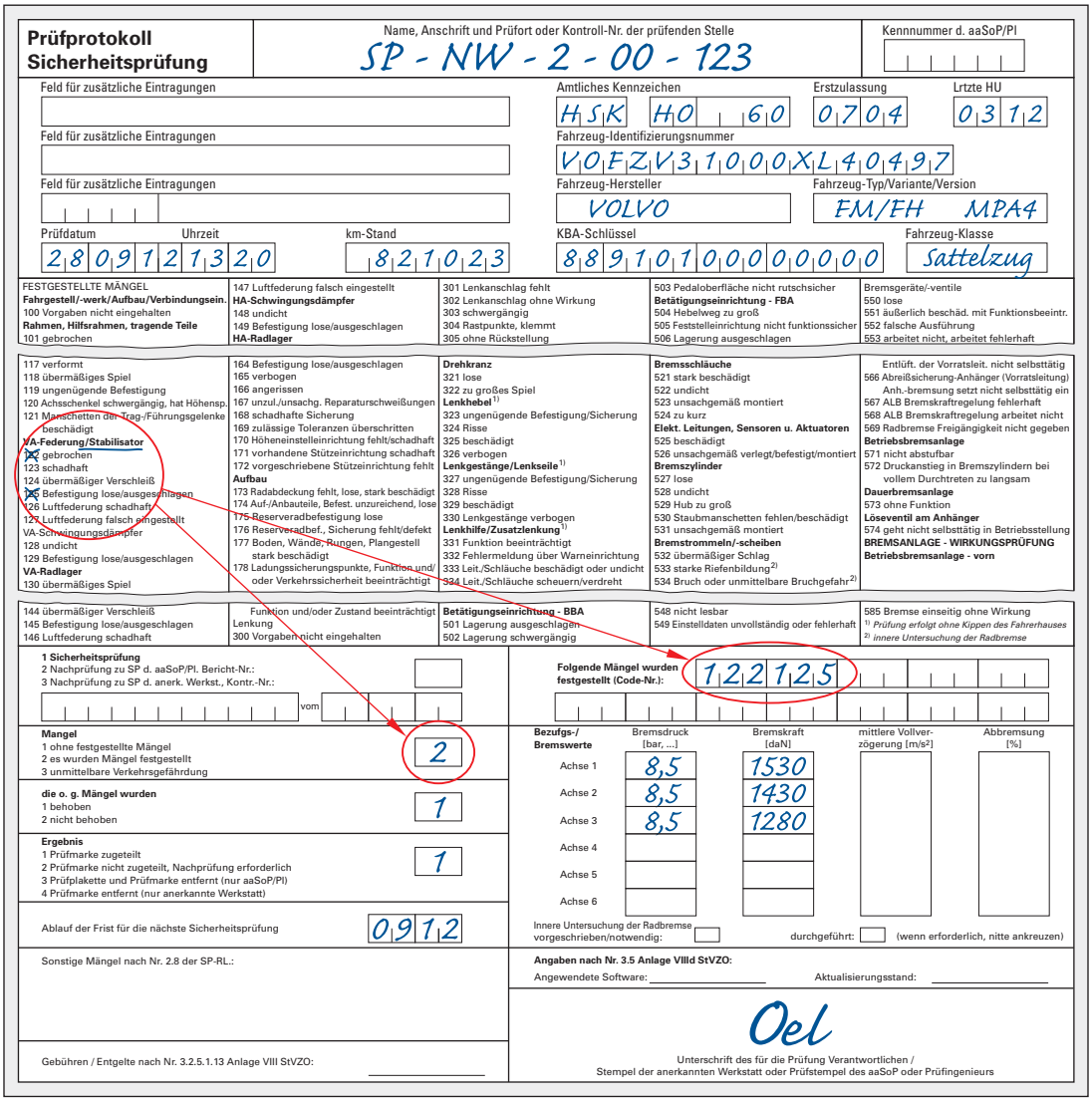


Bild 2: Übertragung der Fahrzeugdaten in das Prüfprotokoll



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:

Feld für zusätzliche Eintragungen:

Feld für zusätzliche Eintragungen:

Amtliches Kennzeichen: HSK HO 60

Erstzulassung: 0704

Lrtzte HU: 0312

Fahrzeug-Identifizierungsnummer: VOFZV3100 0XL404977

Fahrzeug-Hersteller: VOLVO

Fahrzeug-Typ/Variante/Version: FM/FH MPA4

Prüfdatum: 28.09.12

Uhrzeit: 13:20

km-Stand: 821023

KBA-Schlüssel: 8891010000000000

Fahrzeug-Klasse: Sattelzug

FESTGESTELLTE MÄNGEL

Fahrgestell/-werk/Aufbau/Verbindungsein.
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
503 Pedaloberfläche nicht rutschsicher
Betätigungseinrichtung - FBA
504 Hebelweg zu groß
505 Feststelleinrichtung nicht funktionssicher
506 Lagerung ausgeschlagen
Bremsgeräte/-ventile
550 lose
551 äußerlich beschäd. mit Funktionsbeeintr.
552 falsche Ausführung
553 arbeitet nicht, arbeitet fehlerhaft

117 verformt
118 übermäßiges Spiel
119 ungenügende Befestigung
120 Achsschenkel schwergängig, hat Höhensp.
121 Manschetten der Trag-/Führungsgelenke beschädigt
VA-Federung/Stabilisator
122 gebrochen
123 schadhaft
124 übermäßiger Verschleiß
125 Befestigung lose/ausgeschlagen
126 Luftfederung schadhaft
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/schadhaft
171 vorhandene Stützeinrichtung schadhaft
172 vorgeschriebene Stützeinrichtung fehlt
Aufbau
173 Radabdeckung fehlt, lose, stark beschädigt
174 Auf-/Anbauteile, Befest. unzureichend, lose
175 Reserveradbefestigung lose
176 Reserveradbef., Sicherung fehlt/defekt
177 Boden, Wände, Rungen, Plangestell stark beschädigt
178 Ladungssicherungspunkte, Funktion und/oder Verkehrssicherheit beeinträchtigt
Drehkranz
321 lose
322 zu großes Spiel
Lenkhebel[1]
323 ungenügende Befestigung/Sicherung
324 Risse
325 beschädigt
326 verbogen
Lenkgestänge/Lenkseile[1]
327 ungenügende Befestigung/Sicherung
328 Risse
329 beschädigt
330 Lenkgestänge verbogen
Lenkhilfe/Zusatzlenkung[1]
331 Funktion beeinträchtigt
332 Fehlermeldung über Warneinrichtung
333 Leit./Schläuche beschädigt oder undicht
334 Leit./Schläuche scheuern/verdreht
Bremsschläuche
521 stark beschädigt
522 undicht
523 unsachgemäß montiert
524 zu kurz
Elekt. Leitungen, Sensoren u. Aktuatoren
525 beschädigt
526 unsachgemäß verlegt/befestigt/montiert
Bremszylinder
527 lose
528 undicht
529 Hub zu groß
530 Staubmanschetten fehlen/beschädigt
531 unsachgemäß montiert
Bremstrommeln/-scheiben
532 übermäßiger Schlag
533 starke Riefenbildung[2]
534 Bruch oder unmittelbare Bruchgefahr[2]
Entlüft. der Vorratsleit. nicht selbsttätig
566 Abreißsicherung-Anhänger (Vorratsleitung) Anh.-bremsung setzt nicht selbsttätig ein
567 ALB Bremskraftregelung fehlerhaft
568 ALB Bremskraftregelung arbeitet nicht
569 Radbremse Freigängigkeit nicht gegeben
Betriebsbremsanlage
571 nicht abstufbar
572 Druckanstieg in Bremszylindern bei vollem Durchtreten zu langsam
Dauerbremsanlage
573 ohne Funktion
Löseventil am Anhänger
574 geht nicht selbsttätig in Betriebsstellung
BREMSANLAGE - WIRKUNGSPRÜFUNG
Betriebsbremsanlage - vorn

144 übermäßiger Verschleiß
145 Befestigung lose/ausgeschlagen
146 Luftfederung schadhaft
Funktion und/oder Zustand beeinträchtigt
Lenkung
300 Vorgaben nicht eingehalten
Betätigungseinrichtung - BBA
501 Lagerung ausgeschlagen
502 Lagerung schwergängig
548 nicht lesbar
549 Einstelldaten unvollständig oder fehlerhaft
585 Bremse einseitig ohne Wirkung

[1] Prüfung erfolgt ohne Kippen des Fahrerhauses
[2] innere Untersuchung der Radbremse

1 Sicherheitsprüfung
2 Nachprüfung zu SP d. aaSoP/PI. Bericht-Nr.:
3 Nachprüfung zu SP d. anerk. Werkst., Kontr.-Nr.:
vom

Folgende Mängel wurden festgestellt (Code-Nr.): 122125

Mangel
1 ohne festgestellte Mängel
2 es wurden Mängel festgestellt
3 unmittelbare Verkehrsgefährdung
2

die o. g. Mängel wurden
1 behoben
2 nicht behoben
1

Ergebnis
1 Prüfmarke zugeteilt
2 Prüfmarke nicht zugeteilt, Nachprüfung erforderlich
3 Prüfplakette und Prüfmarke entfernt (nur aaSoP/PI)
4 Prüfmarke entfernt (nur anerkannte Werkstatt)
1

Ablauf der Frist für die nächste Sicherheitsprüfung: 0912

Bezufgs-/Bremswerte	Bremsdruck [bar, ...]	Bremskraft [daN]	mittlere Vollver-zögerung [m/s²]	Abbremsung [%]
Achse 1	8,5	1530		
Achse 2	8,5	1430		
Achse 3	8,5	1280		
Achse 4				
Achse 5				
Achse 6				

Innere Untersuchung der Radbremse vorgeschrieben/notwendig: ☐ durchgeführt: ☐ (wenn erforderlich, nitte ankreuzen)

Sonstige Mängel nach Nr. 2.8 der SP-RL.:

Angaben nach Nr. 3.5 Anlage VIIId StVZO:
Angewendete Software: _____ Aktualisierungsstand: _____

Gebühren / Entgelte nach Nr. 3.2.5.1.13 Anlage VIII StVZO: _____

Oel

Unterschrift des für die Prüfung Verantwortlichen / Stempel der anerkannten Werkstatt oder Prüfstempel des aaSoP oder Prüfingenieurs

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.

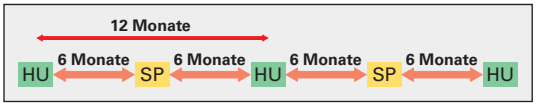


Bild 2: Regelfall

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

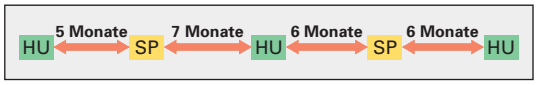


Bild 3: Vorziehen der SP

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).

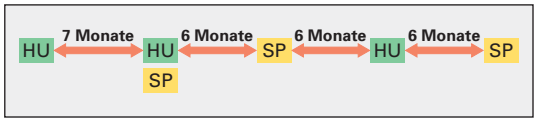


Bild 5: Fristüberschreitung

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

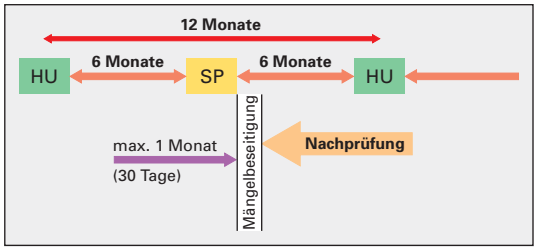


Bild 6: Regelung zur Mängelbeseitigung

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).**

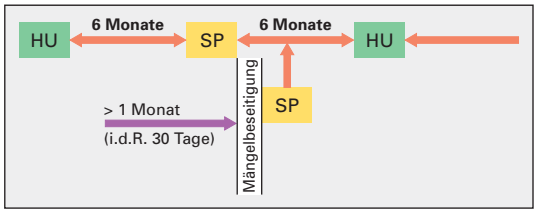


Bild 7: Überschreitung der Frist zur Mängelbeseitigung

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).

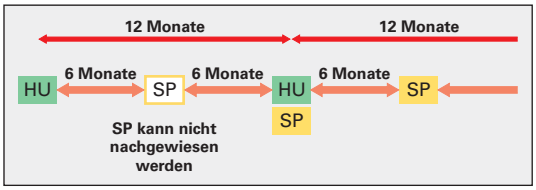


Bild 1: Nicht-Durchführung der SP

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).

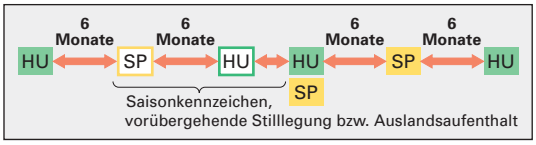


Bild 2: Saisonkennzeichen, vorübergehende Stilllegung bzw. Auslandsaufenthalt

Bild 3 zeigt den Ablauf des Prüfverfahrens in der Übersicht.

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)

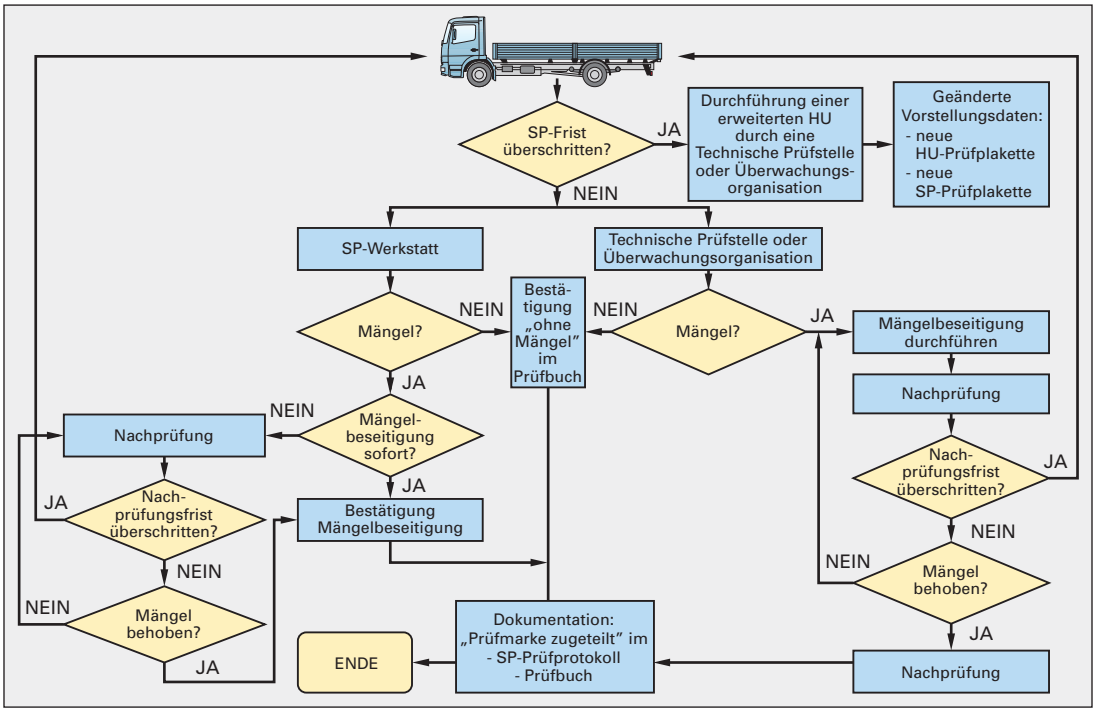


Bild 3: Verfahrensablauf der Sicherheitsprüfung

Wirkungsprüfung. Bei der Messung der Bremswirkung ist nachzuweisen, dass

1. das Fahrzeug die auf seine zulässige Gesamtmasse bezogene **Mindestabbremsung** 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 Mindestabbremsung 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	42 000	Zul. Gesamtgewicht G_z in N	180 000

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	F • i	Bremskräfte (N)	
	links	rechts	Summe				links	rechts
Achse 1	9 500	9 000	18 500	2	4,31	79 735	--	--
Achse 2	5 500	4 800	10 300	2	4,31	44 393	22 500	23 000
Achse 3	--	--	--	--	--	--	--	--
Achse 4	--	--	--	--	--	--	--	--
Summe Bremskräfte allerAchsen:			28 800	Summe (F • i) aller Achsen:		124 128	Summe Bremskräfte aller Achsen:	45 500

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.

Abbremsung *Z*. Sie ist definiert als:

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

Der für die Abbremsung 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:

$$\Delta\,\text{zul. (Achse 1)} = \frac{9500\ \text{N} - 9000\ \text{N}}{9500\ \text{N}} \cdot 100\,\% = 5\,\%$$

$$\Delta\,\text{zul. (Achse 2)} = \frac{5500\ \text{N} - 4800\ \text{N}}{5500\ \text{N}} \cdot 100\,\% = 13\,\%$$

Damit erfüllt das geprüfte Fahrzeug alle Anforderungen an die Betriebs- und die Feststellbremsanlage entsprechend der vorgeschriebenen Werte für die Mindestabbremsungen 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: Mindestabbremsung und zulässige Betätigungskräfte für SP-pflichtige Fahrzeuge

Fahrzeugklasse	Erstzulassung	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	($p_m \leq 6{,}5$ 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 Kraftfahrzeuge	vor 01.01.1991	40	–	80	15	60	80
	ab 01.01.1991			70	16		70

[1] 40 %, wenn radstandsbezogene Schwerpunkthöhe h/E ≥ 0,5

[2] Jedoch ≥ 40 % für Sattelanhänger, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens der Mindestwert 43 % nicht ereicht wird.

[3] 50 % für Anhänger (Zentralachs- sowie Drehschemelanhänger). Jedoch ≥ 43 %, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 50 % nicht ereicht werden.

[4] 45 % für Sattelanhänger bzw. 43 % für Sattelanhänger mit einer Typgenehmigung vor dem 01.01.2012. Jedoch ≥ 40 %, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 45 % bzw. 43 % nicht erreicht werden.