

Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik

Bearbeitet von
Rolf Gscheidle, Berthold Hohmann, Achim van Huet, Wolfgang Karch, Rainer Lohuis, Jochen Mann,
Torsten Nutsch, Reinhard Tomala

1. Auflage 2015. Buch. 352 S.

ISBN 978 3 8085 2371 1

Format (B x L): 17 x 24 cm

Gewicht: 614 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Technik Allgemein > Technik: Berufe & Ausbildung](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](#) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik

1. Auflage

Bearbeitet von Gewerbelehrern, Ingenieuren und Meistern

Lektorat: Berthold Hohmann, Studiendirektor, Eversberg

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

Europa-Nr.: 23711

Autoren der Fachkunde Nutzfahrzeugtechnik:

Gscheidle, Rolf	Studiendirektor	Winnenden – Stuttgart
Hohmann, Berthold	Studiendirektor	Eversberg
van Huet, Achim	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
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, Studiendirektor, 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

Druck 5 4 3 2 1

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>

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: MAN SE, München, und Daimler AG, Wörth
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt-Lechenich
Druck: Konrad Tritsch Print und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohestadt

Vorwort zur 1. Auflage

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

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

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

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

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

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

Die kraftfahrzeugtechnischen Grundlagen werden in der Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik vermittelt.

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

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

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

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

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

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

Inhaltsverzeichnis

Firmenverzeichnis	4	2.4.1	Anhängekupplungen	40	
1	Einteilung der Nutzfahrzeuge	9	2.4.2	Sattelkupplungen	43
1.1	Unterscheidung von Nutzfahrzeugen nach ihrem Verwendungszweck	9	2.4.3	Belastbarkeit von Anhänger- und Sattelkupplungen	45
1.2	Unterscheidung von Nutzfahrzeugen nach der Motoranordnung	13	2.4.3.1	Anhänger mit Drehschemellenkung	45
1.3	Einteilung der Nutzfahrzeuge nach dem Antriebskonzept	14	2.4.3.2	Zentralachsanhänger mit starrer Deichsel (Tandemzug)	45
1.4	Anhängerfahrzeuge und Fahrzeugkombinationen	15	2.4.3.3	Sattelzug	46
1.4.1	Anhängerfahrzeuge	15	3	Fahrwerk	47
1.4.2	Fahrzeugkombinationen	17	3.1	Radaufhängung	47
1.5	Einteilung der Nutzfahrzeuge nach zulässigem Gesamtgewicht	18	3.1.1	Vorderachsen	48
1.5.1	Zulässige Achslasten von Nutzfahrzeugen	18	3.1.2	Hinterachsen	50
1.5.2	Zulässiges Gesamtgewicht von Nutzfahrzeugen	19	3.1.3	Trailerachsen	52
1.6	Zulässige Abmessungen	20	3.1.4	Pendelachsen	54
1.7	Fahrerlaubnisklassen	22	3.1.5	Radlager	55
2	Fahrzeugaufbau	26	3.1.6	Achsvermessung	56
2.1	Nutzfahrzeug-Rahmen	26	3.2	Federung	58
2.1.1	Leiterrahmen (Getrennte Bauweise)	27	3.2.1	Blatt- und Schraubenfedern	58
2.1.2	Mittragende Bauweise	29	3.2.2	Luftfederung	60
2.1.3	Gitterrohrrahmen (Gerippebauweise)	29	3.2.3	Elektronisch geregelte Luftfederanlage	62
2.1.4	Selbsttragende Bauweise	30	3.2.3.1	Niveauregelung	62
2.2	Fahrerhaus	30	3.2.3.2	Dämpferregelung	66
2.2.1	Bauformen	30	3.2.4	Elektronisch geregelte Fahrwerksdämpfung (ESAC)	66
2.2.2	Fahrerhauskonzept	30	3.3	Lenkung	68
2.2.3	Fahrerhausaufhängung	32	3.3.1	Vorderachslenkung	68
2.2.4	Fahrerhausstruktur	33	3.3.2	Zweikreislenkungen	72
2.2.5	Fahrerhausformgebung	33	3.3.3	Lenkung für nichtangetriebene Hinterachsen	73
2.2.6	Rückspiegel	33	3.3.3.1	Mechanisch gelenkte Vorlaufachse	74
2.2.7	Innenausstattung der Fahrerkabine	34	3.3.3.2	Elektronisch gesteuerte Hinterachslenkung	75
2.3	Fahrzeugaufbauten	36	3.3.4	Lenkungen für Anhängerachsen	76
2.3.1	Auswahlkriterien für die Fahrgestell-/Aufbaukombination	36	3.3.4.1	Reibungsgeführte Anhängerachsen	76
2.3.2	Aufbau Richtlinien	36	3.3.4.2	Zwangsgelenkte Anhängerachsen	76
2.3.3	Standardaufbauten	37	3.4	Räder und Reifen	78
2.4	Anhänge- und Sattelkupplungen	40	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

1 Einteilung der Nutzfahrzeuge

1

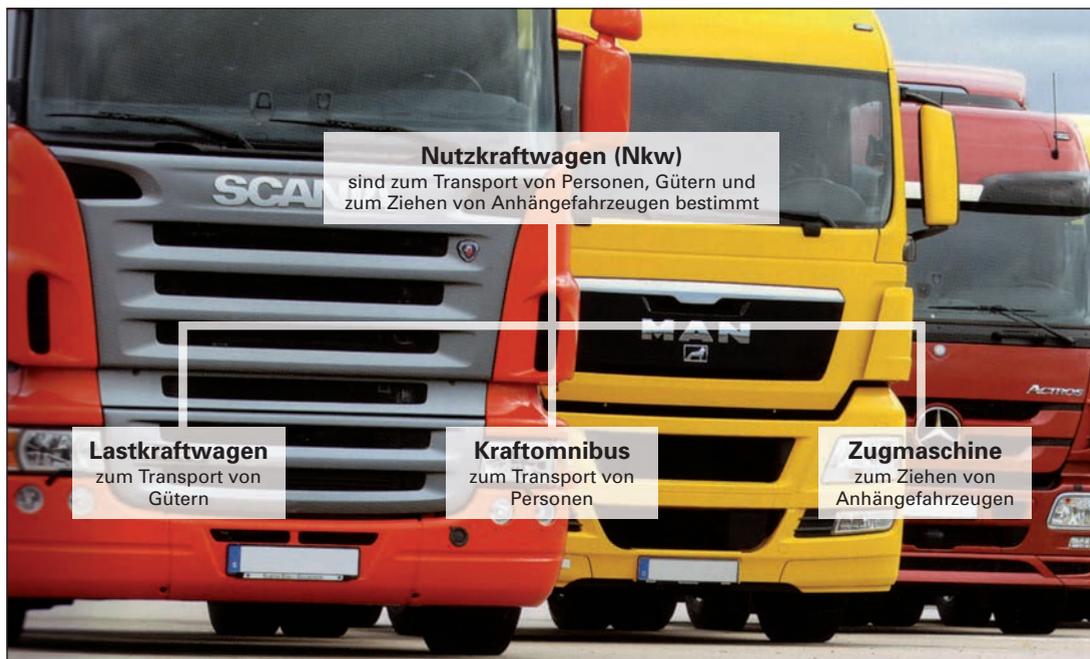


Bild 1: Einteilung von Nfz

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

- 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

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

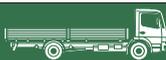
- **Motor**, mit Kraftstoffversorgungsanlage, Einspritzsystem, Abgasanlage einschließlich Systemen zur Schadstoffminderung
- **Antriebsstrang**, mit Kupplung, Getriebe und Achsantrieb
- **Fahrwerk**, mit Rahmen, Aufbauten, Federung, Rädern und Bereifung, Lenkung und Bremsanlage
- **Fahrzeugelektrik**, 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

1

Vielwecklastkraftwagen



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

Daher können solche Fahrzeuge zum Transport verschiedenster Stückgüter genutzt werden.

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

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



Bild 1: Vielwecklastkraftwagen mit Pritsche



Bild 2: Vielwecklastkraftwagen mit Kastenaufbau

Speziallastwagen



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

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



Bild 3: Speziallastwagen – Leiterwagen der Feuerwehr



Bild 4: Speziallastwagen zur kommunalen Abfallentsorgung



Bild 5: Speziallastwagen: Betonmischerfahrzeug

Anhänge-Zugmaschine



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

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



Bild 1: Anhängе-Zugmaschine

Traktor



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



Bild 2: Traktor

Sattelzugmaschine



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



Bild 3: Sattelzugmaschine

Kraftomnibusse

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

Kleinbus



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



Bild 4: Kleinbus

Linienbus



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



Bild 5: Linienbus

1

Überlandlinienbus



Ein Überlandlinienbus ist ein Kraftomnibus, der für den Einsatz im Überland-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

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 Reisegepächs der Fahrgäste steht ein separates Gepäckabteil zur Verfügung.



Bild 2: Reisebus

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

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. **Se**lective **C**atalytic **R**eduction) ist ein chemisches Verfahren, bei dem in einem Katalysator die Stickoxide im Abgas gezielt (selektiv) reduziert werden.

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

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

6

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

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

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

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

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

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

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

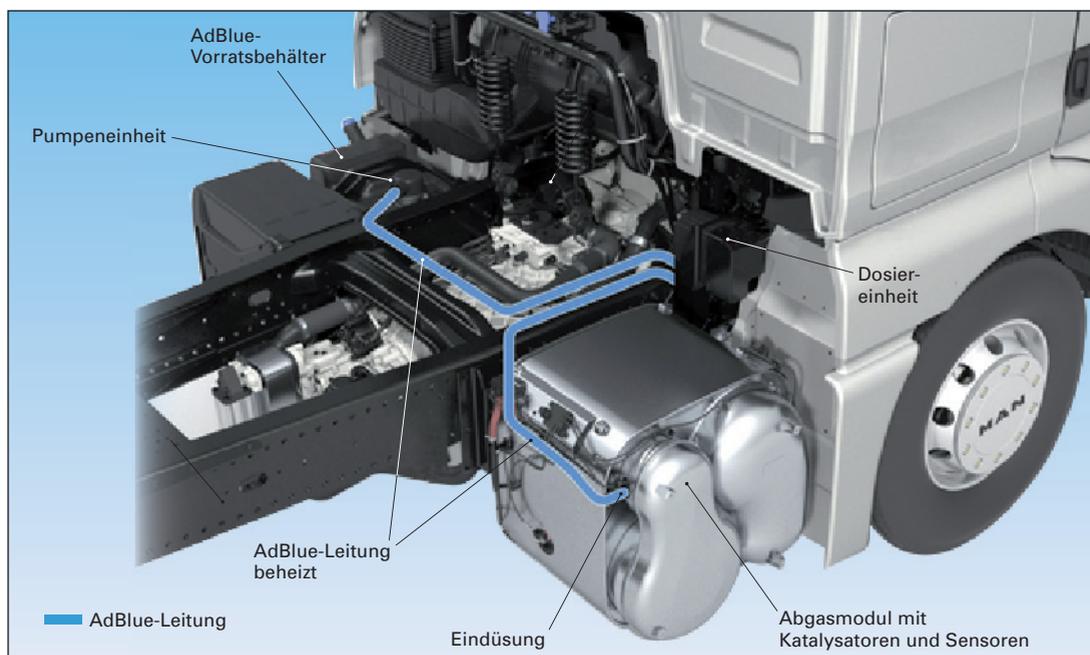


Bild 1: Übersicht Komponenten eines SCR-Systems

AdBlue-Versorgung

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



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).

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

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

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

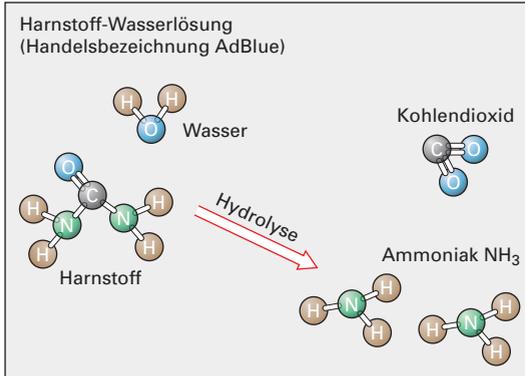


Bild 1: Hydrolyse von AdBlue zu Ammoniak

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

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

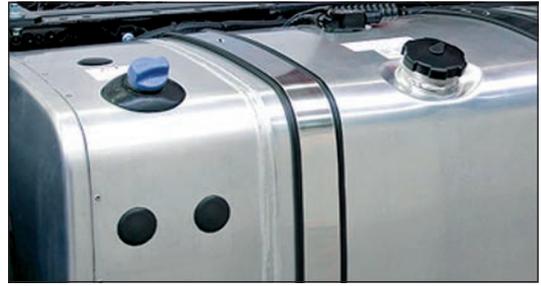


Bild 2: Kombitank AdBlue und Diesel getrennt

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



Bild 3: AdBlue-Tankdeckel und Einfüllstutzen

WERKSTATTTHINWEISE

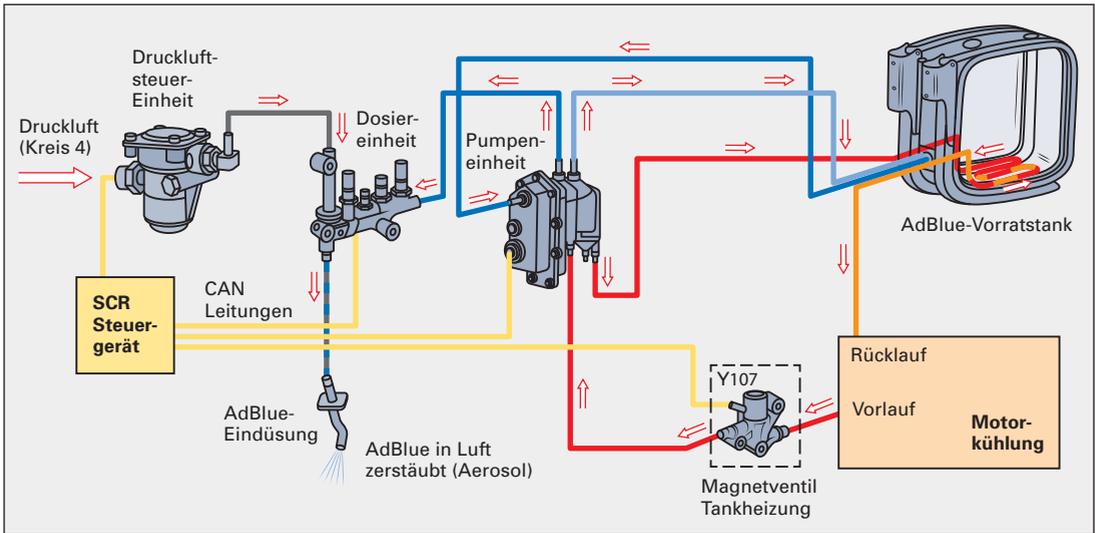
Umgang mit AdBlue®.

Lagerung und Haltbarkeit

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

Umwelt und Arbeitsschutz

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



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

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).

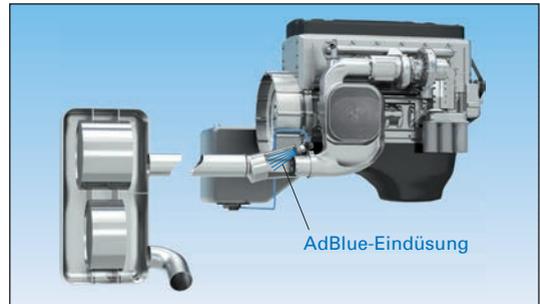


Bild 2: Eindüsung in Motorbremseklappenstutzen

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).

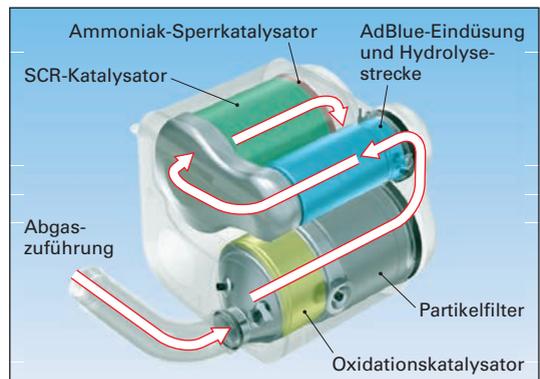


Bild 3: Abgasmodul mit Hydrolysestrecke

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 (NO₂) lässt sich im SCR-Katalysator besser umsetzen als Stickstoffmonoxid (NO). Die Oxidation von NO zu NO₂ 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 (NH₂)₂CO in Ammoniak NH₃ statt. Die Spaltung erfolgt mithilfe von Wasser (Hydrolyse). Dieser Vorgang benötigt eine Reaktionszeit.

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

WERKSTATTTHINWEIS

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

SCR-Katalysator. Hier reagiert das Ammoniak mit den Stickoxiden zu N₂ und H₂O. Zur Überprüfung der notwendigen Menge an Harnstoff wird am Ausgang des SCR-Katalysators die NO_x-Konzentration gemessen.

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

SCR-Steuerung

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

NO_x-Sensor

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

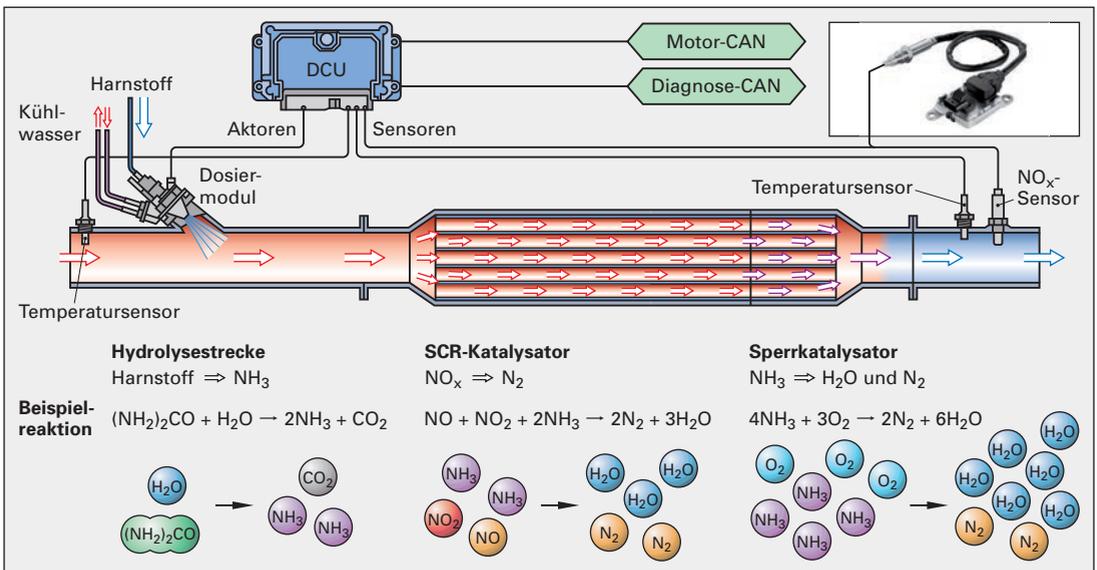


Bild 1: Schematische Darstellung der SCR-Technologie mit Reaktionsgleichungen

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

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

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

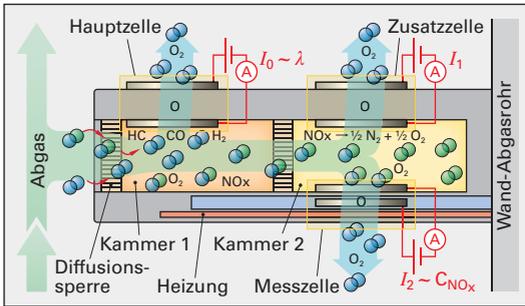


Bild 1: Aufbau und Funktion des NO_x-Sensors

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

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

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

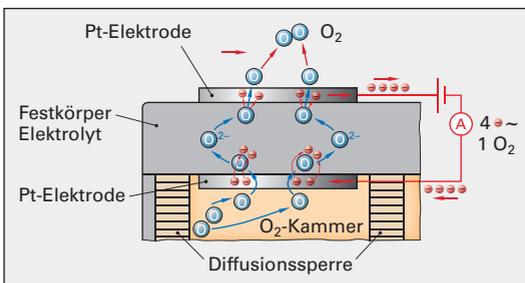


Bild 2: Elektrochemische Zelle (Hauptzelle)

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

6.3.2.4 OBD-Fehlermanagement

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

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

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

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

NO_x-Schwellenwerte. Es werden unterschieden:

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

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

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

8.4.1.3 Gruppengetriebe

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

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

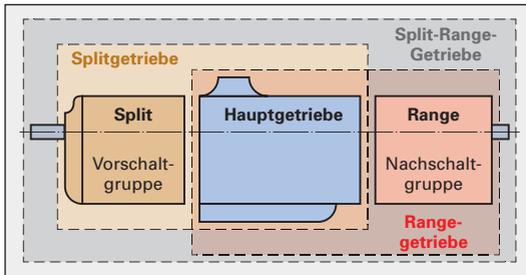


Bild 1: Gruppengetriebe

Splitgetriebe

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

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

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

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

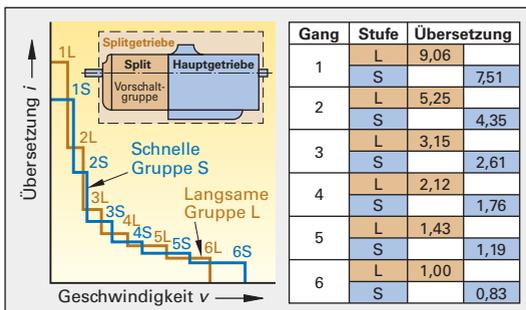


Bild 2: Übersetzung 6-Gang-Splitgetriebe (OD)

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

1) split (engl.): teilen

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

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

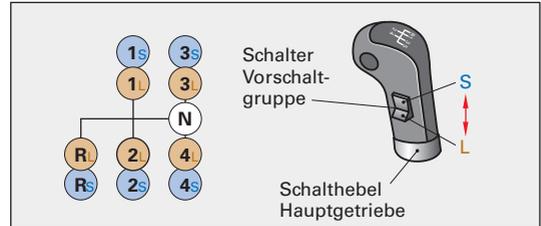


Bild 3: H-Schaltung Splitgetriebe

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

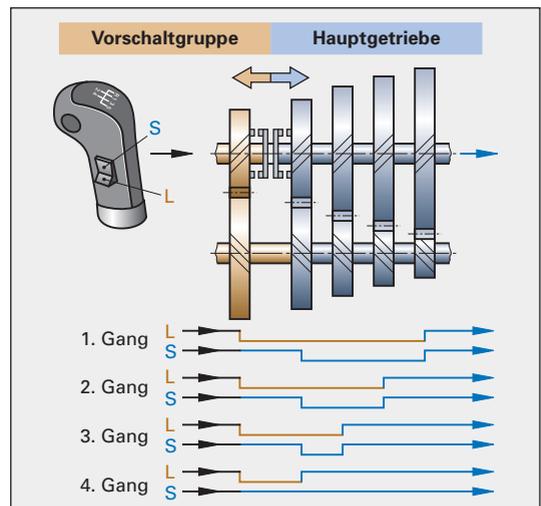


Bild 4: Kraftverlauf 4-Gang-Splitgetriebe (DD)

Rangegetriebe

Gruppengetriebe mit Rangegruppe¹⁾ werden als Rangegetriebe bezeichnet.

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

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

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

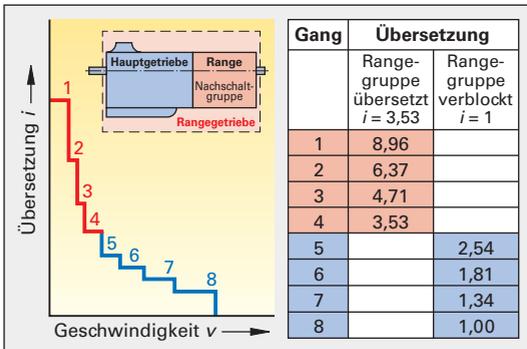


Bild 1: 8-Gang-Rangegetriebe

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

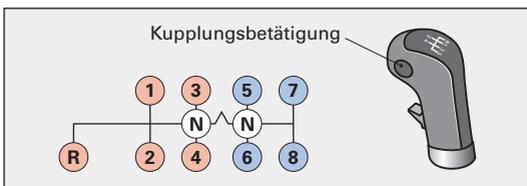


Bild 2: Doppel-H-Schaltung (Rangegetriebe)

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

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

Crawler. Als Crawler²⁾ 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.

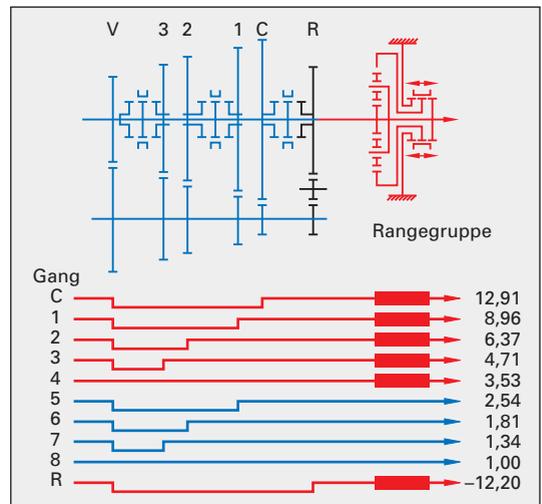


Bild 3: Rangegetriebe 4 x 2 + Crawler (C)

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

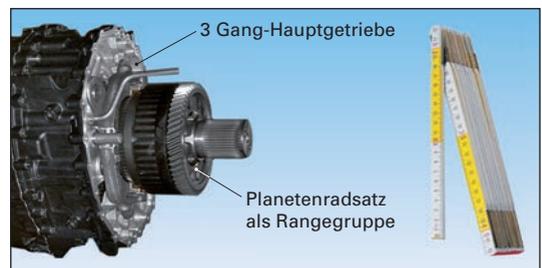


Bild 4: Planetenradsatz

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

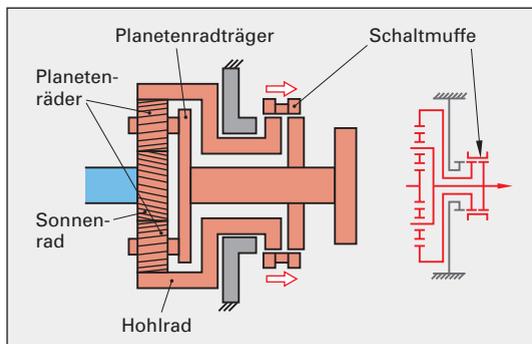


Bild 1: Rangegruppe verblockt

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

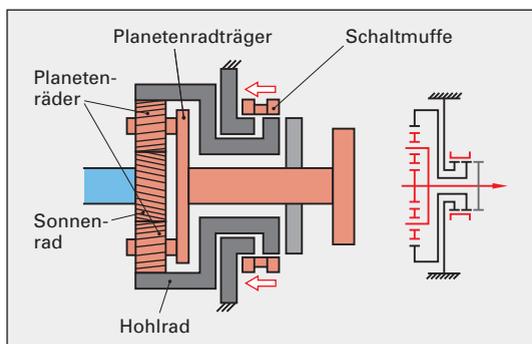


Bild 2: Rangegruppe übersetzt

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

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

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

Split-Range-Getriebe

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

Splitgruppe. Sie verdichtet die Gangfolge.

Rangegruppe. Sie erweitert die Gangfolge.

Beide Gruppen verdoppeln jeweils die Anzahl der Übersetzungsstufen.

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

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

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

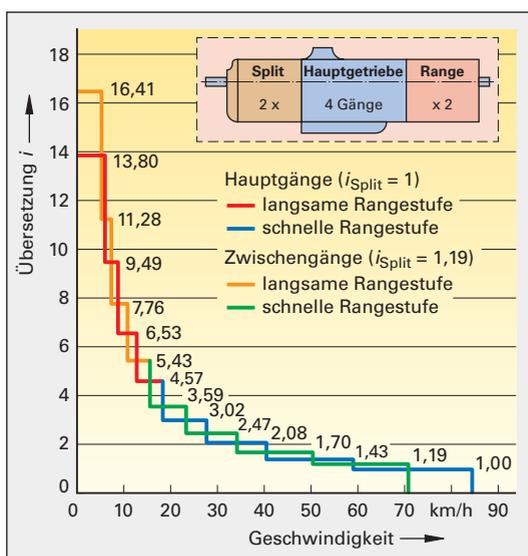


Bild 3: Übersetzung eines Split-Range-Getriebes

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

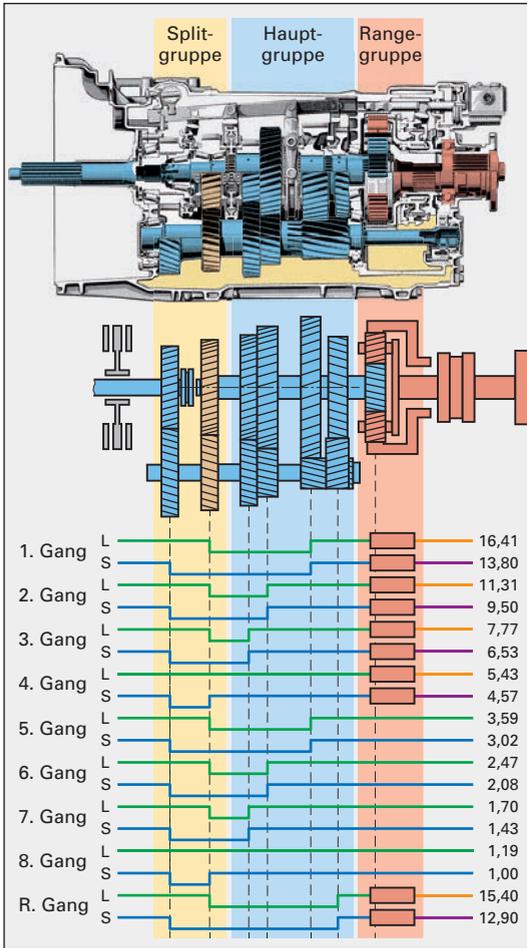


Bild 1: Kraftfluss Split-Range-Getriebe

Beschreibung des Kraftflusses (Bild 1)

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

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

Beispiel 2. Gang langsam (Bild 1). In der Vorschaltgruppe findet die erste Übersetzung ins Langsame (z. B. $i_{Split} = 1,19$) 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.

8

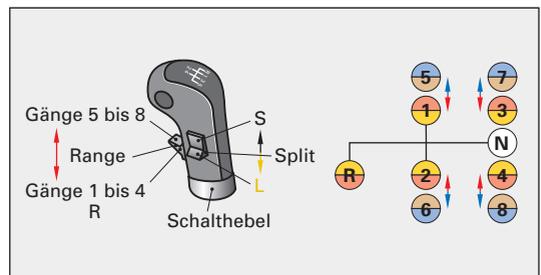


Bild 2: Einfach-H-Schaltung Split-Range-Getriebe

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

9.5 Elektrische Anlage bei Nkw für Gefahrgut

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

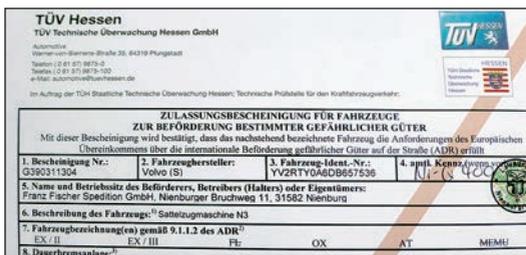


Bild 1: ADR-Zulassungsbescheinigung

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

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

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

Unter die Gefahrklasse 1 fallen Explosivstoffe, wie...

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

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

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

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

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

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

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



Bild 2: Leitung mit ADR-Freigabe

Leitungsverbindungen (z.B. zum Heckleuchtgehäuse) 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

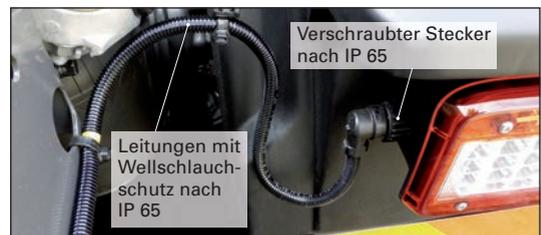


Bild 3: Leitung und Stecker nach IP 65

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

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

Batterieauptschalter (NOT-AUS-Schalter) (Bild 1).

Um alle Stromkreise unterbrechen oder schließen zu können, muss sich ein Batterieauptschalter 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 Batterieauptschalters 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 Batterieauptschalter umgehen.

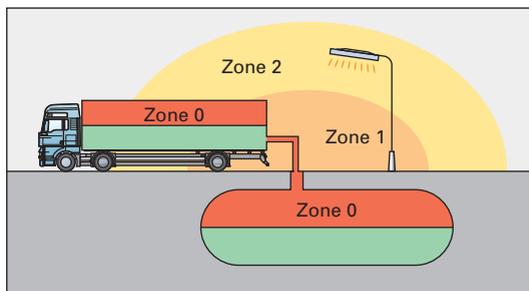


Bild 2: Explosionsgefährdete Zonen (IEC 60079)

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.

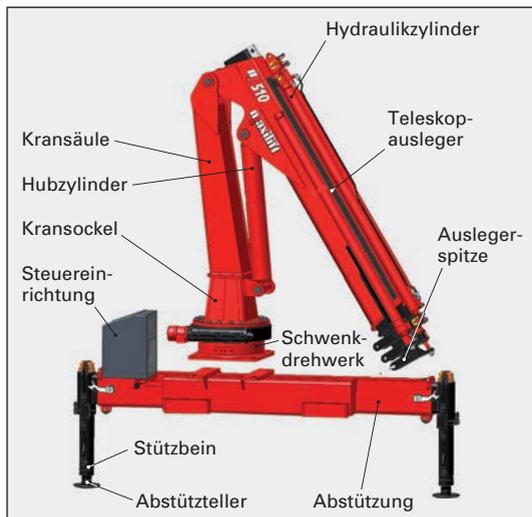


Bild 2: Ladekran mit Teleskopausleger

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.

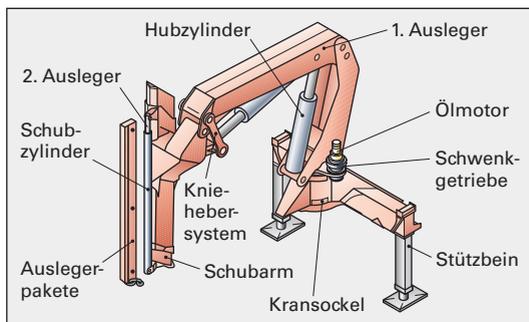


Bild 3: Ladekran mit Knickausleger

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“:

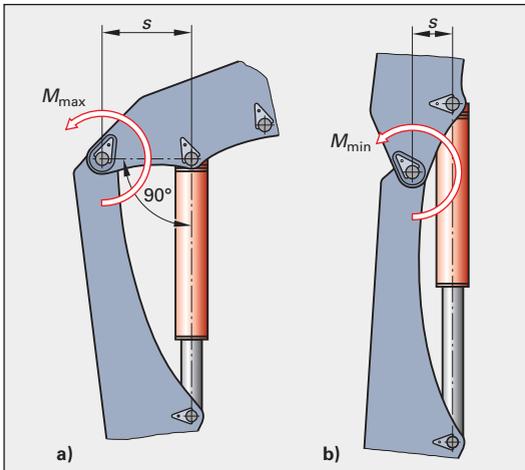


Bild 1a: max. Hubmoment

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

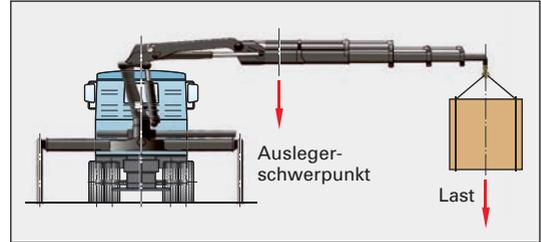


Bild 2: Lastmoment

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

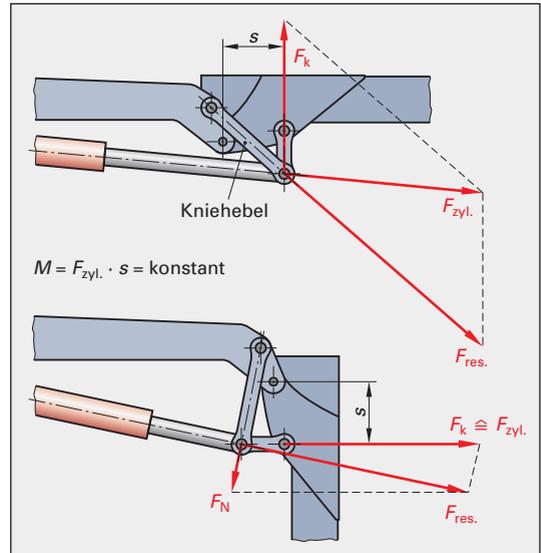


Bild 3: Kniehebelprinzip

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

Vorteile des Kniehebelsystems:

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

12.4.2 Hydraulisches Schema eines Ladekrans

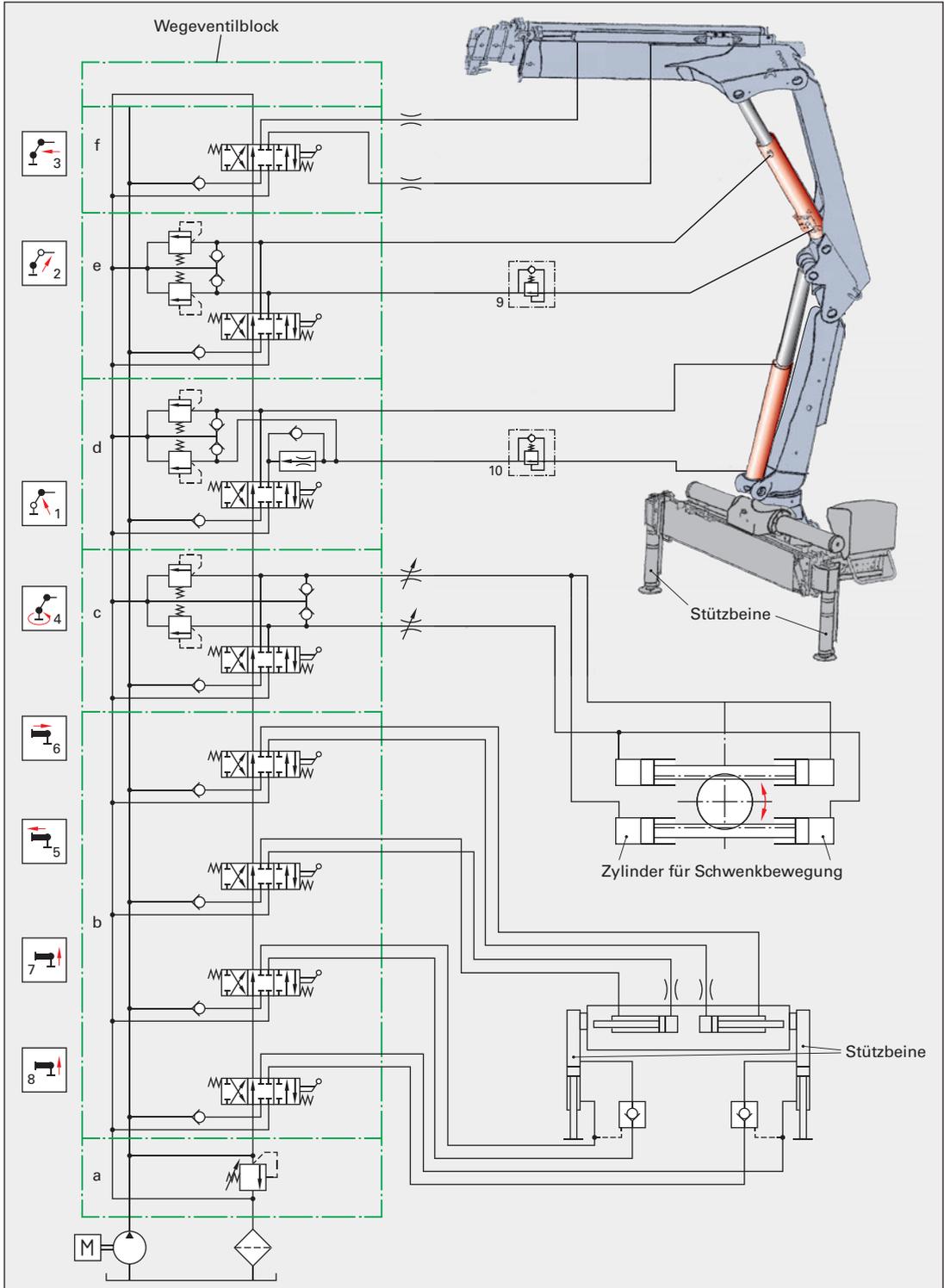


Bild 1: Schaltplan Ladekran

Arbeitsweise des Ladekrans (Bild 1)

Die Aufgaben der Zylinder werden in acht verschiedene Funktionen aufgeteilt:



Der Hubzylinder dient zum Heben und Senken des ersten Auslegers.



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



Der Ausfahrzylinder betätigt den ausfahrbaren Teil der Auslegerspitze.



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



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



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



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

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

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

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

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

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

Werden die Zylinder auf Anschlag gefahren, d. h. in Endstellung, so können die Überdruckventile nicht mehr ansprechen. Dadurch werden die beim Schwenken möglichen Schwungkkräfte 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 Lasthaltmoment, 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**).

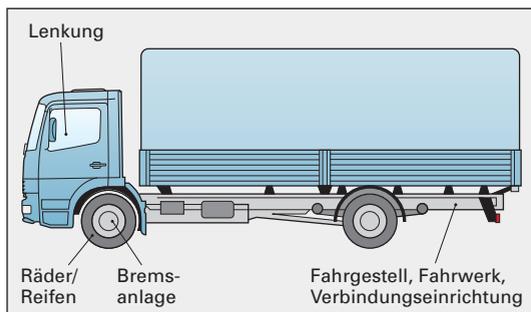


Bild 1: Prüfbereiche der SP

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**
- **Zugvorrichtung**
- **Aufbau**
- **Lenkung:** Lenkgetriebe, Lenkgelenke/Lenkscheiben, Schubstangen/Spurstangen, Drehkranz, Lenkhebel, Lenkgestänge/Lenkseile, Lenkhilfe/Zusatzenkung, Lenkungsdämpfer
- **Bereifung, Räder**
- **Bremsanlage:** Betätigung Betriebsbremsanlage und Feststellbremsanlage, Bremsseile, Bremsgestänge/Gelenke, Bremswellen, Bremsleitungen, Bremschläuche, Bremszylinder, Bremsstrommeln und -scheiben, Bremsbeläge, Bremsnocken, Kupplungsköpfe, ALB-Schild, Brems-

geräte/-ventile, Druckluftbehälter, Prüfanschlüsse, Automatischer Blockierverhinderer

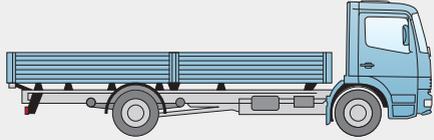
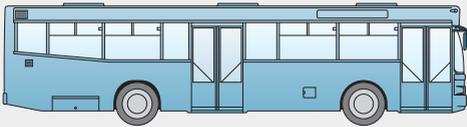
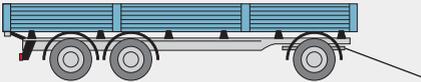
- **Bremsanlage Funktionsprüfung:** Füllzeit Kompressor, Warn- und Kontrolleinrichtungen, Energiespeicherung, Entwässerung, Drucksicherung, Abreißsicherung, Bremskraftregelung ALB, Freigängigkeit Radbremse, Dichtigkeit, Funktion Löseventil am Anhänger
- **Bremsanlage Wirkungsprüfung:** Bremsdruck, Ausreichende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

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

14.3.2 SP-pflichtige Fahrzeuge

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

Tabelle 1: SP-pflichtige Fahrzeuge


Kraftfahrzeuge , die zur Güterbeförderung (Lkw) bestimmt sind, selbst fahrende Arbeitsmaschinen, Stapler und Zugmaschinen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von zGG > 7,5 t (Fahrzeugklassen N₂ und N₃)

Kraftomnibusse (KOM) und andere Kraftfahrzeuge mit mehr als 8 Fahrgastplätzen (Fahrzeugklassen M₂ und M₃)

Anhänger , einschließlich angehängte Arbeitsmaschinen und Wohnanhänger mit einem zulässigen Gesamtgewicht von zGG > 10 t (Fahrzeugklasse O₄)

14.3.3 Prüfberechtigung

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

naten insgesamt drei Sicherheitsprüfungen durchgeführt werden.

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

14.3.4 Prüffristen

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

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

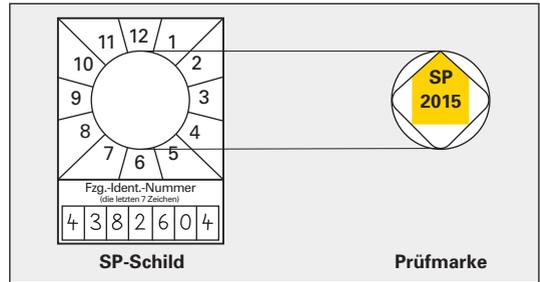


Bild 1: Prüfplakette SP

Tabelle 1: SP-Fristen untersuchungspflichtiger Fahrzeuge

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

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).

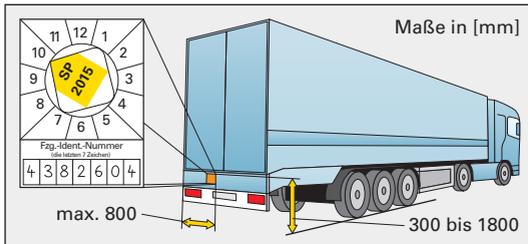


Bild 1: Anbringung der Plakette am Fahrzeug

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).

Fahrzeug-Hersteller: **Feld 2.1 (Code)**

Fahrzeug-Typ: **Feld 2.2 die ersten 3 Stellen (Code)**
Fahrzeug-Variante/Version: **Feld 2.2 die letzten 5 Stellen (Code)**

Erstzulassung: Feld B	10.07.2004	9101	00000000
Fahrzeug-Klasse: Feld J (Code)	88	0000	
Fahrzeug-Identifizierungs-Nr.: Feld E	VOFZV31000XL40497		
Fahrzeug-Typ: Feld D.2 (1. Zeile)	FM/FH-4x2T		
Fahrzeug-Variante: Feld D.2 (2. Zeile)	TH, 437A		
Fahrzeug-Version: D2 (3. Zeile)	MPA4B01300E409LA2		
Fahrzeug-Hersteller: Feld 2	VOLVO		
Fahrzeug-Klasse: Feld 5	Sattelzugmaschine		

Prüfprotokoll Sicherheitsprüfung	Name, Anschrift und Prüfort oder Kontroll-Nr. der prüfenden Stelle SP-NW 6-03-0005	Kennnummer d. aaSp/PI _ _ _ _ _ _ _				
Feld für zusätzliche Eintragungen	Amtesliches Kennzeichen H5K H0 700	Erstzulassung 0704				
Feld für zusätzliche Eintragungen	Fahrzeug-Identifizierungsnummer VOFZV31,0,0,0,XL4,0,4,9,7	Letzte HU 071,1				
Feld für zusätzliche Eintragungen	Fahrzeug-Hersteller VOLVO	Fahrzeug-Typ/Variante/Version FM/FH TH3 MP174				
Prüfdatum 7,6,0,1,1,2,1,5,3,0	Uhrzeit 18,0,0,2,4,4	km-Stand 8891010000000				
<table border="0" style="width: 100%; font-size: 8px;"> <tr> <td style="width: 25%;"> Feld J (Code) Feld 2.1 (Code) Feld 2.2 die ersten 3 Stellen (Code) Feld 2.2 die letzten 5 Stellen (Code) </td> <td style="width: 75%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"> KBA-Schlüssel 8891010000000 </td> <td style="width: 75%;"> Fahrzeug-Klasse Sattelzug </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>			Feld J (Code) Feld 2.1 (Code) Feld 2.2 die ersten 3 Stellen (Code) Feld 2.2 die letzten 5 Stellen (Code)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"> KBA-Schlüssel 8891010000000 </td> <td style="width: 75%;"> Fahrzeug-Klasse Sattelzug </td> </tr> </table>	KBA-Schlüssel 8891010000000	Fahrzeug-Klasse Sattelzug
Feld J (Code) Feld 2.1 (Code) Feld 2.2 die ersten 3 Stellen (Code) Feld 2.2 die letzten 5 Stellen (Code)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"> KBA-Schlüssel 8891010000000 </td> <td style="width: 75%;"> Fahrzeug-Klasse Sattelzug </td> </tr> </table>	KBA-Schlüssel 8891010000000	Fahrzeug-Klasse Sattelzug			
KBA-Schlüssel 8891010000000	Fahrzeug-Klasse Sattelzug					
FESTGESTELLTE MÄNGEL: 147 Luftfederung falsch eingestellt 148 Schwingungsämpfer 148 undicht 301 Lenkanschlag fehlt 302 Lenkanschlag ohne Wirkung 303 schwergängig 503 Pedaloberfläche nicht rutschsicher 504 Hebelweg zu groß 550 lose 551 äußerlich beschäd. mit Funktionsbeeintr.						

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 		Antliches Kennzeichen H 5 K H 0 6 0		Erstzulassung 0 7 0 4	
Feld für zusätzliche Eintragungen 		Fahrzeug-Identifizierungsnummer V O F Z V 3 1 0 0 0 X L 4 0 4 9 7		Lrtzte HU 0 3 1 2	
Feld für zusätzliche Eintragungen 		Fahrzeug-Hersteller VOLVO		Fahrzeug-Typ/Variante/Version EM / FH MPA 4	
Prüfdatum 2 8 0 9 1 2 1 3 2 0		Uhrzeit 8 2 1 0 2 3		km-Stand 8 2 1 0 2 3	
KBA-Schlüssel 8 8 9 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0		Fahrzeug-Klasse Sattelzug			
FESTGESTELLTE MÄNGEL		147 Luftfederung falsch eingestellt HA-Schwingungsdämpfer		301 Lenkanschlag fehlt 302 Lenkanschlag ohne Wirkung 303 schwergängig 304 Rastpunkte, klemmt 305 ohne Rückstellung	
109 Vorgaben nicht eingehalten Rahmen, Hilfsrahmen, tragende Teile 101 gebrochen		503 Pedaloberfläche nicht rutschsicher Betätigungseinrichtung - FBA 504 Hebelweg zu groß 505 Feststelleinrichtung nicht funktionsicher 506 Lagerung ausgeschlagen		590 Bremsgerätee-ventile 590 lose 591 äußerlich beschäd. mit Funktionsbeeintr. 592 falsche Ausführung 593 arbeitet nicht, arbeitet fehlerhaft	
117 verformt 118 übermäßiges Spiel 119 ungenügende Befestigung 120 Achsschenkel schwergängig, hat Höhenspi 121 Messschrittzug-/Führungsgelenke 122 beschädigt VA-Federung/Stabilisator 123 gebrochen 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-, Wälzlagerungen, Plangestell stark beschädigt 178 Ladungssicherungspunkte, Funktion und/oder Verkehrssicherheit beeinträchtigt		Drehkranz 321 lose 322 zu großes Spiel Lenkhebel¹⁾ 323 ungenügende Befestigung/Sicherung 324 Risse 325 beschädigt 326 verbogen Lenkgestänge/Lenkseile¹⁾ 327 ungenügende Befestigung/Sicherung 328 Risse 329 beschädigt 330 Lenkgestänge verbogen Lenkhilfe/Zusatzlenkung¹⁾ 331 Funktion beeinträchtigt 332 Fehlermeldung über Warneinrichtung 333 Leit./Schläuche beschädigt oder undicht 334 Leit./Schläuche scheuern/verdreht	
144 übermäßiger Verschleiß 145 Befestigung lose/ausgeschlagen 146 Luftfederung schadhaft		Funktion und/oder Zustand beeinträchtigt Betätigungseinrichtung - BBA 501 Lagerung ausgeschlagen 502 Lagerung schwergängig		548 nicht lesbar 549 Einstelldaten unvollständig oder fehlerhaft	
1 Sicherheitssprüfung 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.): 1, 2, 2, 1, 2, 5		585 Bremse einseitig ohne Wirkung 586 Abbremsung ¹⁾ Prüfung erfolgt ohne Kippen des Fahrerhauses ²⁾ innere Untersuchung der Radbremse	
Mangel 1 ohne festgestellte Mängel 2 es wurden Mängel festgestellt 3 unmittelbare Verkehrsfährdung 2		Bezüge-/Bremswerte		mittlere Vollverzögerung [m/s ²]	
die o. g. Mängel wurden 1 behoben 2 nicht behoben 1		Achse 1 8,5		1530	
Ergebnis 1 Prüfmarke zugeteilt 2 Prüfmarke nicht zugeteilt, Nachprüfung erforderlich 3 Prüfplakette und Prüfmarke entfernt (nur aaSoP/PI) 4 Prüfmarke entfernt (nur anerkannte Werkstat) 1		Achse 2 8,5		1430	
Ablauf der Frist für die nächste Sicherheitsprüfung 0 9 1 2		Achse 3 8,5		1280	
Sonstige Mängel nach Nr. 2.8 der SP-RL.: 0 9 1 2		Achse 4			
		Achse 5			
		Achse 6			
Gebühren / Entgelte nach Nr. 3.2.5.1.13 Anlage VIII StVZO:		Innere Untersuchung der Radbremse vorgeschrieben/notwendig: <input type="checkbox"/> durchgeführt: <input type="checkbox"/> (wenn erforderlich, nite ankreuzen)		Angaben nach Nr. 3.5 Anlage VIII StVZO: Angewendete Software: _____ Aktualisierungsstand: _____	
		Oel		Unterschrift des für die Prüfung Verantwortlichen / Stempel der anerkannten Werkstatt oder Prüftempel des aaSoP oder Prüflingenieurs	

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**).

Kernteil der Anerkennungsnummer	
SP-	NW 4-14-0967
SP	SP-Anerkennung
NW	Bundesland
4	Kammerbezirk der HWK
14	Kennung der Innung
0967	lfd. Nr. des Betriebes in der Innung

Bild 1: Aufbau der Anerkennungsnummer

14.3.6 Ausnahmen und Verfahrensablauf zur Fristenregelung

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

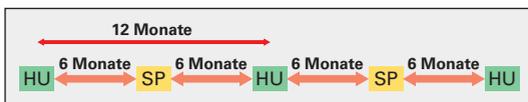


Bild 2: Regelfall

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



Bild 3: Vorziehen der SP

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

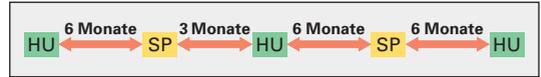


Bild 4: Vorziehen der HU

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

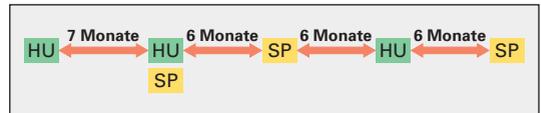


Bild 5: Fristüberschreitung

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

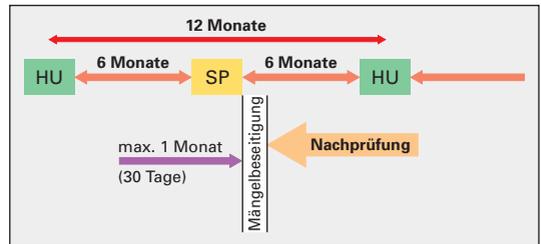


Bild 6: Regelung zur Mängelbeseitigung

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

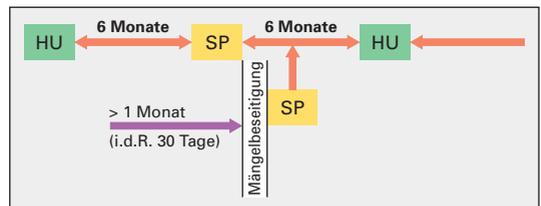


Bild 7: Überschreitung der Frist zur Mängelbeseitigung

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

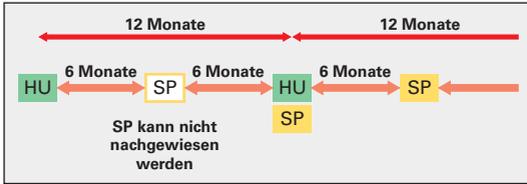


Bild 1: Nicht-Durchführung der SP

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

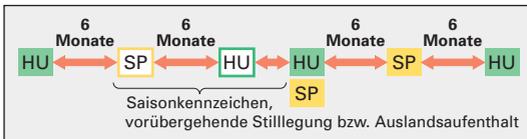


Bild 2: Saisonkennzeichen, vorübergehende Stilllegung bzw. Auslandsaufenthalt

Bild 3 zeigt den Ablauf des Prüfverfahrens in der Übersicht.

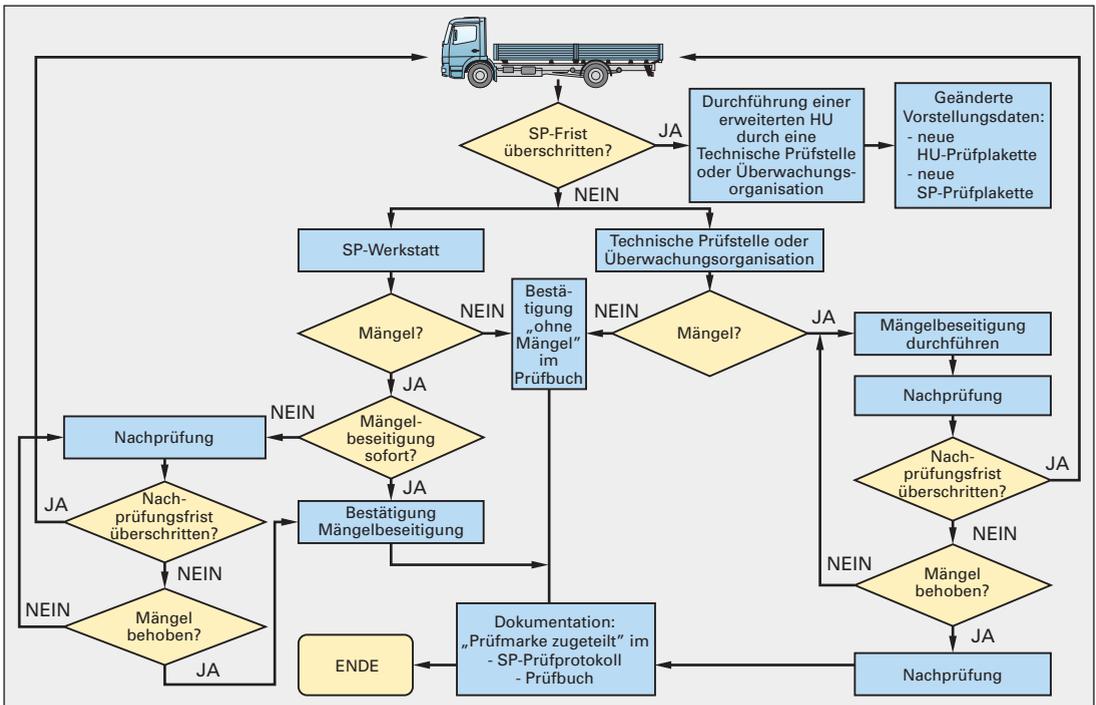


Bild 3: Verfahrensablauf der Sicherheitsprüfung

14.3.7 Bremsenprüfung

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

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

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

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

Wirkungsprüfung. Bei der Messung der Bremswirkung ist nachzuweisen, dass

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

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

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

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

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

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

Amtliches Kennzeichen:		<i>HSK HO 60</i>							
Bremswirkung - Berechnungsblatt									
Prüfgewicht des Fahrzeugs P_M in N		<i>42000</i>		Zul. Gesamtgewicht G_2 in N		<i>180000</i>			
Berechnungsdruck bzw. max. Bremsdruck für das Fahrzeug/die Einzelachsen (p_N) in bar				<i>7,3</i>		<i>7,3</i> -- --			
Betriebsbremsanlage				Feststellbremse					
Bremskräfte (N)			Betätigungsdruck p in bar	i $F \cdot i$		Bremskräfte (N)			
links	rechts	Summe				links	rechts		
Achse 1	<i>9500</i>	<i>9000</i>	<i>18500</i>	<i>2</i>	<i>4,31</i>	<i>79735</i>	--	--	
Achse 2	<i>5500</i>	<i>4800</i>	<i>10300</i>	<i>2</i>	<i>4,31</i>	<i>44393</i>	<i>22500</i>	<i>23000</i>	
Achse 3	--	--	--	--	--	--	--	--	
Achse 4	--	--	--	--	--	--	--	--	
Summe Bremskräfte aller Achsen:		<i>28800</i>		Summe ($F \cdot i$) aller Achsen:		<i>124128</i>		Summe Bremskräfte aller Achsen:	<i>45500</i>
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 :									
<ol style="list-style-type: none"> 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:

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

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

Damit erfüllt das geprüfte Fahrzeug alle Anforderungen an die Betriebs- und die Feststellbremsanlage entsprechend der vorgeschriebenen Werte für die Mindestabbremungen 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: Mindestabbremung 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		
	vor 01.01.2012	50					
O_4	ab 01.01.1991	40	$(p_m \leq 6,5 \text{ bar})$ (Berechnungsdruck)		15	60	-
	ab 01.01.1991 und vor 01.01.2012	43 ²⁾			16		
	ab 01.01.2012	50 ³⁾ 45/43 ⁴⁾					
Übrige Kraftfahrzeuge	vor 01.01.1991	40	-	80	60	80	
	ab 01.01.1991			70		70	

1) 40%, wenn radstandsbezogene Schwerpunkthöhe $h/E \geq 0,5$

2) Jedoch $\geq 40\%$ für Sattelanhänger, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens der Mindestwert 43% nicht erreicht wird.

3) 50% für Anhänger (Zentralachs- sowie Drehschemelanhänger). Jedoch $\geq 43\%$, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 50% nicht erreicht werden.

4) 45% für Sattelanhänger bzw. 43% für Sattelanhänger mit einer Typpgenehmigung vor dem 01.01.2012. Jedoch $\geq 40\%$, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 45% bzw. 43% nicht erreicht werden.