



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik

31. neubearbeitete Auflage

Bearbeitet von Gewerbelehrern, Ingenieuren und Meistern

Lektorat: R. Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden – Stuttgart

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

Europa-Nr.: 20108

Autoren der Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik:

| | | |
|-------------------|---|----------------------------|
| Brand, Mona | Studiendirektorin | München |
| Fischer, Richard | Studiendirektor | Polling – München |
| Gscheidle, Rolf | Studiendirektor | Winnenden – Stuttgart |
| Gscheidle, Tobias | Dipl.-Gwl., Studiendirektor | Filderstadt – Sindelfingen |
| Heider, Uwe | Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG | Neckarsulm – Ellhofen |
| Hohmann, Berthold | Oberstudiendirektor | Eversberg |
| Keil, Wolfgang | Oberstudiendirektor | München |
| Lohuis, Rainer | Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat | Hückelhoven – Aachen |
| Mann, Jochen | Dipl.-Gwl., Studiendirektor | Schorndorf – Stuttgart |
| Renz, David | M.Sc., Oberstudienrat | Gomaringen – Stuttgart |
| Schlögl, Bernd | Dipl.-Gwl., Studiendirektor | Rastatt – Gaggenau |
| Wimmer, Alois | Oberstudienrat | Berghülen |

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden – Stuttgart

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. Der Nachvollzug der beschriebenen Arbeiten erfolgt auf eigene Gefahr. Haftungsansprüche gegen die Autoren oder den Verlag sind ausgeschlossen.

31. Auflage 2019, korrigierter Nachdruck 2023

Druck 5 4

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

ISBN 978-3-8085-2325-4

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Audi AG, Ingolstadt; BMW AG München; © Polina Krasnikova – shutterstock.com;

KTM Mattighofen, Austria (Foto: H. Mitterbauer); Daimler AG, Stuttgart; Dr. Ing. H.C. Porsche AG, Stuttgart;

TOYOTA Deutschland GmbH, Köln; Volkswagen AG, Wolfsburg

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

VORWORT ZUR 31. AUFLAGE

Die Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik soll den Auszubildenden des Kraftfahrzeugwesens 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.

Den Gesellen, Meistern und Technikern des Kraftfahrzeughandwerks sowie 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.

Dieses Standardwerk der Kraftfahrzeugtechnik wurde in der 31. Auflage umfangreich überarbeitet und in 23 Kapitel unterteilt. In ihrer Zielsetzung sind die ausgewählten Lerninhalte auf das Berufsbild des Kraftfahrzeugmechatronikers/der Kraftfahrzeugmechatronikerin ausgerichtet.

Diese 31. Auflage wurde aktualisiert und durch neueste kraftfahrzeugtechnische Entwicklungen ergänzt:

- Einteilung, Aufbau, Bedienung und Instandhaltung von Kraftfahrzeugen
- Motorschmier- und Motorkühlsysteme
- Motormanagementsysteme Ottomotor und Dieselmotor, Abgasnachbehandlung
- Alternative Antriebskonzepte wie z. B. Brennstoffzellenantrieb, Elektro- und Gasantriebe
- Reifendruckkontrollsysteme
- Komfort- und Sicherheitssysteme wie z. B. Rückhalte- und Gurt-Pre-Crash- und Post-Crash-Systeme
- Scheinwerfersysteme, Sensoren, Elektrische Mess- und Diagnosetechnik
- Zweirad- und Nutzfahrzeugtechnik

Die Autoren haben besonderen 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 Kraftfahrzeugtechnik erleichtert.

Alle Bilder und Tabellen der Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik können im digitalen Regal **EUROPATHEK** (www.europathek.de) online und offline geladen bzw. abgerufen werden. Sie können in verschiedenen Größen angezeigt und gespeichert werden. Eine komfortable **Suchfunktion** erlaubt das gezielte Finden von Medien – auch mit dem **Smartphone oder Tablet**. In dem **kostenlosen Medienpaket** sind auch zwei **Demo-Prüfungsdoc-Kurse** enthalten. Eine Anleitung zum Aufruf des Medienpakets befindet sich auf der **Umschlag-Innenseite vorne im Buch**.

Für jedes **EUROPATHEK-Nutzerkonto** können zusätzlich individuell weitere Inhalte und komplette **digitale Bücher** kostenpflichtig erworben werden.

Die Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik bildet mit den weiteren Medien der Fachbuchreihe des Verlages eine Einheit. Die nachfolgend genannten Bücher und digitalen Produkte sind so aufeinander abgestimmt, dass mit ihnen praxisorientierte Lernsituationen in den Lernfeldheften bearbeitet und gelöst werden können.

- Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik
- Arbeitsblätter zu den Lernfeldern 1 ... 14
- Formelsammlung
- Rechenbuch Kraftfahrzeugtechnik
- Software SimKfz EFA

Als separat erhältliche **Software** bietet SimKfz EFA mit **Simulationen, Animationen und Drag & Drop-Zuordnungsaufgaben** vielfältigen **digitalen Mehrwert**. In den Bildern dieser Fachkunde sind die interaktiven Inhalte durch das **SimKfz EFA-Symbol** gekennzeichnet. Zusätzlich sind in SimKfz EFA ausgewählte Bilder und Tabellen aus dem Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik enthalten.



Unsere **Online-Kurse** (Kfz-Basiswissen und Kfz-Fachwissen uvm.) ermöglichen gezieltes Prüfungs-Training mit ständiger Rückmeldung über den individuellen Lernfortschritt. Mehr Informationen unter www.europa-lehrmittel.de/pruefungsdoc.



- Prüfungstrainer Kraftfahrzeugtechnik
- Prüfungsbuch Kraftfahrzeugtechnik
- Prüfungsvorbereiter Teil I und II
- Kalkulation für Kfz-Meister
- Online-Kurse (Prüfungsdoc; Grund- und Fachwissen)

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 an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

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

Fachbuchreihe Kraftfahrzeugtechnik des Verlags Europa-Lehrmittel

Informationen beschaffen



berufstypische Probleme erfassen, bearbeiten, auswerten und lösen



Prüfungsvorbereitung: Wissen sichern, Gelerntes wiederholen

Wissen vertiefen



Digitale Medien Fachbuchreihe Kraftfahrzeugtechnik



EUROPA
THEK



PRÜFUNGSDOC
EINFACH BESTEHEN

Digitale Bücher



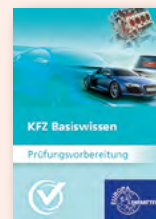
- Die kompletten Fachbücher im virtuellen Medienregal jederzeit verfügbar

SimKfz EFA

- Mit Simulationen & Animationen in 2D und 3D
- Mit Drag & Drop-Funktionsbildern
- Rund 2500 Bilder der Fachbuchreihe Kfz-Technik

EUROPATHEK MACHT WISSEN MOBIL

Online-Kurse



- Digital aufbereitete Übungs- und Prüfungsaufgaben
- Zum Lernen, Wiederholen und Testen
- Ständige Rückmeldung über den Lernfortschritt

FIRMENVERZEICHNIS

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

- | | | |
|--|---|--|
| akkuteam Energietechnik GmbH Herzberg am Harz | Continental Teves AG & Co, OHG, Frankfurt | Goetze AG Burscheid |
| Alfa-Romeo-Automobile Mailand/Italien | Continental Aftermarket GmbH Eschborn | Grau-Bremse Heidelberg |
| ALLIGATOR Ventilfabrik GmbH Giengen/Brenz | Celette GmbH Kehl | Gutmann Messtechnik GmbH Ihringen |
| Aprilia Motorrad-Vertrieb Düsseldorf | Citroen Deutschland AG Köln | Harley-Davidson Germany GmbH Neu-Isenburg |
| Aral AG Bochum | Dataliner Richtsysteme Ahlerstedt | Hazet-Werk, Hermann Zerver Remscheid |
| Audatex Deutschland Minden | Deutsche BP AG Hamburg | HAMEG GmbH Frankfurt/Main |
| Audi AG Ingolstadt – Neckarsulm | DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung München | Hella KG, Hueck & Co Lippstadt |
| Autokabel Hausen | Ducati Motor Deutschland GmbH Köln | Hengst Filterwerke Nienkamp |
| Autoliv Oberschleißheim | DUNLOP GmbH & Co KG Hanau/Main | Fritz Hintermayr Bing-Vergaser-Fabrik Nürnberg |
| G. Auwärter GmbH & Co (Neoplan) Stuttgart | EMCO-Group Erwin Müller GmbH Lingen/Ems | HITACHI Sales Europa GmbH Düsseldorf |
| BBS Kraftfahrzeugtechnik AG Schiltach | ESSO AG Hamburg | HONDA DEUTSCHLAND GMBH Offenbach/Main |
| BEHR GmbH & Co Stuttgart | FAG Kugelfischer Georg Schäfer KG aA Ebern | Huf Hülsbeck & Fürst GmbH & Co. KG Velbert |
| Beissbarth GmbH Automobil Servicegeräte München | J. Eberspächer Esslingen | Hunger Maschinenfabrik GmbH München und Kaufering |
| BERU Ludwigsburg | EMM Motoren Service Lindau | Hunter Deutschland GmbH Greifenberg am Ammersee |
| Ferdinand Bilstein GmbH + Co. KG Ennepetal | Ford-Werke AG Köln | IVECO-Magirus AG Neu-Ulm |
| Boge GmbH Eitdorf/Sieg | Carl Freudenberg Weinheim/Bergstraße | ITT Automotive (ATE, VDO, MOTO-METER, SWF, KONI, Kienzle) Frankfurt/Main |
| Robert Bosch GmbH Stuttgart | GKN Löbro Offenbach/Main | IXION Maschinenfabrik Otto Häfner GmbH & Co Hamburg-Wandsbek |
| Bostik GmbH Oberursel/Taunus | Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik Ludwigsburg | Jurid-Werke Essen |
| BLACK HAWK Kehl | Girling-Bremsen GmbH Koblenz | Alfred Kärcher GmbH & Co. KG Winnenden |
| BMW Bayerische Motoren-Werke AG München/Berlin | Glasurit GmbH Münster/Westfalen | Kawasaki-Motoren GmbH Friedrichsdorf |
| CAR-OLINER Kungsör/Schweden | Globaljig, Deutschland GmbH Cloppenburg | KFZ-Werkstatt MEINHARDT Winnenden |
| CAR BENCH INTERNATIONAL .S.P.A. Massa/Italien | Glyco-Metall-Werke B.V. & Co KG Wiesbaden/Schierstein | |

- Knecht Filterwerke GmbH**
Stuttgart
- Knorr-Bremse GmbH**
München
- Koch-Achsmessanlagen**
Wennigsen
- Kolbenschmidt AG**
Neckarsulm
- KS Gleitlager GmbH**
St. Leon-Rot
- KTM Sportmotorcycles AG**
Mattighofen/Österreich
- Kühnle, Kopp und Kausch AG**
Frankenthal/Pfalz
- Lemmerz-Werke**
Königswinter
- LuK GmbH**
Bühl/Baden
- MAHLE GmbH**
Stuttgart
- Mannesmann Sachs AG**
Schweinfurt
- Mann und Hummel**
Filterwerke
Ludwigsburg
- MAN Maschinenfabrik**
Augsburg-Nürnberg AG
München
- Mazda Motors Deutschland GmbH**
Leverkusen
- MCC – Mikro Compact Car GmbH**
Böblingen
- Mennekes KG**
Kirchhundem
- Messer-Griesheim GmbH**
Frankfurt/Main
- Mercedes Benz**
Stuttgart
- Metzeler Reifen GmbH**
München
- Michelin Reifenwerke KGaA**
Karlsruhe
- Microsoft GmbH**
Unterschleißheim
- Mitsubishi Electric Europe B.V.**
Ratingen
- Mitsubishi MMC**
Trebur
- MOBIL OIL AG**
Hamburg
- NGK/NTK Europe GmbH**
Ratingen
- Adam Opel AG**
Rüsselsheim
- OSRAM AG**
München
- OMV AG**
Wien/Österreich
- Oxigin-, Carmanin-LM-Räder,**
Unterensingen
- Peugeot Deutschland GmbH**
Saarbrücken
- Pierburg GmbH**
Neuss
- Pirelli AG**
Höchst im Odenwald
- Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG**
Stuttgart-Zuffenhausen
- Prins autogassystemen B.V.**
Eindhoven/Niederlande
- Renault Nissan Deutschland AG**
Brühl
- Samsung Electronics GmbH**
Köln
- SATA Farbspritztechnik**
GmbH & Co. KG
Kornwestheim
- Sauter Kfz-Meisterbetrieb**
Winnenden
- SCANIA Deutschland GmbH**
Koblenz
- SEKURIT SAINT-GOBAIN**
Deutschland GmbH
Aachen
- Schaeffler Automotive After-**
market GmbH & Co. KG
Langen/Hessen
- SCHRADER International GmbH**
Bergkirchen
- Seat Deutschland GmbH**
Weiterstadt
- Siemens AG**
München
- SKF Kugellagerfabriken GmbH**
Schweinfurt
- Snap-on/SNA Germany,**
Hohenstein-Ernstthal
- SOLO Kleinmotoren GmbH**
Sindelfingen
- SONAX GmbH**
Neuburg
- Stahlwille E. Wille**
Wuppertal
- Steyr-Daimler-Puch AG**
Graz/Österreich
- Subaru Deutschland GmbH**
Friedberg
- SUN Elektrik Deutschland**
Mettmann
- Suzuki GmbH**
Oberschleißheim/Heppenheim
- Technolit GmbH**
Großlüder
- Telma Retarder**
Deutschland GmbH
Ludwigsburg
- Temic Elektronik**
Nürnberg
- TOYOTA Deutschland GmbH**
Köln
- UNIWHEELS GmbH**
Bad Dürkheim
- Valeo Service GmbH**
Weiterstadt
- VARTA Autobatterien GmbH**
Hannover
- Vereinigte Motor-Verlage**
GmbH & Co KG
Stuttgart
- ViewSonic Central Europe**
Willich
- Voith GmbH & Co KG**
Heidenheim
- Volkswagen AG**
Wolfsburg
- Volvo Deutschland GmbH**
Brühl
- Wabco Westinghouse GmbH**
Hannover
- Webasto GmbH**
Stockdorf
- Yamaha Motor**
Deutschland GmbH
Neuss
- ZF Getriebe GmbH**
Saarbrücken
- ZF Sachs AG**
Schweinfurt
- ZF Zahnradfabrik**
Friedrichshafen AG
Friedrichshafen/
Schwäbisch Gmünd

INHALT

| | | | | | |
|----------|--|-----|------------|---|-----|
| 1 | Kraftfahrzeug | 11 | 5.6 | Fügen | 139 |
| 1.1 | Entwicklung des Kraftfahrzeugs | 11 | 5.7 | Beschichten | 159 |
| 1.2 | Einteilung der Straßenfahrzeuge | 12 | 5.8 | Sonderfertigungsverfahren | 161 |
| 1.3 | Aufbau eines Kraftfahrzeugs | 12 | | | |
| 1.4 | Technisches System Kraftfahrzeug | 14 | 6 | Werkstofftechnik | 162 |
| 1.5 | Bedien- und Anzeigekomponenten | 16 | 6.1 | Werkstoffeigenschaften | 162 |
| 1.6 | Instandhaltung von Kraftfahrzeugen | 18 | 6.2 | Einteilung der Werkstoffe | 166 |
| 1.7 | Filter, Aufbau und Wartung | 21 | 6.3 | Aufbau der metallischen Werkstoffe ... | 167 |
| 1.8 | Fahrzeu­gp­f­l­e­g­e | 24 | 6.4 | Eisenwerkstoffe | 169 |
| 1.9 | Betriebsstoffe, Hilfsstoffe | 29 | 6.5 | Nichteisenmetalle | 179 |
| | | | 6.6 | Kunststoffe | 182 |
| | | | 6.7 | Verbundwerkstoffe | 185 |
| 2 | Autohaus | 45 | 7 | Aufbau und Wirkungsweise des Viertaktmotors | 186 |
| 2.1 | Umweltschutz im Kfz-Betrieb | 45 | 7.1 | Einteilung der Verbrennungsmotoren ... | 186 |
| 2.2 | Arbeitsschutz und Unfallverhütung | 51 | 7.2 | Ottomotor | 186 |
| 2.3 | Betriebsorganisation, Kommunikation ... | 57 | 7.3 | Dieselmotor | 189 |
| | | | 7.4 | Merkmale von Viertakt-Motoren (Saugmotoren) | 191 |
| 3 | Steuerungs- und Regelungstechnik .. | 78 | 7.5 | Arbeitsdiagramm (p-V-Diagramm) | 193 |
| 3.1 | Grundlagen | 78 | 7.6 | Steuerdiagramm | 195 |
| 3.2 | Aufbau und Funktionseinheiten von Steuereinrichtungen | 81 | 7.7 | Zylinder­n­u­m­m­e­r­i­e­r­u­n­g, Zündfolgen ... | 195 |
| 3.3 | Steuerungsarten | 85 | 7.8 | Motor­k­e­n­n­l­i­n­i­e­n | 197 |
| | | | 7.9 | Hub­v­e­r­h­ä­l­t­n­i­s, Hubraumleistung, Leistungsgewicht | 198 |
| 4 | Prüftechnik | 95 | 8 | Motormechanik | 199 |
| 4.1 | Grundbegriffe der Längenprüftechnik ... | 95 | 8.1 | Kurbelgehäuse, Zylinder, Zylinderkopf ... | 199 |
| 4.2 | Messgeräte | 97 | 8.2 | Kurbeltrieb | 209 |
| 4.3 | Lehren | 102 | 8.3 | Schwungrad | 224 |
| 4.4 | Toleranzen und Passungen | 103 | 8.4 | Zweimassenschwungrad | 225 |
| 4.5 | Anreißen | 106 | 8.5 | Motorschmiersysteme | 227 |
| | | | 8.6 | Motor­k­ü­h­l­s­y­s­t­e­m­e | 233 |
| 5 | Fertigungstechnik | 107 | 8.7 | Motorsteuerung | 242 |
| 5.1 | Einteilung der Fertigungsverfahren | 107 | 8.8 | Füllungs­o­p­ti­m­i­e­r­u­n­g | 248 |
| 5.2 | Urformen | 109 | | | |
| 5.3 | Umformen | 112 | | | |
| 5.4 | Trennen durch Spanen | 121 | | | |
| 5.5 | Trennen durch Zerteilen | 137 | | | |

| | | |
|------------|---|-----|
| 9 | Motormanagement Ottomotor | 264 |
| 9.1 | Grundlagen der Gemischbildung | 264 |
| 9.2 | Grundlagen der Benzineinspritzung | 266 |
| 9.3 | Aufbau und Funktion der elektronischen Benzineinspritzung | 268 |
| 9.4 | Kraftstoffversorgungsanlagen bei Ottomotoren | 269 |
| 9.5 | Saugrohreinspritzung am Beispiel einer ME-Motronic | 274 |
| 9.6 | Benzin-Direkteinspritzung | 286 |
| 9.7 | Duale Einspritzung | 296 |
| 9.8 | Zündanlagen | 299 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 10 | Schadstoffminderung | 312 |
| 10.1 | Abgasanlage | 312 |
| 10.2 | Schadstoffminderung beim Ottomotor | 318 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 11 | Motormanagement Dieselmotor | 330 |
| 11.1 | Gemischbildung bei Dieselmotoren | 330 |
| 11.2 | Maßnahmen zur Verbesserung der Gemischbildung | 332 |
| 11.3 | Einspritzanlagen für Pkw-Dieselmotoren | 336 |
| 11.4 | Schadstoffminderung bei Dieselmotoren | 352 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 12 | Otto-Zweitaktmotor, Kreiskolbenmotor | 358 |
| 12.1 | Zweitaktmotor | 358 |
| 12.2 | Wankelmotor, Kreiskolbenmotor (KKM) | 365 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 13 | Alternative Antriebskonzepte | 367 |
| 13.1 | Alternative Energieträger | 367 |
| 13.2 | Teil- und Vollelektrische Antriebe | 368 |
| 13.3 | Funktionen von Teil- und Vollelektrischen Antrieben | 369 |
| 13.4 | Teilelektrische Antriebe | 371 |
| 13.5 | Vollelektrische Antriebe | 379 |
| 13.6 | Antriebe mit Brennstoffzellen | 382 |
| 13.7 | Energiespeicherung | 388 |
| 13.8 | Leistungselektronik | 391 |
| 13.9 | Ladesteckertypen | 393 |
| 13.10 | Ladebetriebsarten | 394 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 13.11 | Elektrische Antriebsmotoren | 395 |
| 13.12 | Arbeiten an Hochvolt-Fahrzeugen | 400 |
| 13.13 | Sicherheitslinie | 402 |
| 13.14 | Wartungsstecker | 402 |
| 13.15 | Hochvolt-Leitungen | 403 |
| 13.16 | Isolationsfehler | 403 |
| 13.17 | Fehler Potenzialausgleich | 405 |
| 13.18 | Arbeiten unter Spannung | 406 |
| 13.19 | Erdgasantrieb | 408 |
| 13.20 | Flüssiggasantriebe | 410 |
| 13.21 | Sicheres Arbeiten an Fahrzeugen mit Gasantrieben | 413 |
| 13.22 | Prüfungen an Gasanlagen | 414 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 14 | Antriebsstrang | 415 |
| 14.1 | Antriebsarten | 415 |
| 14.2 | Kupplung | 417 |
| 14.3 | Wechselgetriebe | 425 |
| 14.4 | Handgeschaltete Wechselgetriebe | 426 |
| 14.5 | Automatische Getriebe | 431 |
| 14.6 | Automatische Kupplungssysteme mit Doppelkupplungen | 436 |
| 14.7 | Gestuftes Automatik-Getriebe mit hydrodynamischem Drehmomentwandler | 441 |
| 14.8 | Gelenkwellen, Antriebswellen, Gelenke | 458 |
| 14.9 | Achsgetriebe | 461 |
| 14.10 | Ausgleichsgetriebe | 464 |
| 14.11 | Ausgleichssperren | 465 |
| 14.12 | Allradantrieb | 470 |

| | | |
|--------------|-------------------------------------|-----|
| 15 | Fahrwerk | 475 |
| 15.1 | Fahrdynamik | 475 |
| 15.2 | Grundlagen der Lenkung | 477 |
| 15.3 | Lenkgetriebe | 478 |
| 15.4 | Hilfskraftlenksysteme | 478 |
| 15.5 | Radstellungen | 487 |
| 15.6 | Fahrwerksvermessung | 490 |
| 15.7 | Radaufhängungen | 495 |
| 15.8 | Wälzlager und Dichtungen | 500 |
| 15.9 | Federung | 503 |
| 15.10 | Active Body Control (ABC) | 515 |
| 15.11 | Räder und Reifen | 518 |
| 15.12 | Bremsen | 533 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 16 | Fahrzeugaufbau | 563 |
| 16.1 | Fahrzeugaufbau/Karosserie | 563 |
| 16.2 | Korrosionsschutz an Kraftfahrzeugen ... | 578 |
| 16.3 | Fahrzeuglackierung | 579 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 17 | Komfort- und Sicherheitssysteme .. | 583 |
| 17.1 | Fahrzeugsicherheit | 583 |
| 17.2 | Fahrerassistenzsysteme | 595 |
| 17.3 | Infotainmentsysteme | 607 |
| 17.4 | Komfortsysteme | 612 |
| 17.5 | Belüftung, Heizung, Klimatisierung | 617 |
| 17.6 | Diebstahlschutzsysteme | 627 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------|-----|
| 18 | Elektrotechnik | 635 |
| 18.1 | Grundlagen der Elektrotechnik | 635 |
| 18.2 | Anwendungen der Elektrotechnik | 667 |

| | | |
|-------------|----------------------------------|-----|
| 19 | Elektrische Systeme | 682 |
| 19.1 | Beleuchtung im Kfz | 682 |
| 19.2 | Spannungsversorgung | 694 |
| 19.3 | Bordnetzmanagement | 712 |
| 19.4 | Elektrische Motoren | 714 |
| 19.5 | Sensoren | 721 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 20 | Informationstechnik | 731 |
| 20.1 | Grundlagen | 731 |
| 20.2 | Datenübertragungssysteme im Fahrzeug | 735 |
| 20.3 | Hochfrequenztechnik | 749 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 21 | Elektrische Mess- und Diagnostetechnik | 756 |
| 21.1 | Elektrische Messtechnik | 756 |
| 21.2 | Diagnose | 759 |

| | | |
|--------------|--------------------------------------|-----|
| 22 | Zweiradtechnik | 764 |
| 22.1 | Kraftradarten | 764 |
| 22.2 | Kraftradmotoren | 768 |
| 22.3 | Gemischbildung | 768 |
| 22.4 | Abgasanlage | 770 |
| 22.5 | Motorkühlung | 770 |
| 22.6 | Motorschmierung | 770 |
| 22.7 | Kupplung | 771 |
| 22.8 | Antriebsstrang | 772 |
| 22.9 | Elektrische Anlage | 774 |
| 22.10 | Fahrdynamik | 777 |
| 22.11 | Motorradrahmen | 778 |
| 22.12 | Radführung, Federung und Dämpfung .. | 779 |
| 22.13 | Bremsen | 781 |
| 22.14 | Räder, Reifen | 783 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 23 | Nutzfahrzeugtechnik | 786 |
| 23.1 | Einteilung | 786 |
| 23.2 | Abmessungen von Nfz | 787 |
| 23.3 | Zulässige Massen von Nfz | 787 |
| 23.4 | Beladungsvorschriften | 787 |
| 23.5 | NKW-Motoren | 788 |
| 23.6 | Einspritzanlagen für Nkw-Dieselmotoren | 789 |
| 23.7 | Antriebsstrang | 798 |
| 23.8 | Fahrwerk | 802 |
| 23.9 | Startanlagen für Nutzfahrzeuge | 819 |

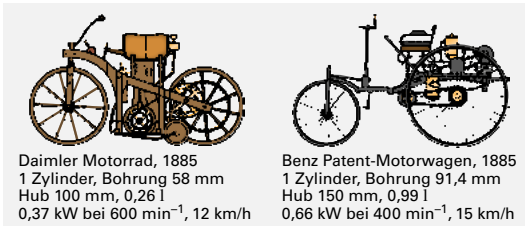
| | | |
|-----------|---------------------|-----|
| 24 | Anhang | 823 |
|-----------|---------------------|-----|

1 KRAFTFAHRZEUG

1.1 ENTWICKLUNG DES KRAFTFAHRZEUGS

1860 Der Franzose **Lenoir** baut den ersten mit Leuchtgas betriebenen Verbrennungsmotor. Wirkungsgrad etwa 3%.

1867 **Otto und Langen** zeigen auf der Pariser Weltausstellung einen verbesserten Verbrennungsmotor. Wirkungsgrad etwa 9%.



Daimler Motorrad, 1885
1 Zylinder, Bohrung 58 mm
Hub 100 mm, 0,26 l
0,37 kW bei 600 min⁻¹, 12 km/h

Benz Patent-Motorwagen, 1885
1 Zylinder, Bohrung 91,4 mm
Hub 150 mm, 0,99 l
0,66 kW bei 400 min⁻¹, 15 km/h

Bild 1: Daimler Motorrad und Benz Motorwagen

1876 Erster Gasmotor in **Viertakt-Arbeitsweise** von **Otto** und erster Gas-**Zweitaktmotor** des Engländer **Clerk**.

1883 **Daimler und Maybach** entwickeln den ersten schnelllaufenden **Viertakt-Benzinmotor** mit **Glührohrzündung**.

1885 Erstes **Automobil** von **Benz** (1886 patentiert). Erstes **motorgetriebenes Zweirad** von **Daimler** (Bild 1).

1886 Erste **Vierradkutsche** mit **Benzinmotor** von **Daimler** (Bild 2).

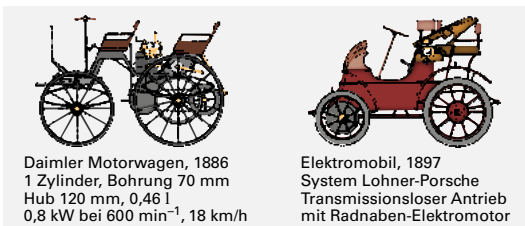
1887 **Bosch** erfindet die **Abreißzündung**.

1889 Der Engländer **Dunlop** stellt erstmals **pneumatische Reifen** her.

1893 **Maybach** erfindet den **Spritzdüsenvergaser**. **Diesel** patentiert das Arbeitsverfahren für **Schwerölmotoren** mit **Selbstzündung**.

1897 **MAN** stellt den ersten betriebsfähigen **Dieselmotor** her.

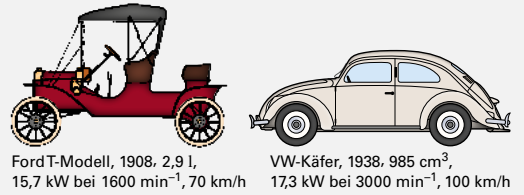
1897 Erstes **Elektromobil** v. **Lohner-Porsche** (Bild 2).



Daimler Motorwagen, 1886
1 Zylinder, Bohrung 70 mm
Hub 120 mm, 0,46 l
0,8 kW bei 600 min⁻¹, 18 km/h

Elektromobil, 1897
System Lohner-Porsche
Transmissionsloser Antrieb
mit Radnaben-Elektromotor

Bild 2: Daimler Motorwagen und erstes Elektromobil



Ford T-Modell, 1908, 2,9 l,
15,7 kW bei 1600 min⁻¹, 70 km/h

VW-Käfer, 1938. 985 cm³,
17,3 kW bei 3000 min⁻¹, 100 km/h

Bild 3: Ford T-Modell und VW-Käfer

1913 Einführung der **Fließbandfertigung** des **T-Modells** (Tin-Lizzy, Bild 3) durch **Ford**.

1916 **Bayerische Motorenwerke** gegründet.

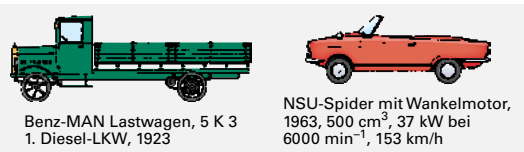
1923 Erste **Lastkraftwagen** mit **Dieselmotoren** von **Benz-MAN** (Bild 4).

1936 **Daimler-Benz** baut serienmäßig Pkw mit **Dieselmotoren**.

1938 Gründung des **VW-Werkes** in Wolfsburg.

1949 Erster **Niederquerschnittsreifen** und erster **Stahlgürtelreifen** von **Michelin**.

1954 **Wankel** baut den **Kreiskolbenmotor** (Bild 4).



Benz-MAN Lastwagen, 5 K 3
1. Diesel-LKW, 1923

NSU-Spider mit Wankelmotor,
1963, 500 cm³, 37 kW bei
6000 min⁻¹, 153 km/h

Bild 4: Lkw mit Dieselmotor, Pkw mit Wankelmotor

1966 **Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung** (**D-Jetronic**) von **Bosch** eingeführt.

1970 **Sicherheitsgurte** für Fahrer und Beifahrer.

1978 Das **Anti-Blockiersystem** (**ABS**) für Bremsen wird erstmalig von Mercedes-Benz eingebaut.

1984 Einführung von **Airbag** und **Gurtstraffer**.

1985 Einführung von geregelten **Katalysatoren** (**Lamdasonde**) für bleifreies Benzin.

1997 Elektronische **Fahrwerk-Regelsysteme** (**ESP**). **Toyota** baut ersten Pkw mit **Hybridantrieb**. **Alfa Romeo** führt das **Common-Rail Direct Injection** (**CDI**)-System bei Dieselmotoren ein.

2000 Einführung von **Fahrerassistenzsystemen** wie z. B. **Abstandsregelassistenten**.

2008 Einführung von **Elektrofahrzeugen** in Großserie.

2014 Einführung von **Brennstoffzellenfahrzeugen** in Großserie bei **Toyota**.

2015 Einsatz von Fahrzeugen für **Autonomes Fahren** im Straßenverkehr.

1.2 EINTEILUNG DER STRASSENFAHRZEUGE

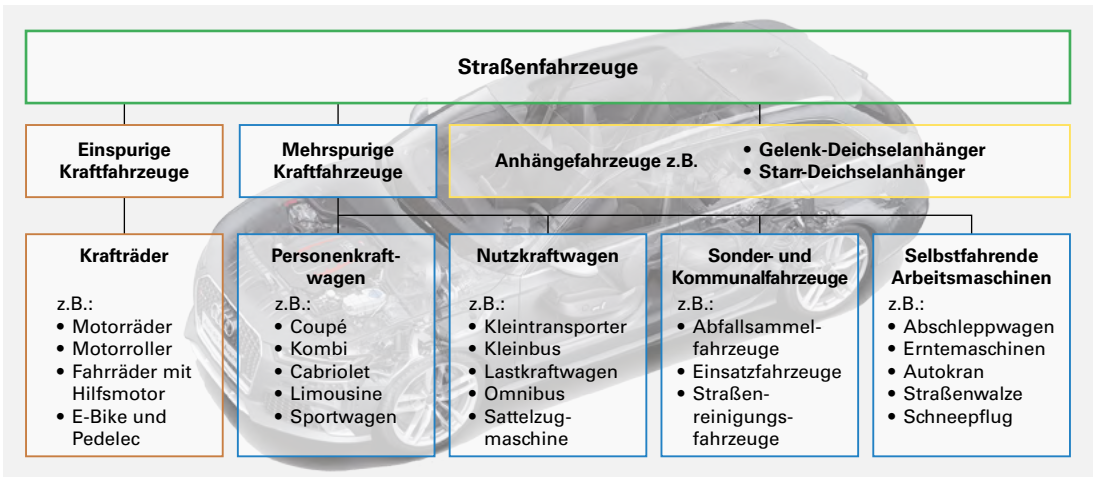


Bild 1: Übersicht Straßenfahrzeuge

Straßenfahrzeuge sind alle Fahrzeuge, die zum Betrieb auf der Straße vorgesehen sind, ohne an Gleise gebunden zu sein.

Kraftfahrzeuge besitzen immer einen maschinellen Antrieb und können in ein- und mehrspurige Kraftfahrzeuge eingeteilt werden (Bild 1).

■ Einspurige Kraftfahrzeuge

Krafträder sind einspurige Kraftfahrzeuge, deren Räder hintereinander angeordnet sind. Sie können einen Beiwagen mitführen. Die Eigenschaft als einspuriges Kraftrad bleibt erhalten, da die hinteren Räder nicht mit einer Achse verbunden sind. Auch das Ziehen eines Anhängers ist möglich. Zu den Krafträdern zählen:

- **Motorräder.** Sie zeichnen sich durch ein niedriges Leistungsgewicht aus und verfügen über bis zu zwei Sitzplätze.
- **Motorroller.** Sie verfügen über einen freien Durchstieg zwischen Lenker und Sattel. Die Füße stehen auf einem Bodenblech und sind durch eine Verkleidung vor Schmutz geschützt.
- **Fahrräder mit Hilfsmotor.** Sie haben Merkmale von Fahrrädern, z. B. Tretkurbeln, fehlende Signalanlage (Mofa, E-Bike, Pedelec).

■ Mehrspurige Kraftfahrzeuge

- **Personenkraftwagen (Pkw).** Sie sind hauptsächlich zum Transport von Personen, deren Gepäck oder von Gütern bestimmt. Sie können auch Anhänger ziehen. Die Zahl der Sitzplätze ist einschließlich Fahrer auf neun beschränkt.

- **Nutzkraftwagen (Nkw).** Sie sind zum Transport von Personen, Gütern und zum Ziehen von Anhängern bestimmt.
- **Sonder- und Kommunalfahrzeuge.** Sie sind hochspezialisierte Fahrzeuge, gebaut für einen bestimmten Einsatzzweck, z. B. Einsatzfahrzeuge für Polizei und Feuerwehr.
- **Selbstfahrende Arbeitsmaschinen.** Sie besitzen fest mit dem Fahrzeug verbundene Einrichtungen zur Verrichtung von Arbeiten, z. B. Fahrzeuge für den Straßenbau oder Erntemaschinen.

■ Anhängefahrzeuge

Sie verfügen über keinen eigenen Antrieb und dienen zum Transport von Gütern. Sie sind mit einer Deichsel über die Anhängerkupplung mit einem Zugfahrzeug verbunden.

1.3 AUFBAU EINES KRAFTFAHRZEUGS

Ein Kraftfahrzeug besteht aus mehreren Baugruppen, deren Teilsystemen und einzelnen Bauteilen. Sie wirken funktional zusammen und bilden eine Einheit.

Baugruppen. Die Festlegung der Baugruppen und die Zuordnung von Baugruppen zueinander sind nicht eindeutig festgelegt. So kann z. B. das Getriebe als eigene Baugruppe gelten oder als Unterbaugruppe dem Antriebsstrang zugeordnet werden. Eine mögliche Zuordnung der Hauptbaugruppen ist im Bild 1, Seite 13, dargestellt.

Folgende sechs Hauptbaugruppen werden unterschieden: Antriebseinheit, Antriebsstrang, Komfort- und Sicherheitssysteme, Fahrzeugaufbau, Fahrwerk und elektrische Anlage.

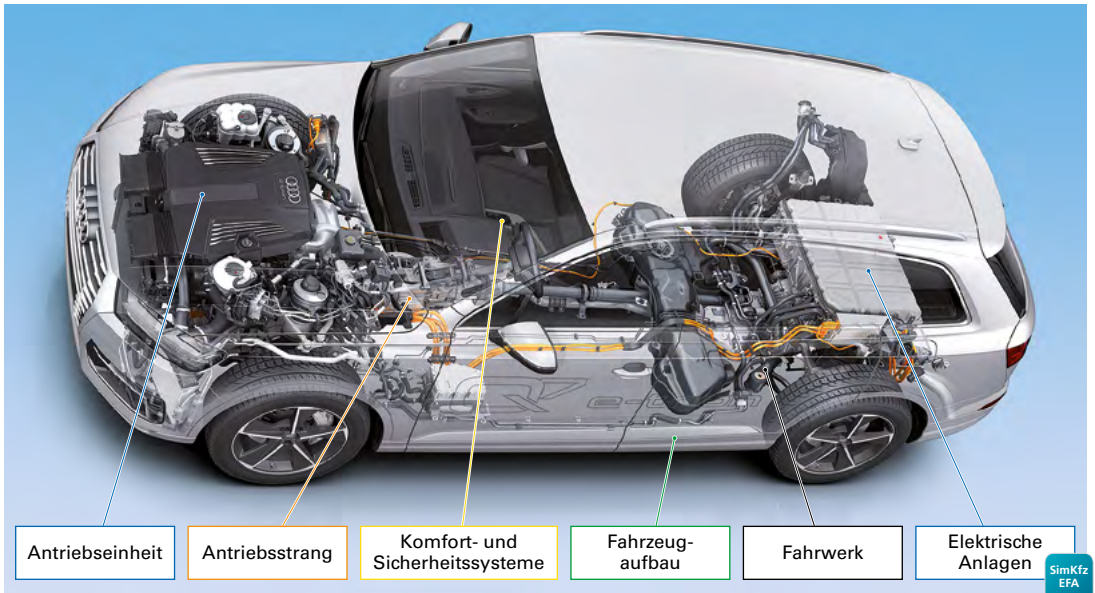


Bild 1: Mögliche Zuordnung der Hauptbaugruppen am Beispiel eines Hybrid-Kraftfahrzeugs.

Teilsysteme. Sie sind Systeme die aus einzelnen Bauteilen bestehen und den Funktionsablauf der Baugruppen unterstützen.

Folgende Teilsysteme können den Baugruppen zugeordnet werden:

Antriebseinheit



Verbrennungsmotor. Er stellt die Antriebsenergie für die Bewegung des Kraftfahrzeugs bereit. Teilsysteme des Verbrennungsmotors sind z.B.: Motorschmierung, -kühlung, -steuerung und -elektrik, Abgasanlage.



Elektroantrieb. Er wird bei Hybridfahrzeugen zur Antriebsunterstützung und bei Elektrofahrzeugen als Hauptantrieb eingesetzt. Teilsysteme des Elektroantriebs sind z.B.: E-Maschine, Hochvoltbatterie und Leistungselektronik.



Antriebsstrang. Er dient zur Übertragung der Antriebsenergie auf die Antriebsräder. Teilsysteme des Antriebsstrangs sind z.B.: Kuppelung, Getriebe, Achsgetriebe sowie Gelenk- und Antriebswellen.



Komfort- und Sicherheitssysteme. Sie dienen zur Unterstützung und zum Schutz des Fahrzeugführers. Teilsysteme davon sind z.B.: Assistenzsysteme, Klimaanlage, Infotainment und Rückhaltesysteme (z.B. Airbag und Gurtstraffer).



Fahrwerk. Es ist verantwortlich für die Fahrdynamik, den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit eines Kraftfahrzeugs. Teilsysteme eines Fahrwerks sind z.B.: Lenkung, Radaufhängung, Federung, Bremsen und Räder.



Fahrzeugaufbau. Er bildet das Grundgerüst des Fahrzeugs und übernimmt die Tragfunktion aller Baugruppen. Außerdem dient er dem Schutz der Fahrzeuginsassen vor Umwelteinflüssen und Unfällen.



Elektrische Anlagen. Sie dienen z.B. der Bereitstellung der elektrischen Energie sowie der Steuerung und Regelung. Teilsysteme sind z.B.: Datenübertragungssysteme, Generator und Beleuchtungsanlage.

1.4 TECHNISCHES SYSTEM KRAFTFAHRZEUG

Jede Maschine bildet ein technisches Gesamtsystem.

Für jedes **Teil- und Gesamtsystem** gilt das **EVA-Prinzip**:

- **Eingabe** (Eingangsgrößen, Input) von außerhalb der Systemgrenze.
- **Verarbeitung** innerhalb der Systemgrenze.
- **Ausgabe** (Ausgangsgröße, Output), die über die Systemgrenze an die Umgebung geht.

Grafisch wird ein technisches System durch ein Rechteck dargestellt. Die Eingangs- und Ausgangsgrößen werden als Pfeile gekennzeichnet. Die Anzahl der Pfeile hängt von der Anzahl der jeweiligen Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen ab.

Das Rechteck bildet die **Systemgrenze**, welches ein technisches System nach außen hin abgrenzt (**Bild 1 und 2**). Je enger die Systemgrenzen gezogen werden, desto kleiner werden die Teilsysteme. Diese bestehen aus einzelnen Bauteilen.

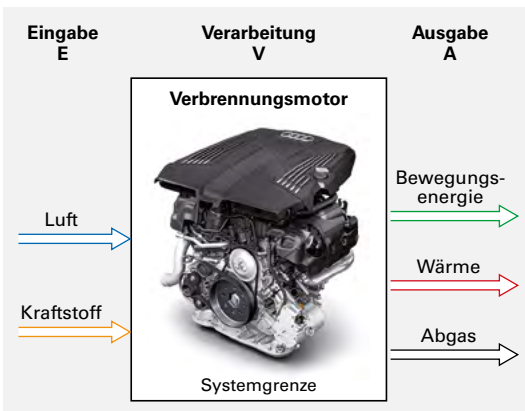


Bild 1: Teilsystem Verbrennungsmotor

■ Teilsystem

Eingabe. Auf der Eingangsseite eines Verbrennungsmotors wird dieser mit Luft und Kraftstoff versorgt.

Verarbeitung. Im Verbrennungsmotor wird das Luft-Kraftstoffgemisch verbrannt.

Ausgabe. Auf der Ausgangsseite werden Bewegungsenergie als nutzbare Energie, sowie Wärme und Abgas als Verlustenergie abgegeben.

Das Teilsystem Verbrennungsmotor ist über weitere Teilsysteme wie z.B. Kupplung, Getriebe, Achsgetriebe, Antriebswellen mit den Antriebsrädern verbunden.

Damit ein Kraftfahrzeug seine Hauptfunktionen erfüllen kann, müssen alle Teilsysteme funktional zusammenwirken. Nur so ist eine vollständige und korrekte Funktionsweise gewährleistet.

■ Gesamtsystem

Alle Teilsysteme zusammen bilden das Gesamtsystem Kraftfahrzeug. Das EVA-Prinzip lässt sich auch auf Gesamtsysteme anwenden (**Bild 2**).

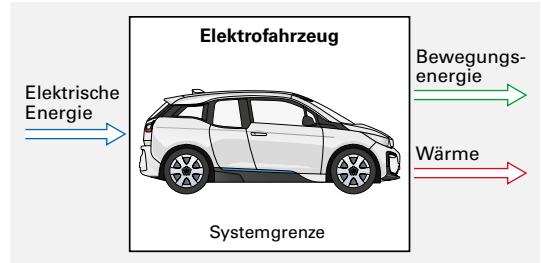


Bild 2: Gesamtsystem Kraftfahrzeug

Werden die Systemgrenzen um das Kraftfahrzeug gelegt, so wird es in der Systembetrachtung gegen die Umwelt wie Luft und Fahrbahn abgegrenzt.

Bei einem Elektrofahrzeug überschreitet Eingangsseitig z.B. nur elektrische Energie die Systemgrenze und ausgangsseitig die Bewegungs- sowie Wärmeenergie (**Bild 2**).

■ Einteilung technischer Systeme nach der Verarbeitung

Technische Systeme werden nach Art der Verarbeitung innerhalb ihrer Systemgrenze unterschieden (**Bild 3**):

- **Stoffumsetzende Systeme**, z.B. Schmier- und Kühlsystem eines Verbrennungsmotors.
- **Energieumsetzende Systeme**, z.B. Verbrennungs- und Elektromotor.
- **Informationsumsetzende Systeme**, z.B. Datenübertragungssysteme und Steuergeräte.

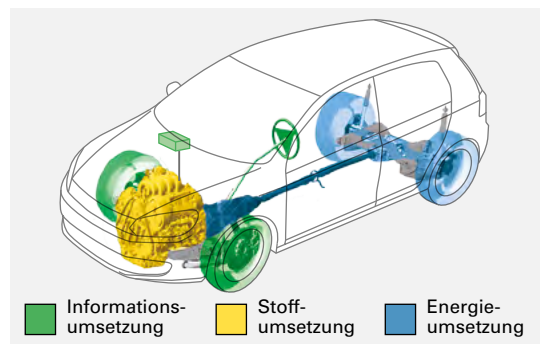


Bild 3: Systeme unterteilt nach Art der Verarbeitung

■ Stoffumsetzende Systeme

Bei stoffumsetzenden Systemen werden Stoffe so verändert, dass sie eine Form erhalten (Formänderung) oder sie werden von einem Ort zum anderen transportiert (Lageänderung).

Übersicht über stoffumsetzende Systeme:

Maschinen zur Formänderung sind z. B. Werkzeugmaschinen, wie Bohr-, Fräs- und Drehmaschinen usw.

Maschinen zur Lageänderung beinhalten alle Förderanlagen und Maschinen, die zum Transport von festen Stoffen (Förderbänder, Gabelstapler, Lkw, Pkw), Flüssigkeiten (Pumpen) oder Gasen (Gebläse, Turbinen) dienen.



Einige Teilsysteme eines Verbrennungsmotors sind stoffumsetzende Systeme wie z. B.:

- Schmiersystem, dabei sorgt die Ölpumpe für den Stoffumsatz.
- Kühlsystem, hier sorgt die Kühlflüssigkeitspumpe für den Stoffumsatz und somit für den Wärmetransport.

■ Energieumsetzende Systeme

Bei energieumsetzenden Systemen wird eine dem System zugeführte Energie in eine andere Energieform umgewandelt.

Zu diesen Systemen zählen alle Kraftmaschinen. Je nach Art der Energieumsetzung unterscheidet man zwischen:

- **Wärme kraftmaschinen** (Otto- und Dieselmotoren oder Gasturbinen),
- **Wasserkraftmaschinen** (Wasserturbinen),
- **Windkraftmaschinen** (windgetriebene Generatoren),
- **Solaranlagen** (Photovoltaikanlagen) und
- **Brennstoffzellen**.

In einem Verbrennungsmotor wird die chemische Energie des Kraftstoffs zunächst in Wärmeenergie und dann in mechanische Bewegungsenergie umgewandelt (**Bild 1**).

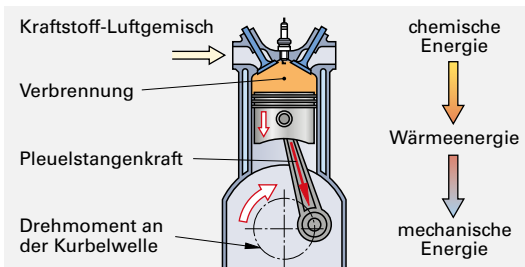


Bild 1: Energieumsetzung eines Ottomotors

Wirkungsgrad

Die Umsetzung von Energie ist immer mit Verlusten behaftet. Die zugeführte Energie ist dadurch immer größer als die abgeführte Energie.

So werden z. B. selbst bei sparsamen Dieselmotoren nur bis zu max. 46% der im Kraftstoff enthaltenen che-

mischen Energie in nutzbare Bewegungsenergie umgewandelt. Der Rest der Energie geht als Wärme verloren. Zur besseren Visualisierung des Wirkungsgrads werden häufig Sankey-Diagramme eingesetzt (**Bild 2**).

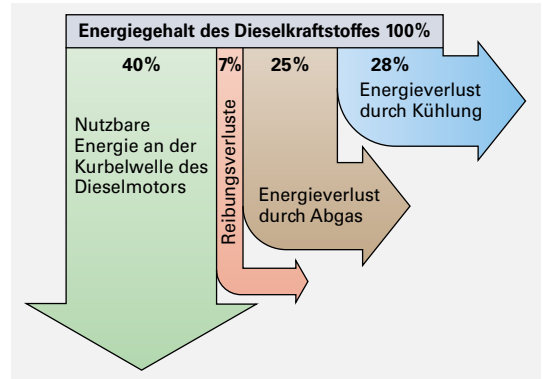


Bild 2: Sankey-Diagramm

■ Informationsumsetzende Systeme

Sie dienen zur Übermittlung von Informationen, der Verarbeitung und Übertragung von Daten und der Kommunikation.

Informationsumsetzende Systeme und Übertragungssysteme, z. B. Steuergeräte, Datenübertragungssysteme (Bus-Systeme), Diagnosegeräte (Tester), sind für den Betrieb und die Wartung von Fahrzeugen unentbehrlich.

Beispiel für informationsumsetzende Systeme in einem Kraftfahrzeug:



- **Motorsteuergerät.** Es erfasst und verarbeitet alle relevanten Daten, um den Motor auf die jeweilige Betriebsbedingung optimal anzupassen.
- **Bordcomputer.** Er informiert z. B. den Fahrer über den Kraftstoffverbrauch, die Reichweite, die Durchschnittsgeschwindigkeit und die Außentemperatur.

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 In welche Gruppen lassen sich Straßenfahrzeuge einteilen?
- 2 Nennen Sie vier Hauptbaugruppen eines Kraftfahrzeugs.
- 3 Nennen Sie drei Teilsysteme eines Kfz sowie deren Eingangs- und Ausgangsgrößen.
- 4 Erläutern Sie das EVA-Prinzip anhand eines Beispiels.
- 5 Beschreiben Sie die Hauptfunktion eines energieumsetzenden Systems.

FORTSETZUNG WERKSTÄTTINWEISE

Arbeitsregeln zum Lösen von abgerissenen Schrauben.

- Kanten von abgebrochenen Schraube mit Flachfeile planen.
- Schraube in der Mitte ankören und mit max. 1/2 des Schraubendurchmessers aufbohren.
- Schraubenausdreher (Linksausdreher) (Bild 1) mit Windeisen ansetzen und abgebrochene Schraube gegen den Uhrzeigersinn herausdrehen.



Bild 1: Schraubenausdreher

Arbeitshinweise

Werkzeuge sind sachgerecht für den geeigneten Verwendungszweck einzusetzen.

Falscher Einsatz beschädigt das Werkzeug und kann auch die Ursache für einen Unfall sein. Deshalb sind ...

- Schraubenschlüssel keine Schlagwerkzeuge,
- Schraubendreher keine Stemmwerkzeuge,
- Hämmer keine Hebelwerkzeuge,
- Zangen keine Schraubwerkzeuge.

Nicht funktionstüchtiges Werkzeug ist zu ersetzen. Die Persönliche Schutzausrüstung, z.B. Schutzbrille, Handschuhe, Hörschutz, sind ggf. zu verwenden.

5.6.4 STIFTVERBINDUNGEN

Stiftverbindungen sind formschlüssige lösbare Verbindungen.

Man unterscheidet:

Passstifte legen die genaue Lage zweier Werkstücke zueinander fest. Sie verhindern ein Verschieben der Werkstücke bei der Montage, z.B. bei Gehäuseteilen von Getrieben.

Befestigungsstifte verbinden zwei oder mehrere Werkstücke kraft- und formschlüssig miteinander. Sie werden mit Übermaß in die Bohrung getrieben und übertragen so die Kräfte. Passstifte und Befestigungsstifte werden als Zylinderstifte (Bild 2) gefertigt.

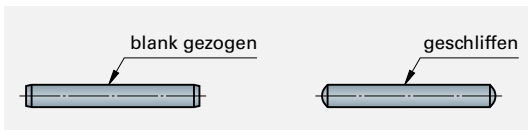


Bild 2: Zylinderstifte

5.6.5 WELLE-NABE-VERBINDUNGEN

Welle-Nabe-Verbindungen sind meist formschlüssige, lösbare Verbindungen. Der Formschluss gewährleistet die sichere Übertragung des Drehmomentes; die Lösbarkeit erleichtert die Montage bzw. die Demontage. Man unterscheidet z.B. Keilwellen-Verbindungen, Kerbzahn- oder Zahnrad-Profile.

Keilwellen-Verbindungen (Bild 3). Bei stoßartigen Drehmomentbelastungen werden Keilwellen-Verbindungen verwendet, weil das Drehmoment auf mehrere Eingriffe verteilt am Umfang übertragen werden kann. Daneben sind Keilwellen-Verbindungen sehr gut geeignet für bewegliche Welle-Nabe-Verbindungen, z.B. Schiebestück auf Gelenkwelle (Bild 5).

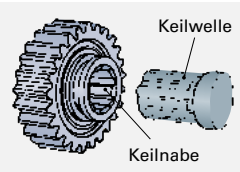


Bild 3: Keilwellen-Profil

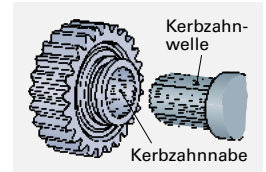


Bild 4: Kerbzahn-Profil

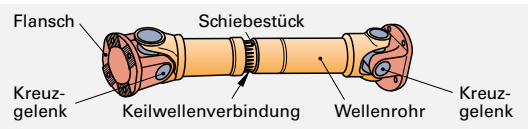


Bild 5: Kardanwelle mit Keilwellen-Profil

Kerbzahn-Profile (Kerbverzahnungen, Bild 4) schwächen mit ihrem feineren Profil Welle und Nabe nicht so sehr durch tiefe Nuten wie das Keilwellen-Profil und verteilen das Drehmoment besser auf den Umfang.

Durch die kleinere Teilung kann die Lage von Welle und Nabe einander gut zugeordnet werden, z.B. das Lenkrad auf der Lenkspindel.

Zahnrad-Profile (Bild 6) bestehen aus einer Evolventenverzahnung zur beweglichen Verbindung von Welle und Nabe. Die Art der Verzahnung wird üblicherweise an Zahnrädern verwendet. Evolventenzahn-Profile werden z.B. bei Viscokupplungen oder Lamellenkupplungen zur Führung der Lamellen und zur Kraftübertragung zwischen Lamellen und Kupplungskorb eingesetzt.

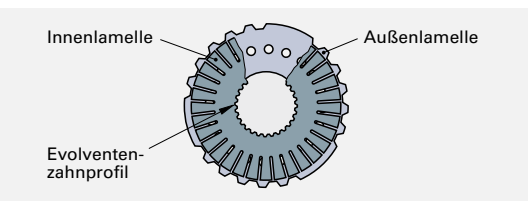


Bild 6: Kupplungslamellen mit Zahnrad-Profil

■ Beispiele für Duroplaste

Phenolharz PF (Bild 1)

Eigenschaften: Nur dunkle Farben, hart, spröde, klebbar, nicht lichtecht, wird braun, hat Phenolgeruch.

Verwendung (Bild 1): Mit Füllstoffen als Pressmassen für dunkle Formteile, Schichtpressstoffe, Kunstharzlacke, Gießharze.

Harnstoffharz UF; Melaminharz MF (Bild 1)

Eigenschaften: Glasklar, lichtecht, geruchlos, einfarbig, hart, spröde, beständig gegen schwache Säuren und Lösemittel.

Verwendung (Bild 1): Mit Füllstoffen als Pressmassen für helle Formteile, Schichtpressstoffe, Kunstharzlacke, Warmleim, Kaltleim.



Bild 1: Verwendung für PF und MF

Polyesterharz UP (Bild 2)

Eigenschaften: Glasklar, kann hart, spröde, weich oder elastisch sein, gut gießbar, gute Haftfähigkeit; beständig gegen Öl, Benzin, Lösemittel, schwache Säuren und Laugen.

Verwendung (Bild 2): Metallkleber, Spachtelmassen, Gießharz, glasfaserverstärkte Kunststoffe.

Epoxidharz EP (Bild 2)

Eigenschaften: Farblos bis gelb, hart, schlagzäh, sehr gut gießbar, gut haftfähig.

Verwendung (Bild 2): Klebstoff, umgießen von Teilen der Elektronik, glasfaserverstärkte Kunststoffe.



Bild 2: Verwendung von UP und EP

Polyurethanharz PUR (Bild 3)

Eigenschaften: Gelb, transparent, hart, zäh, weich oder gummielastisch, haftfähig, schäumbar.

Verwendung:

Hart-PUR: Lager, Zahnräder;

Mittelhart- bis Weich-PUR: Stoßfänger, Kleber

PUR-Schaum: Fahrzeugpolster, Integralschaum für Verkleidungen im Kfz.

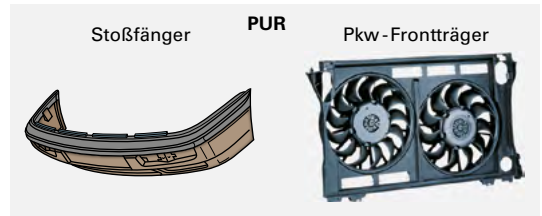


Bild 3: Verwendungen von PUR

6.6.3 ELASTOMERE

Elastomere bestehen aus ungeordneten Fadenmolekülen. Die weitmaschige Vernetzung entsteht bei der Vulkanisation (Bild 4).

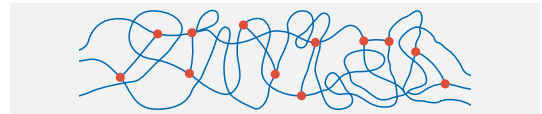


Bild 4: Struktur von Elastomeren

Ihre Vorstufen sind synthetische Kautschuke oder Naturkautschuk. Sie können durch kleine Kräfte gedehnt werden und federn wieder zurück. Bei Temperaturerhöhung schmelzen sie nicht, sondern sie bleiben elastisch bis zu ihrer Zerstörung bei höheren Temperaturen. Sie haben gute Festigkeit bei großer Dehnung und eine große Elastizität. Sie sind nicht schmelzbar, nicht spanlos formbar und nicht schweißbar; sie können quellen, aber sie lassen sich nicht auflösen.

■ Beispiele für Elastomere

Gummi (Naturgummi) NR (Bild 5)

Eigenschaften: Elastizität nimmt mit zunehmendem Schwefelgehalt ab, nicht beständig gegen Öl, Benzin, Benzol und Alterung.

Verwendung (Bild 5): Beimischung in Reifen, Wasser-schläuche, Dichtungen, Keilriemen.

Styrol-Butadien-Kautschuk (Kunstgummi) SBR (Bild 5)

Eigenschaften: Ähnlich wie Gummi aber abriebfester, alterungsbeständiger, weniger elastisch; beständig gegen Öl und Benzin.

Verwendung (Bild 5): Beimischung zu Fahrzeugreifen, Manschetten, Schläuchen.



Bild 5: Verwendungen von NR und SBR

Ungeteilte Pleuelstangen. Bei Zweitakt-Einzyliermotoren wird der Pleuefuß oftmals nicht geteilt, deshalb muss die Pleuelstange aus einzelnen Teilen zusammengebaut werden. Anstelle von Gleitlagern können Wälzlager verwendet werden.

Schmierung. Für das Pleuellager erfolgt sie durch Motoröl, welches dem Pleuelzapfen vom Wellenzapfen der Pleuelstange durch eine Bohrung zugeführt wird. Die Pleuelbuchse mit Pleuelbolzen wird meist durch Spritzöl ausreichend geschmiert (Ölbohrung am Pleuelauge, **Bild 1, Seite 217**).

WERKSTATTHINWEIS

Kontrolle der Gewichtstoleranz. Werden Pleuelstangen bzw. Pleuelbolzen ausgewechselt, muss darauf geachtet werden, dass die Ersatzteile gleiches Gewicht haben, damit nicht unausgeglichene Massenkräfte den Motorlauf stören. Die zulässige Gewichtstoleranz der Teilsätze (Kolben + Pleuelstange) ist vom Hersteller vorgeschrieben. Geringfügige Übergewichte werden am Pleuefuß abgeschliffen.

Zusammenbau von Pleuelstange und Pleuelbolzen

Schwimmende Lagerung. Ist der Pleuelbolzen in der Pleuelbuchse und im Pleuelbolzen gelagert, muss auf die richtige Montage der Pleuelbolzen-Sicherung geachtet werden (siehe Seite 214).

Schiebe- oder Festsitz. Soll der Pleuelbolzen im Pleuelbolzen einen Schiebe- oder Festsitz erhalten, so wird der Pleuelbolzen vor dem Zusammenbau z.B. im Ölbad auf etwa 80°C erwärmt. Zum Einführen des geölten, kalten Pleuelbolzens in den Pleuelbolzen werden Pleuelbolzenaugen und Pleuelbuchse durch einen Führungsbolzen zentriert, damit der Pleuelbolzen zügig eingeschoben wird und nicht frühzeitig im Pleuelbolzen festsitzt.

Schrumpfsitz. Soll der Pleuelbolzen im Pleuelbolzen mit Schrumpfsitz eingebaut werden, wird folgendermaßen vorgegangen (**Bild 1**):

- Pleuelstange auf etwa 280°C bis 320°C erwärmen (Temperaturkontrolle erforderlich).
- Pleuelbolzen zur Erleichterung der Montage mit Kohlendioxid oder in der Pleuelkühltruhe unterkühlen und damit im Pleuelbolzen verkleinern.
- Pleuelbolzen sorgfältig zentriert auf Pleuelunterlage mit Pleuelbolzen auflegen.

- Erwärmte Pleuelstange gut zentriert auf das untere Pleuelbolzenauge legen.
- Kalten Pleuelbolzen durch das obere Pleuelbolzenloch bis an die Pleuelstange einführen.
- Pleuelbolzen rasch in einem Zug bis zum Anschlag (Endstellung) am Pleuelbolzen einschieben.

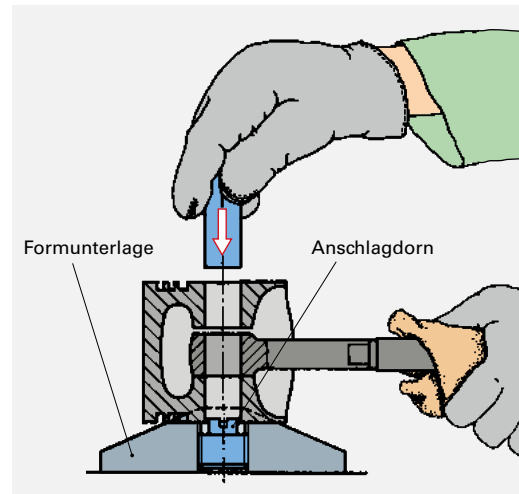


Bild 1: Pleuelbolzenmontage mit Schrumpfsitz des Pleuelbolzens in der Pleuelstange

Zusammenbau von Pleuelstange und Pleuelbolzen.

Die Pleuelstange muss auf dem Pleuelzapfen seitliches Spiel haben, damit sich Unterschiede in der Wärmedehnung von Pleuelstange und Pleuelbolzen ausgleichen können. Die Pleuelbolzen, im allgemeinen Pleuelbolzen, werden mit einem Drehmomentschlüssel mit dem vom Hersteller vorgeschriebenen Drehmoment angezogen.

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 Welchen Beanspruchungen ist die Pleuelstange ausgesetzt?
- 2 Welche Aufgaben haben Pleuelstangen?
- 3 Welche Vorteile bietet die Bruchtechnik bei sintergeschmiedeten Pleuelstangen?
- 4 Wie ist die Pleuelstange auf der Pleuelstange gelagert und wie erfolgt die Pleuelstange?
- 5 Was versteht man unter einem Trapezpleuel?
- 6 Wie erfolgt die Lagerung des Pleuelbolzens im Pleuelauge?
- 7 Warum soll die Gewichtstoleranz der Teilsätze (Pleuelbolzen + Pleuelstange) nicht überschritten werden?
- 8 Warum soll beim Zusammenbau von Pleuelbolzen und Pleuelstange ein Führungsbolzen verwendet werden?

Durch das weit hinter dem Dieselpartikelfilter entnommene, kühlere und partikelärmere Abgas, lassen sich folgende Vorteile erzielen:

- Bessere Füllung, da die Ansaugluft weniger aufgeheizt wird.
- Der Abgasvolumenstrom vor Turbine des Abgasturboladers (ATL) wird nicht reduziert. Dadurch spricht der ATL bei Lastwechsel besser an.
- Da die AGR-Rate vor dem Verdichterrad des ATL zugeführt wird, entfällt die Druckregelklappe und die damit verbundene Drosselung.

Die Niederdruck-AGR stellt wegen der höheren thermischen Belastung und auch durch leistungsmindernde Rückstände wie Partikel und Wasserdampf auf dem Verdichterrad äußerst hohe Anforderungen an den Abgasturbolader. Bei Euro-6-Motoren ist zusätzlich zur Hochdruck-AGR eine Niederdruck-AGR verbaut. Dadurch kann die Dynamik verbessert und der NO_x -Ausstoß nochmals gesenkt werden.

AGR-Rate (Bild 1). Wie dargestellt, sinkt bei steigender AGR-Rate die NO_x -Konzentration im Abgas. Gleichzeitig steigen aber die Konzentrationen an PM, CO und HC an. Aufgrund der sinkenden Verbrennungstemperatur erhöht sich zudem der Kraftstoffverbrauch. Hieraus ergibt sich eine obere Grenze für die Abgasrückführungsrate von 40 Vol-% ... 45 Vol-%.

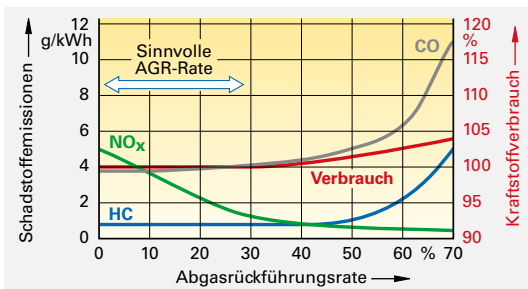


Bild 1: Einfluss der AGR-Rate

Regelung der AGR-Rate. Sie wird vom Steuergerät über ein Unterdruckventil oder einen elektrischen Stellmotor geregelt. Sie ist abhängig von:

- Last/Drehzahl
- Ladedruck
- Motortemperatur
- Ansauglufttemperatur.

AGR-Regelung. Im Kennfeld des Motorsteuergeräts ist für jeden Betriebspunkt die Stellung des AGR-Ventils und der Druckregelklappe hinterlegt. Zur optimalen AGR-Regelung können folgende Sensorinformationen herangezogen werden:

Druckregelklappen-Potenziometer. Er meldet die aktuelle Stellung der Druckregelklappe zurück an das Motorsteuergerät.

Heißfilm-Luftmassenmesser. Er misst die angesaugte Luftmasse. Durch die Differenz aus Ist- und abgeleg-

tem Kennfeldwert ohne AGR-Rate, kann die tatsächlich zugeführte AGR-Rate bestimmt werden.

Breitband-Lambdasonde. Über den Restsauerstoffgehalt im Abgas können die Grenzen der max. AGR-Rate ermittelt werden.

Druckensorglühkerzen (vgl. Seite 335). Auch der Druckverlauf wird bei Euro-6-Fahrzeugen zur Berechnung der optimalen AGR-Rate mit einbezogen.

11.4.5 OXIDATIONSKATALYSATOR

Er entspricht im Aufbau einem Dreiwege-Katalysator eines Ottomotors (vgl. Seite 319). In ihm werden unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC und Kohlenmonoxid CO oxidiert. Aufgrund des hohen Restsauerstoffanteils im Dieselaabgas können Stickoxide (NO_x) nicht reduziert werden. Deshalb wird er als ein Oxidationskatalysator (Zweiwege-Katalysator) bezeichnet.

Aufbau. Auf einem Keramik- bzw. Metallträger ist zur Vergrößerung der wirksamen Oberfläche eine Beschichtung aus Aluminiumoxid aufgebracht (Bild 1, Seite 320). Auf dieser sogenannten „wash-coat“ befindet sich der eigentliche Katalysator, bestehend aus 1 g ... 2 g Platin und Palladium.

Die Edelmetalle als Katalysator stoßen die Oxidationsvorgänge an, ohne sich dabei zu verbrauchen.

Die wesentlichen Funktionen des Dieseloxidationskatalysators sind:

Oxidation von HC- und CO-Emissionen. Im Oxikat werden Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) zu Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O) oxidiert. Die Oxidation erfolgt ab einer gewissen Grenztemperatur (Light-off-Temperatur). Sie liegt je nach Abgaszusammensetzung, Strömungsgeschwindigkeit und Katalysatordotierung bei 170 °C ... 200 °C. Ab dieser Temperatur steigt die Oxidationsrate auf über 90 %.

Oxidation von NO zu NO_2 . Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2 werden zusammen als NO_x bezeichnet. Der NO_2 -Anteil am NO_x im motorischen Abgas beträgt in den meisten Betriebspunkten nur etwa 10 %. Der Oxikat sorgt schon bei niedrigen Temperaturen für eine Erhöhung des Verhältnisses von NO_2 zu NO. Ein hoher NO_2 -Anteil am NO_x ist für die Funktion nachgelagerter Komponenten, wie dem Dieselpartikelfilter bzw. dem SCR-Katalysator wichtig, um z. B. die Partikelabbrenntemperatur abzusenken.

Reduktion der Partikelmasse. Die vom Dieselmotor emittierten Partikel bestehen zum Teil aus Kohlenwasserstoffen, die sich bei steigenden Temperaturen vom Partikelkern abspalten. Durch Oxidation dieser Kohlenwasserstoffe kann die Partikelmasse (PM) um 15 % ... 30 % reduziert werden.

Der Verbrennungsmotor dient ausschließlich der Erzeugung elektrischer Energie, falls die Kapazität der Batterie nicht ausreicht („On-Board-Stromerzeugung“).

Bei Bedarf schaltet eine Elektronik den Verbrennungsmotor zu. Damit wird die Reichweite des Fahrzeuges erhöht. Die Elektronik berücksichtigt dabei auch Navigationsdaten, z. B. das Ziel- und Streckenprofil bei Steigungen bzw. Gefällstrecken.

Dabei sind die folgenden Betriebszustände möglich:

1. Fahren:

Der Verbrennungsmotor treibt den Generator an, der die Hochvolt-Batterie lädt. Über den Inverter wird der Motorgenerator mit Energie versorgt.

2. Fahren ohne Emission:

Die Hochvolt-Batterie verfügt über genügend Energie für den Antrieb des Motor-Generators.

3. Rekuperation:

Der Motor-Generator wird beim Bremsen als Generator betrieben und lädt die Hochvolt-Batterie.

Als Verbrennungsmotoren können Otto-, Diesel- oder Wankelmotoren eingesetzt werden. Bei Bussen werden z. B. Dieselmotoren verwendet. Wankelmotoren haben den Vorteil, dass sie nahezu vibrationsfrei laufen sowie über geringe Abmessungen und ein niedriges Gewicht verfügen. Der Kraftstoffvorratsbehälter von Personenkraftwagen hat ein Volumen von 10 bis 30 Liter.

Laden der Batterie. Der Elektromotor kann auch als Generator arbeiten und wird deshalb als Motorgenerator bezeichnet. Die Batterie wird aufgeladen, indem er während der Fahrt mit dem Verbrennungsmotor oder beim Bremsen umgeschaltet wird (Rekuperation).

Antrieb. Die Verbindung zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Elektromotor ist in diesem System starr, z. B. durch eine Verflanschung zwischen der Kurbelwelle und dem Elektromotor, der damit gleichzeitig als Starter verwendet werden kann. Aufgrund der flachen Bauweise ist eine Anordnung zwischen Motor und Getriebe möglich (**Bild 2**).

■ Paralleles Hybrid-System (**Bild 1**)

Bei einem parallelem Hybrid-System treiben Verbrennungsmotor und Elektromotor gemeinsam die Räder an.



Bild 2: Paralleles Hybrid-System

Der Elektromotor (Permanentmagnet-Drehstrom-Synchronmotor) übernimmt gleichzeitig die Funktion einer Ausgleichswelle. Als Getriebe wird in der Regel ein CVT-Getriebe (Continuous Variable Transmission) verwendet.

Die Steuereinheit besteht aus der Batterie sowie der Leistungseinheit. Diese Leistungseinheit besteht aus Batteriesteuergerät, Spannungswandler und Lüftermotor. Die Antriebseinheit im vorderen Teil des Fahrzeuges wird über eine Hochspannungsleitung mit elektrischer Energie versorgt (**Bild 1, Seite 373**).

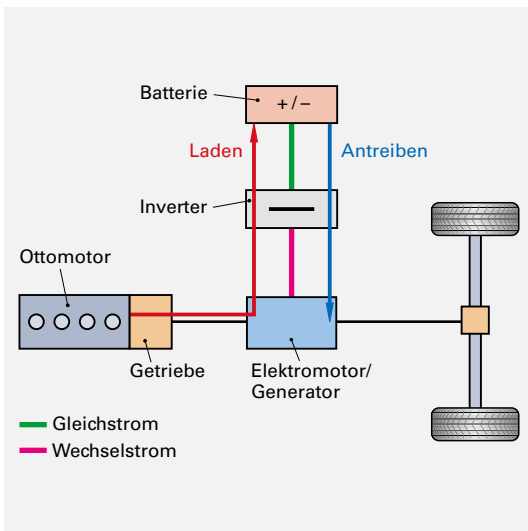


Bild 1: Paralleles Hybrid-System

Zum Schutz vor hohen Temperaturen werden die folgenden Bauteile gekühlt (**Bild 1**):

- Drehstromantrieb/Elektromotor
- Ladegerät für die Hochvolt-Batterie
- Hochvolt-Batterie
- Leistungs- und Steuerelektronik für den Elektromotor

Die Temperatur des Kühlmittels beträgt bis zu 65°C und wird durch das Motorsteuergerät elektronisch überwacht und geregelt.

Für die Beheizung des Innenraums existiert ein weiterer Kühlkreislauf. Dieser besteht aus der Pumpe für den Kühlmittelumlauf, der Hochvolt-Heizung (PTC) sowie dem Heizungswärmetauscher.

Radnabenantrieb. Der Antrieb eines Elektrofahrzeugs kann alternativ auch mithilfe von Radnabenmotoren erfolgen. Dabei verfügt jedes angetriebene Rad über einen eigenen Motor. Bei dieser Art des Antriebs entfallen die Antriebsachswellen. Dadurch wird der Aufbau vereinfacht.

On-Board-Ladesystem. Elektrisch angetriebene Kraftfahrzeuge verfügen in der Regel über zwei Batterie-Ladesysteme:

- **Laden mit Wechselstrom.** Dabei nutzt das System den im Fahrzeug integrierten Spannungswandler (On-Board-Ladeeinheit). Dieses System erlaubt das Aufladen des Fahrzeuges über eine herkömmliche einphasige 230 V/16 A-Steckdose. Die Ladeleistung ist durch das Ladegerät auf max. 3600 Watt begrenzt.

- **Laden mit Gleichstrom.** Ein Schnellladesystem ermöglicht den Anschluss an die speziellen Schnellladestationen der Energieversorger. Dabei wird die Hochvolt-Batterie direkt versorgt. Der Gleichstrom wird in der Ladeeinrichtung erzeugt und hat eine max. Leistung von 170 kW. Damit kann eine vollständig entladene Batterie in ca. 30 Minuten zu 80 % ihrer Kapazität aufgeladen werden.

Inverter (Gleichstromrichter). Er wandelt die Gleichspannung der Batterie in eine Wechselspannung für den elektrischen Antriebsmotor. Der DC/DC-Wandler versorgt die 12-V-Fahrzeugbatterie für Nebenaggregate sowie elektrische Zubehör- und Ausstattungssysteme.

Elektrische Komponenten. In einem Elektrofahrzeug werden verschiedene Komponenten elektrisch angetrieben:

- Lenkkräftunterstützung für die Lenkung
- Vakuumpumpe für den Bremskraftverstärker
- Klimakompressor
- Fahrzeugheizung

Der Klimakompressor und die Fahrzeugheizung werden über die Hochvolt-Batterie betrieben.

Damit kann sowohl die Klimaanlage als auch die Heizung des Fahrzeugs im Stand betrieben werden.

Standklimatisierung. Die Temperatur im Innenraum des Fahrzeugs kann per Fern- oder Zeitsteuerung geregelt werden.

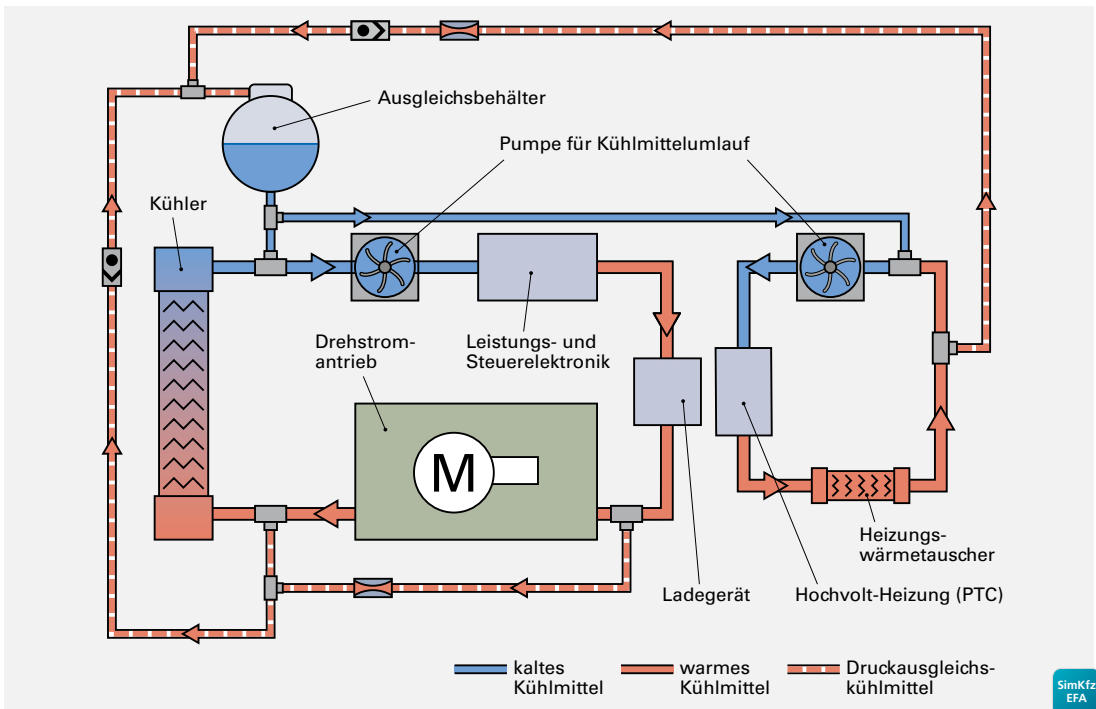


Bild 1: Kühlsystem

Das Batterie-Management sorgt dafür, dass die Grenzen nicht über- bzw. unterschritten werden. Für die Größe der Batterie bedeutet dies, dass sie grundsätzlich überdimensioniert sein muss, damit die Grenzen des Arbeitsbereiches nicht überschritten werden.

Der obere Grenzbereich darf nicht überschritten werden, damit bei längerer Bergabfahrt die Batterie in der Lage ist, weiterhin Energie zu speichern. Droht die Batterie dennoch zu überladen, schaltet das Batterie-Management den Ladevorgang ab.

Der untere Grenzbereich darf nicht unterschritten werden, damit eine Beschleunigung des Fahrzeugs durch den elektrischen Antrieb („Boost-Funktion“) gewährleistet ist.

■ Kühlung

Die Lebensdauer und Leistung der Akkumulatoren hängt im Wesentlichen von ihrer Betriebstemperatur ab. Hohe Temperaturen zerstören die Zellen und bei zu niedrigen Temperaturen laufen die elektrochemischen Vorgänge nur langsam ab. Die optimale Betriebstemperatur liegt bei ca. 20 °C.

Eine Arbeitstemperatur von 45 °C bis 60 °C sollte nicht überschritten werden.

Die Batterien können z. B. über ein Gebläse mit der Luft aus dem Innenraum gekühlt werden. Dabei wird durch einen Kanal die Luft aus dem Innenraum unter der hinteren Sitzbank zur Akkumulatoren-Einheit im Kofferraum geführt (**Bild 1**).

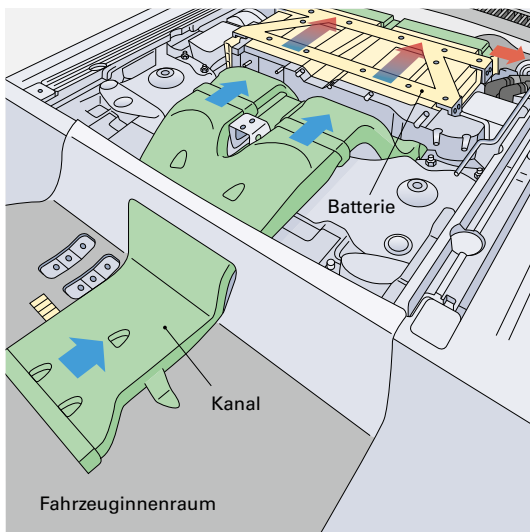


Bild 1: Gebläsekühlung der Akkumulatoren

Andere Möglichkeiten sind die Kühlung durch das Kühlwasser aus dem Kühlkreislauf oder die Kühlung durch die Fahrzeug-Klimaanlage.

13.8 LEISTUNGSELEKTRONIK

Die Leistungselektronik im Hybridfahrzeug (**Bild 1, Seite 392**) hat folgende Aufgaben:

- Umwandlung der Gleichspannung in Wechselspannung (DC→AC) und Umwandlung der Wechselspannung in Gleichspannung (AC→DC)
- Veränderung des Gleichspannungswertes
- Laden der Hochvolt-Batterie
- Antrieb der Motorgeneratoren und des Klimakompressors

Gleich- bzw. Wechselrichtung. Die Antriebsmotoren (MG1 und MG2) und der Antriebsmotor des Klimakompressors benötigen Drehstrom. Dieser wird mithilfe einer Wechsel- und Gleichrichter-Schaltung erzeugt. Wenn MG1 und MG2 als Generatoren arbeiten, wird die erzeugte Drei-Phasen-Wechselspannung in Gleichspannung umgewandelt.

Wandlung und Verstärkung der Gleichspannung. Bei einem Hybridfahrzeug wird die elektrische Anlage in verschiedenen Spannungsbereichen betrieben:

- Spannung Bordnetz, z. B. 12 Volt
- Spannung Hochvolt-Batterie und Aggregate, z. B. 201,6 Volt
- Spannung Antriebsmotoren, z. B. 650 Volt

Laden der Hochvolt-Batterie. Während des Bremsvorgangs und im Schiebetrieb arbeiten MG1 und MG2 als Generatoren.

Über die Gleichrichtung im Inverter und den Gleichspannungswandler wird die Hochvolt-Batterie geladen.

Antriebsmotoren MG1 und MG2. Die Spannung der Hochvolt-Batterie wird im DC/DC-Wandler auf die höhere Spannung für die Motorantriebe gewandelt, z. B. von 201,6 Volt auf 650 Volt. Anschließend erfolgt im Inverter durch die Wechselrichter-Schaltung die Umwandlung in Drehstrom für die elektrischen Antriebe MG1 und MG2.

Aufbau und Funktion der Leistungselektronik. Die Spannungsversorgung der Leistungselektronik erfolgt durch die Hochvolt-Batterie über die Sicherheitsrelais. Die Leistungselektronik des Inverters wandelt mithilfe eines Gleichspannungswandlers (DC/DC-Wandler) die Spannung der Hochvolt-Batterie in die Betriebsspannung für die elektrischen Antriebsmotoren um.

Für die Erzeugung des Drehstroms stehen für jeden der Antriebsmotoren MG1 und MG2 je eine Wechselrichterschaltung mit jeweils sechs Transistoren zur Verfügung.

Ansteuerung der Transistoren. Sie erfolgt durch ein integriertes Steuergerät. Als Transistoren werden IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) verwendet.

IGBTs sind elektronische Halbleiterelemente, bei denen ein Feldeffekttransistor einen bipolaren Transistor ansteuert.

13.13 SICHERHEITSLINIE

■ System Sicherheitslinie in HV-Fahrzeugen

Die Sicherheitslinie (Pilotlinie, Interlockkreis) ist eine Leitung, die durch alle Hochvolt-Komponenten verläuft (**Bild 1**). Mithilfe der Sicherheitslinie wird das Abziehen einer Hochvolt-Leitung, des Wartungs-/Servicesteckers oder die Demontage einer Abdeckung mit Pilotlinienkontakt erkannt. Dadurch wird das Hochvolt-System abgeschaltet.

Bei „Zündung an“ legt ein Steuergerät der Hochvolt-Komponenten eine Spannung (meist 12-V-Bordspannung) an. Ein anderes Steuergerät (meist Batteriesteuergerät) überwacht die Stromstärke und/oder Spannung auf der Sicherheitslinie.

Wird der Strom auf der Sicherheitslinie unterbrochen (z.B. Zündung aus), erkennt dies das Steuergerät. Daraufhin öffnet das Batteriesteuergerät die Leistungsschalter (Schütze, **Bild 2**) in der Hochvolt-Batterie und das Hochvolt-System ist abgeschaltet.

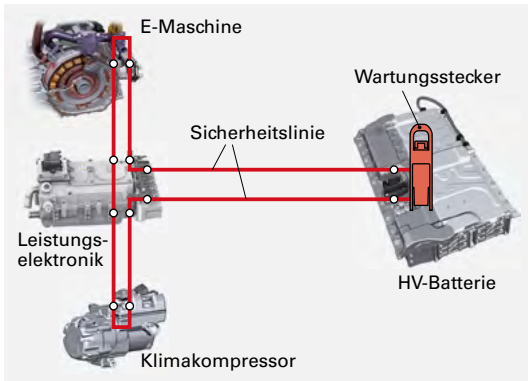


Bild 1: Sicherheitslinie

■ Abschaltung HV-System über Sicherheitslinie

Dies sollte möglichst vermieden werden, da ein Öffnen der Schütze unter Last (z.B. durch Unbefugtes Entfernen einer Abdeckung eines Hochvolt-Bauteils) zum Abrennen der Schützkontakte führt. Ein Festkleben der Kontakte kann die Folge sein.



Bild 2: HV-Schütze

13.14 WARTUNGSSTECKER

■ System Wartungsstecker in HV-Fahrzeugen

Der Wartungsstecker (Servicestecker) ermöglicht das gefahrlose Freischalten des Hochvolt-Systems.

Wartungsstecker (Bild 3). Er ist an gut zugänglicher Stelle, meist direkt an der Hochvolt-Batterie, eingebaut.

Das Entriegeln erfolgt in zwei Stufen:

Erste Stufe. Sie trennt die Sicherheitslinie. Dadurch öffnen die Leistungsschalter (Schütze) in der Hochvolt-Batterie. Danach ist das Hochvolt-System spannungsfrei. Dadurch wird das Entstehen von Lichtbogen beim Trennen der Hochvolt-Leitungen oder der Batteriehälften verhindert.

Zweite Stufe. Der Wartungsstecker kann nun abgezogen werden. Es werden entweder die Hochvolt-Leitungen oder die Batteriehälften voneinander getrennt.

Zusätzlich kann im Wartungsstecker die Hauptsicherung des Hochvolt-Systems eingebaut sein.

Bauarten

Beim Wartungsstecker (**Bild 3**) wird die Sicherheitslinie sowie die Klemme 30C (Crash-Signal) unterbrochen. Er ist vor unbefugtem Zugriff durch ein Vorhängeschloss gesichert. Das Batteriesteuergerät öffnet die Leistungsschalter (Schütze).

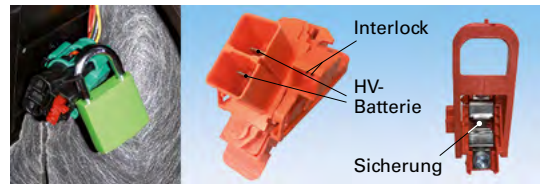


Bild 3: Wartungsstecker

Bild 4/5: mit Interlock/Sicherung



Bild 6: Ziehen des Wartungssteckers

WERKSTATTHINWEIS

Rote Lasche herausziehen, rote Lasche hochdrücken und schwarzen Stecker aus grünem Gehäuse ziehen.

Zusätzliche Schutzeinrichtungen in HV-Fahrzeugen:

- Kühlsystem zur Einhaltung der Temperaturgrenzen von Hochvolt-Batterien

13.20 FLÜSSIGGASANTRIEBE

Flüssiggas bzw. LPG (Liquified Petroleum Gas) ist ein Gemisch aus Propan und Butan. Flüssiggas wird auch als Autogas bezeichnet. Fahrzeuge mit Ottomotoren können durch entsprechende Umbauten mit Autogas betrieben werden.

Ähnlich wie Erdgas verfügt Flüssiggas über gute Verbrennungseigenschaften bei niedrigen Schadstoffemissionen. Nachteilig ist der in der Praxis höhere Kraftstoffverbrauch von ca. 10–20 % gegenüber dem Betrieb mit Ottokraftstoff.

Flüssiggasantriebe werden in der Regel in Kombination mit dem Benzinbetrieb in Ottomotoren eingesetzt (bivalenter Antrieb). Zu diesem Zweck müssen zusätzliche Komponenten im Fahrzeug eingebaut werden. Die Umrüstung auf Flüssiggasantrieb ist prinzipiell bei allen Ottomotoren möglich.

13.20.1 AUTOGASANLAGE FÜR MOTOREN MIT BENZIN-SAUGROHREINSPRITZUNG (INDIREKTE EINSPRITZUNG)

Wirkungsweise. Das im Flüssiggasbehälter unter Druck gespeicherte Flüssiggas gelangt über den Verdampfer zum Gasmengenverteiler (**Bild 1**). Die Gasdüsen im Saugrohr werden durch das Steuergerät bedarfsgerecht bestromt und damit geöffnet. Das Gas vermischt sich mit der angesaugten Luft und gelangt nachfolgend als Gas-Luft-Gemisch in den Verbrennungsraum.

Flüssiggastank. Das Flüssiggas wird mit einem Druck von ca. 10 bar gespeichert. Der mechanische Füllstandssensor beendet den Tankvorgang selbstständig, wenn ein Füllstand von ca. 80 % erreicht ist. Das verbleibende Volumen im Gastank wird als Gaspolster benötigt, um die Ausdehnung des Autogases bei Temperaturschwankungen auszugleichen. Bei nachgerüsteten Flüssiggasanlagen wird der Tank aus Stahlblech in der Regel in der Reserveradmulde eingebaut. Aber auch der Einbau eines zylindrischen Stahltanks im Gepäckraum oder die Unterflur-Montage mehrerer kleiner Zylindertanks ist möglich. Unabhängig von der Bauart verfügt der Tank über ein Sicherheitsventil, das bei ca. 30 bar öffnet.

Elektronisches Steuergerät (Gas). Es verarbeitet die folgenden Informationen:

- Temperatur von Verdampfer/Druckregler
- Saugrohrdruck/Gasdruck
- Temperatur im Gasmengenverteiler
- Einspritzzeit der Benzineinspritzventile
- Signal Lambda-Sonde
- Drehzahl
- Stellung des Umschalters Benzin/Gas
- Tankanzeige

Das elektronische Steuergerät steuert die Magnetventile in Abhängigkeit der Sensorsignale an. Hauptsteuergrößen sind die vom Motorsteuergerät vorgegebenen Einspritzzeitpunkte und -zeiten der Benzineinspritzung. Die Benzineinspritzsignale werden mithilfe von Y-Anschlüssen abgegriffen und an das LPG-Steuergerät geleitet. Dieses berechnet daraufhin die entsprechenden

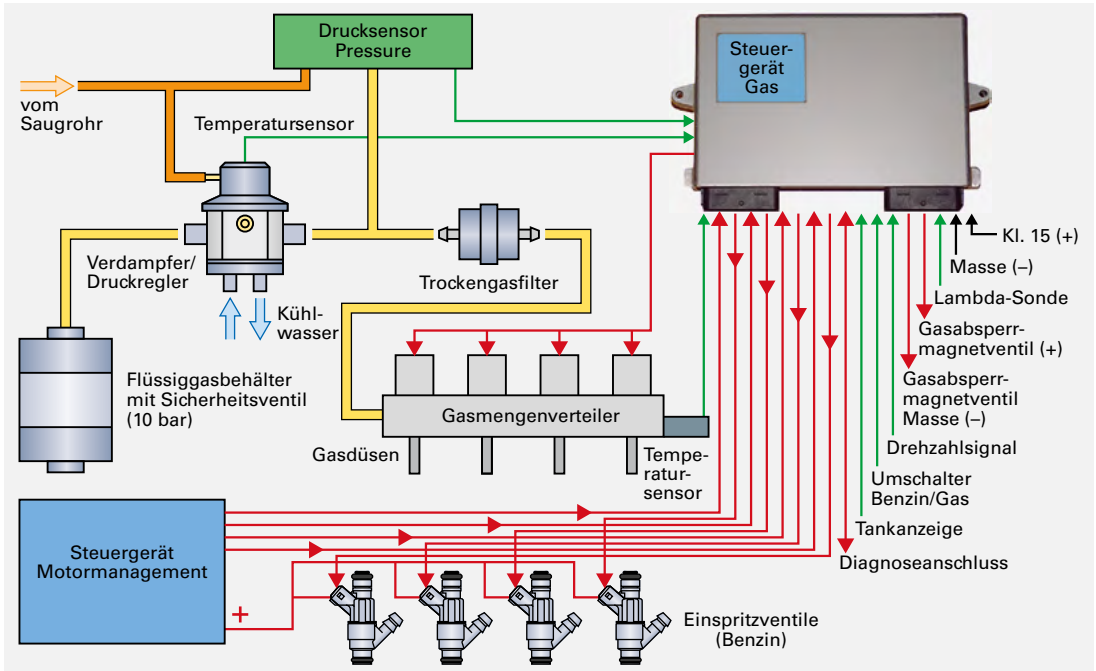


Bild 1: Flüssiggas-Anlage für Benzinmotoren mit Saugrohreinspritzung

14.4.3 WARTUNGSARBEITEN UND FEHLERSUCHE AN SCHALTGETRIEBEN

■ Wesentliche Wartungsarbeiten

- Ölstand prüfen, ggf. richtigstellen
- Schaltung auf Leichtgängigkeit und Funktion prüfen
- Ölwechsel, soweit vorgeschrieben, nach Herstellervorschrift durchführen
- Getriebegehäuse auf Dichtheit prüfen

■ Prüfungen zur Lokalisierung von Fehlern und Störungen

- Sichtprüfungen, z. B. an Getriebeaufhängung und Schaltgestänge
- Geräuschprüfungen, z. B. Zahn- und Lagergeräusche bei Leerlauf und Lastwechsel
- Funktionsprüfungen, z. B. Synchronisierung beim Gangwechsel

Tabelle 1: Fehlersuche

| Fehler/Störung | Ursache | Abhilfe |
|--|--|---------------------------------------|
| Schaltung hakt | Schaltgestänge verbogen | Defekte Bauteile ersetzen |
| | Getriebeaufhängung defekt | |
| | Falsche Einstellung | |
| Gang springt heraus | Schaltgabel verbogen | Schaltgabel ersetzen |
| | Schaltverzahnung abgenutzt | Zahnräder ersetzen |
| | Schaltarretierung defekt | Aufhängungsteile erneuern |
| | Motor- oder Getriebeaufhängung schadhaft | |
| Getriebe synchronisiert schlecht | Synchronring verschlissen | Synchronringe ersetzen |
| | Falsches Getriebeöl eingefüllt | Vorgeschriebenes Getriebeöl verwenden |
| Getriebegeräusche beim Fahren unter Last | Getriebelager defekt | Getriebelager ersetzen |
| | Verzahnung schadhaft | Zahnräder ersetzen |
| Undichtheit am Gehäuse | Dichtringe, Dichtungen undicht | Defekte Teile ersetzen |

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 Warum ist in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor ein Wechselgetriebe notwendig?
- 2 Welche Aufgaben hat das Wechselgetriebe im Kraftfahrzeug?
- 3 Was versteht man unter dem elastischen Bereich eines Verbrennungsmotors?
- 4 Erklären Sie den Begriff Übersetzungsverhältnis am Beispiel einer einfachen Zahnradpaarung.
- 5 Wie wirkt sich eine Übersetzung $i > 1$ auf die Drehmomentwandlung und Drehzahlwandlung in einem Getriebe aus?
- 6 Wie unterscheiden sich gleichachsige und ungleichachsige Getriebe?
- 7 Ein Schaltgetriebe hat im 1. Gang eine Übersetzung von $i = 3,5$ und im 5. Gang eine von $i = 0,73$. Wie werden durch diese Übersetzungen ein Motordrehmoment von 100 Nm und eine Motordrehzahl von 1000 1/min gewandelt?
- 8 Nach welchen Gesichtspunkten unterscheidet man handgeschaltete Wechselgetriebe?
- 9 Unter welcher Bedingung ist es möglich, dass in einem Getriebe mehrere Zahnradpaarungen ständig miteinander laufen?
- 10 Wie wird bei Schaltmuffengetriebe der Kraftfluss zwischen Schaltrad und Getriebewelle hergestellt?
- 11 Über wie viele Zahnradpaarungen verläuft der Kraftfluss in einem gleichachsigen, über wie viele in einem ungleichachsigen Wechselgetriebe?
- 12 Welche Aufgaben haben Synchronisierereinrichtungen in Schaltmuffengetriebe?
- 13 Nennen Sie die Bauteile der einfachen Konus-Synchronisierung.
- 14 Erklären Sie die Synchronisiervorgänge und Sperrvorgänge bei der einfachen Konus-Synchronisierung.
- 15 Welche Vorteile hat die Mehrfach-Synchronisierung gegenüber der Einfach-Synchronisierung?
- 16 Erklären Sie den Aufbau einer Synchronisierereinrichtung mit doppelter Synchronisierung?
- 17 In welchen Gängen werden die Einfach-, die Doppel-, und die Drei-Konen-Synchronisation verwendet?
- 18 Welche Wartungsarbeiten sind an Wechselgetriebe durchzuführen?
- 19 Wie können Fehler an Wechselgetriebe lokalisiert werden?
- 20 Welche Fehler können vorliegen, wenn ein Gang rausspringt?
- 21 Ein Getriebe synchronisiert schlecht. Geben sie mögliche Ursachen an.

15.6.1 2D-ACHSVERMESSUNG

Bei der 2D-Computer-Achsvermessung wird die geometrische Fahrachse automatisch vom System als Bezugsachse verwendet.

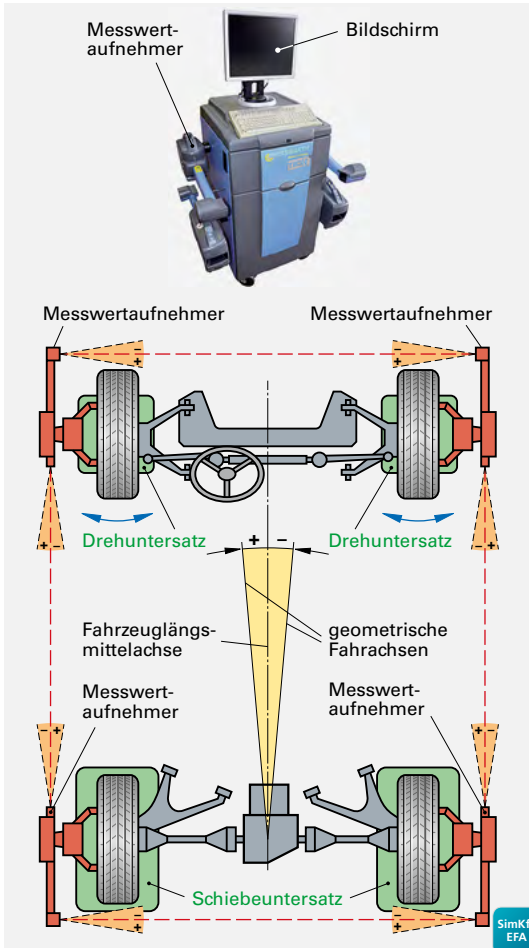


Bild 1: Computer-Achsvermessung

■ Vorbereitende Arbeiten zur Vermessung

- Fahrzeug auf waagrechte Fläche oder Hebebühne stellen.
- Reifenverschleißbild, Reifen- und Felgenreöße, Reifenluftdruck, Radlager, Spurstangengelenke und Radaufhängungsteile auf Spiel und Beschädigung prüfen.
- Beladungszustand nach Herstellervorschriften herstellen.
- Fahrzeug anheben und unter die Vorderräder Drehuntersätze, unter die Hinterräder Schiebeuntersätze legen.
- Rechner einschalten und Kommunikation mit Messwertaufnehmer herstellen.
- Fahrzeugdaten in Rechner eingeben.



Bild 2: Halter für Messwertaufnehmer am Rad montiert

- Felgenschlagkompensation durch Drehen der Räder bei waagrecht Messwertaufnehmern durchführen (Bild 3).
- Die Räder langsam eine Umdrehung drehen, bis entsprechendes Rad grün unterlegt ist.

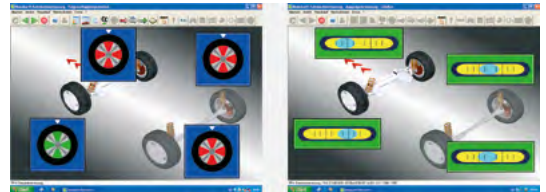


Bild 3: Felgenschlagkompensation

- Fahrzeug aufsetzen und Arretierungen an den Untersätzen lösen.
- Fahrzeug mehrmals durchfedern.
- Einsetzen eines Bremsenspanners/Pedalstütze.

■ Eingangsvermessung

- Messwerte des Fahrzeugs mithilfe des menügeführten Programms durchführen.
- Spurwerte ermitteln. Hierbei muss das Lenkrad in Geradeausstellung gedreht und zur Ermittlung der Einstellwerte entsprechend den Vorgaben des Programms gedreht werden (Bild 4).



Bild 4: Ermittlung der Spurwerte

■ Dokumentation und Einstellung

- Messprotokoll ausdrucken. Werte, die außerhalb der Toleranz liegen, werden rot unterlegt.
- Soll-Istwert-Vergleich durchführen und notwendige Einstellarbeiten vornehmen.
- Nach den Einstellarbeiten eine Kontrollmessung durchführen.
- Ergebnisprotokoll zur Dokumentation ausdrucken.

sem Befestigungspunkt und dem Federteller am Dämpferrohr befindet sich eine Schraubenfeder. Wegen der Brems-, Beschleunigungs- und Seitenführungskräfte sind Kolbenstange und Kolbenstangenführung besonders kräftig ausgeführt. Das Domlager muss große axiale Kräfte aufnehmen und große Verdrehwinkel bei Lenkachsen ermöglichen. Der Radkasten ist deshalb am oberen Befestigungspunkt verstärkt.

■ **Mehrlenker-Vorderachsen**

Bei Mehrlenker-Vorderachsen werden die Längs- und Querkräfte von unterschiedlich gelagerten Lenkern aufgenommen. In Querrichtung sind ihre Lager steif ausgelegt. In Längsrichtung sind die Lenker weich abgestimmt.

Vierlenker-Vorderachse (Bild 1). Bei Mehrlenker-Vorderachsen sind die Dreieckslenker durch einzelne Lenker ersetzt. Bei der Vierlenker-Vorderachse bilden je ein Trag- und Führunglenker die untere, zwei Führunglenker die obere Ebene.

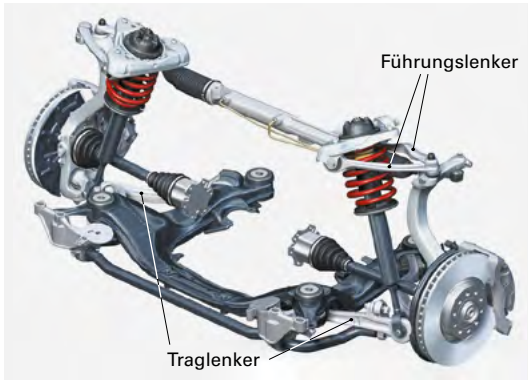


Bild 1: Vierlenker-Vorderachse

Fünflenker-Vorderachse (Bild 2). Die Fünflenker-Vorderachse besteht im oberen Teil aus je einem Trag- und Führunglenker und der untere Teil aus zwei Führunglenkern. Der fünfte Lenker wird von der Spurstange gebildet. Die Lenkkräfte werden über die Spurstangen direkt in die Räder übertragen.

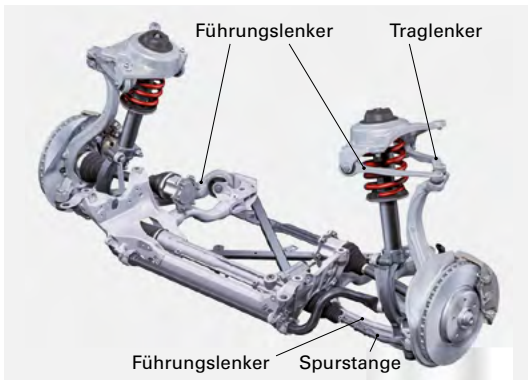


Bild 2: Fünflenker-Vorderachse

15.7.5 HINTERACHSEN

■ **Starrachse mit integriertem Antrieb**

Die Starrachse besteht aus einem Gehäuse für den Achsantrieb mit Ausgleichsgetriebe, Rohren für die Antriebswelle und den Radträgern zur Aufnahme der Bremsanlage. Aufgrund der Stabilität sind hohe Zuladungen möglich.

Nachteilig ist bei dieser Achsbauart die große ungefederte Masse, wodurch sich Fahrkomfort und Fahr-sicherheit vermindern. Bei Nutzfahrzeugen erfolgt die Befestigung am Rahmen oder an der Karosserie durch Blattfedern (Bild 3). Diese können neben der Federung auch Radführung in Längs- oder Querrichtung übernehmen. Alternativ können Schraubenfedern oder Luftfedern verwendet werden.

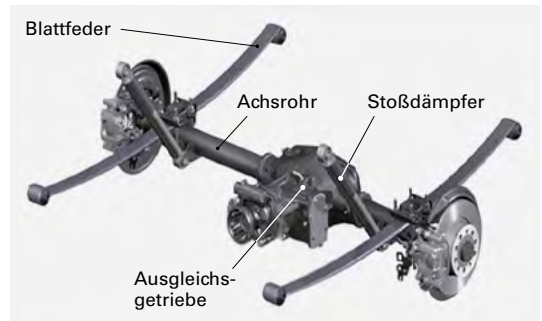


Bild 3: Starrachse mit integriertem Antrieb

■ **Starrachsen mit getrenntem Antrieb**

De Dion-Achse (Bild 4). Um die großen ungefederten Massen der angetriebenen Starrachse zu vermindern, wird der Antrieb von der Starrachse getrennt und am Aufbau befestigt. Die Kraftübertragung erfolgt über je zwei Gelenkwellen mit Längenausgleich.

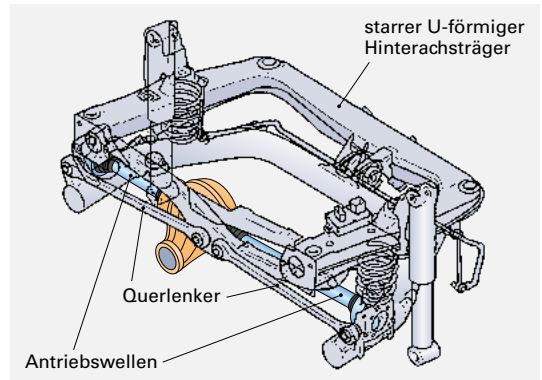


Bild 4: De Dion-Hinterachse

Die Seitenführung des starren U-förmig gebogenen Hinterachsrohres kann erfolgen durch:

- Zwei Querlenker
- Ein Wattgestänge
- Einen Panhardstab

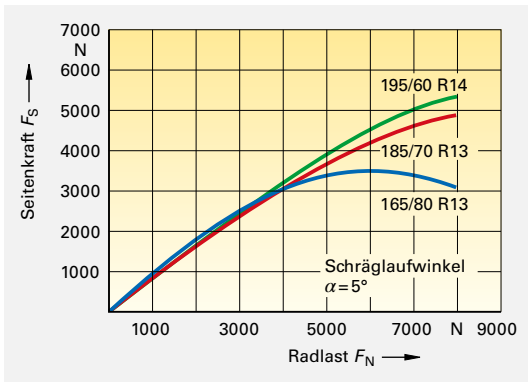


Bild 1: Seitenkraftaufbau für Radialreifen

■ Unwucht – Auswuchten

Die Masse eines Rad-Reifensystems ist aufgrund von Fertigungstoleranzen ungleichmäßig über den ganzen Umfang verteilt. An den Stellen mit der größten Masse tritt Unwucht auf, d.h. bei einem drehenden Rad entstehen Fliehkräfte, die umso größer sind je größer die Masse ist und je höher die Drehzahlen sind (Bild 2).

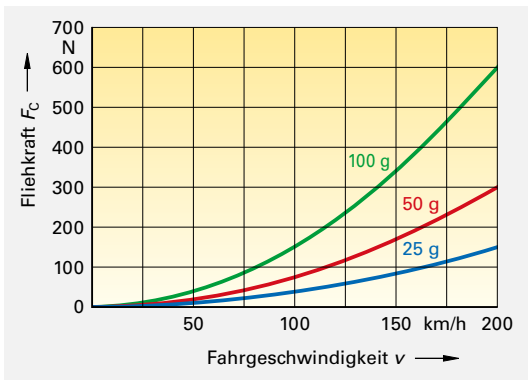


Bild 2: Fliehkräfte an einem Reifen 195/65 R 15

Es werden zwei Arten von Unwucht unterschieden:

- Statische Unwucht
- Dynamische Unwucht.

Statische Unwucht (Bild 3). Sie ist vorhanden, wenn der Reifen eine schwere Stelle hat (m_1). Der Fehler kann durch Auspendeln sichtbar gemacht werden. Die schwerste Stelle des Rades kommt unten zur Ruhe.

Auswuchten – statisch. Damit das Rad beim Auspendeln in jeder Lage stehen bleibt, muss die Summe aller Momente um die Drehachse des Rades gleich null sein.

$$M_1 = M_2 \quad G_1 \cdot r_1 = G_2 \cdot r_2$$

Gegenüber der schwersten Stelle des Rades muss eine Masse m_2 mit der Gewichtskraft G_2 an der Felge be-

festigt werden, die so groß ist, dass das entstehende Drehmoment M_1 entspricht. Das Rad ist statisch ausgewuchtet (Bild 3).

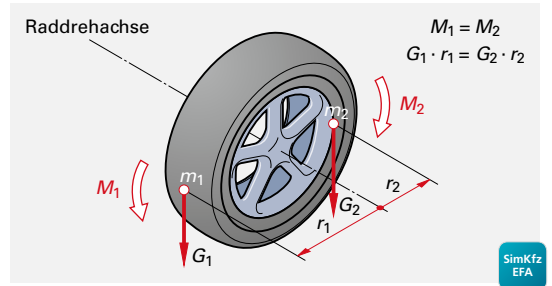


Bild 3: Auswuchten statisch

Auswirkungen von statischer Unwucht

Im Fahrbetrieb bewirkt die Masse m_1 eine Fliehkraft die bei höheren Drehzahlen zum Springen des Rades auf der Fahrbahn führt. Dies bewirkt Lenkunruhe und erhöhten Verschleiß von Reifenauflfläche und Radaufhängung.

Dynamische Unwucht (Bild 4). Bei einem Rad liegt die Unwuchtmasse m_1 selten in der gleichen Ebene wie die an der Felge angebrachte Ausgleichsmasse m_2 . Das Rad ist zwar statisch ausgewuchtet, bei höheren Drehzahlen bewirken die Fliehkräfte an m_1 und m_2 ein Drehmoment quer zur Radbefestigungsebene und bringen das Rad zum Taumeln. Das Rad hat in diesem Fall eine dynamische Unwucht. Liegt die Unwuchtmasse m_1 wie im Bild 4 in der Radbefestigungsebene, so erzeugt nur die Masse m_2 ein Drehmoment M_{C2} quer zur Radbefestigungsebene.

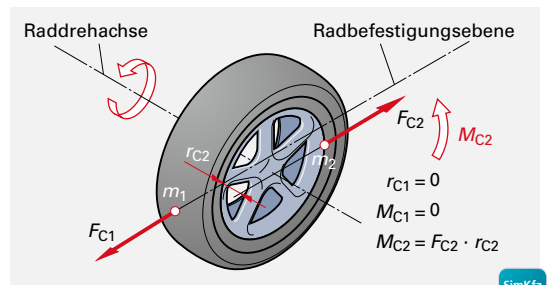


Bild 4: Dynamische Unwucht

Auswuchten – dynamisch (Bild 1, Seite 529). Durch Anbringen einer zusätzlichen Ausgleichsmasse m_3 an der Innenseite der Felge kann das entstehende Drehmoment M_{C3} das Drehmoment M_{C2} ausgleichen. Das Rad ist dynamisch ausgewuchtet. Größe und Lage der Ausgleichsmassen m_2 und m_3 werden an der Auswuchtmaschine so ermittelt, dass die Momente um die Raddrehachse ebenfalls annähernd null sind ($M_1 = M_2 + M_3$). Ansonsten würde das Rad trotz dynamischer Auswuchtung springen.



15.12.21 BREMSASSISTENT (BAS)

Der Bremsassistent sorgt im Fall einer Panikbremsung des Fahrers sofort für die maximale Bremskraftverstärkung. Dadurch verkürzt sich der Bremsweg erheblich. BAS-Systeme sind seit 2011 für alle neu zugelassenen Pkw und Lkw in der EU vorgeschrieben.

Viele Fahrer bremsen in kritischen Situationen zwar schnell, treten aber nicht stark genug auf das Bremspedal. Der Bremsweg wird dadurch länger als nötig und es kann zu Unfällen kommen.

Im Bild 1 ist ein Vergleich der Bremsverzögerungen zwischen einem guten und normalen Fahrer beim Beginn einer Bremsung dargestellt. Je schneller die maximale Verzögerung erreicht ist, desto schneller steht das Fahrzeug.

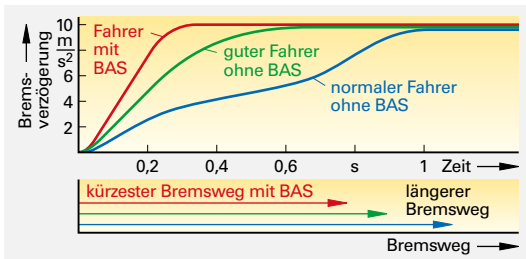


Bild 1: Bremsverzögerung BAS

Aufbau. Der Bremsassistent (Bild 2) besteht aus folgenden Komponenten:

- FDR-Steuergerät mit integrierter Bremsassistentenfunktion
- Pedalwegsensor
- Löseschalter
- Schaltmagnet

Wirkungsweise

Durch die Pedalbewegung ergibt sich eine Widerstandsänderung im Pedalwegsensor. Diese wird an das FDR-Steuergerät gemeldet. Erkennt das Steuergerät eine hohe Betätigungsgeschwindigkeit, wie z. B. bei einer Notbremsung, so werden pneumatische und hydraulische BAS-Bremssysteme aktiv.

Pneumatisch. Der Schaltmagnet des Bremskraftverstärkers wird betätigt. Dieser belüftet die Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers, wodurch sich die volle pneumatische Verstärkerkraft aufbaut. Erst nach Lösen der Bremse, wenn das Bremspedal wieder seine Ruhelage erreicht, wird der Schaltmagnet des BKV durch den Löseschalter abgeschaltet.

Hydraulischer Bremsassistent (HBA) (Hydraulik Brake Assist). Hierbei werden alle Räder im Bedarfsfall mit dem vollen Druck der FDR-Hydraulikpumpe angesteuert. Es kommt zur Vollbremsung. Die ABS-Regelfunktion verhindert ein Blockieren der Räder.

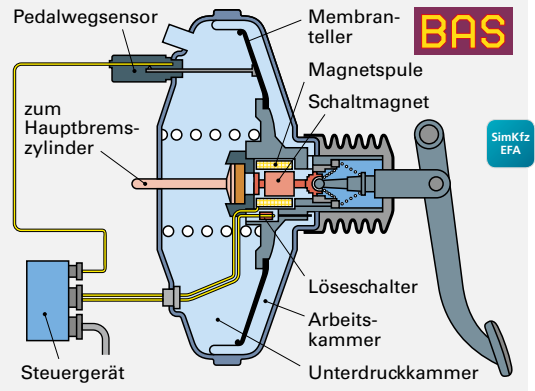


Bild 2: Bremsassistent

Erkennt das Steuergerät Fehler, wird der Bremsassistent abgeschaltet. Der Ausfall wird durch eine gelbe Warnleuchte angezeigt.



15.12.22 NOTBREMSASSISTENT, ACTIVE BRAKE ASSIST (ABA)

Durch den Notbremsassistenten sollen Unfälle vermieden bzw. die Aufprallgeschwindigkeiten minimiert werden. Das System wird dann aktiviert, wenn der Fahrer nicht eingreift.

Das Fahrzeug bremst eigenständig ab.

Die Abstände zu den vorausfahrenden und nachfolgenden Fahrzeugen werden berechnet. Hierzu werden infrarot-, laser-, radargestützte Sensoren und Kameras eingesetzt.

Zusätzlich können auch über GPS-Unterstützung Staus oder Informationen anderer Fahrzeuge in das System einfließen.

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 Beschreiben Sie die Aufgabe einer EBV.
- 2 Welche Auswirkungen hat die dynamische Achslastverteilung auf die EBV?
- 3 Welche Aufgabe hat ein ASR-System?
- 4 Nennen Sie drei Vorteile eines ASR-Systems.
- 5 Beschreiben Sie die Funktion des ASR-Systems.
- 6 Beschreiben Sie die Aufgabe einer MSR.
- 7 Nennen Sie zwei Vorteile einer FDR.
- 8 Wie reagiert das FDR-System bei übersteuerndem Fahrzeug?
- 9 Beschreiben Sie die Funktion einer SBC.
- 10 Beschreiben Sie die Wirkungsweise des Bremsassistenten.
- 11 Nennen Sie die Aufgabe des Notbremsassistenten.

Phase 3: Wenn die Gefahr eines Auffahrunfalls weiter steigt, straffen die reversiblen Gurtstraffer die Gurte abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit voll oder teilweise.

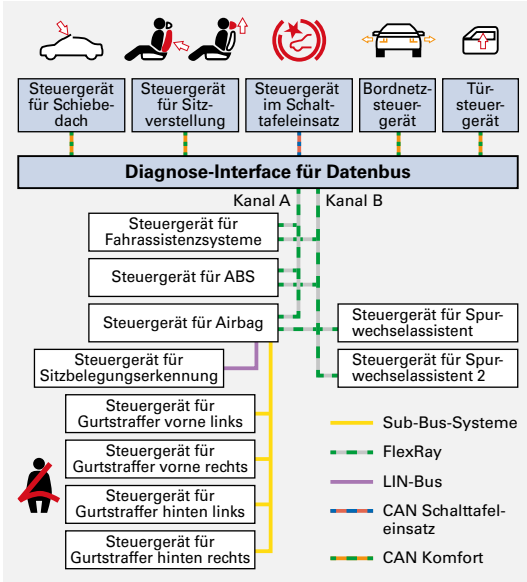


Bild 1: Pre-Crash-Maßnahmen im Fall eines drohenden Heckaufpralls

17.1.5 POST-CRASH-MASSNAHMEN

Post-Crash-Maßnahmen werden nach einem Unfall ergriffen. Sie reduzieren die Gefahrenquellen nach dem Unfall und erleichtern die Bergung von verletzten Fahrzeuginsassen.

Abhängig von der Unfallschwere können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

Multikollisionsbremse. Zur Vermeidung von Folgeunfällen wird nach einem ersten Aufprall eine automatische Bremsung eingeleitet.

Beleuchtung. Innenlicht und Warnblinker werden eingeschaltet.

Notruf. Das automatische Notrufsystem eCall alarmiert den Rettungsdienst.

Insassenbefreiung. Die Zentralverriegelung öffnet alle verriegelten Schlösser. Türen und Türschlösser sind so konstruiert, dass sie sich nach einem Unfall ohne Werkzeug von innen und außen öffnen lassen.

Vermeidung von Bränden. Die elektrische Kraftstoffpumpe wird abgeschaltet. Bei einigen Fahrzeugen wird der Kontakt von brennbarem Kältemittel R1234yf mit heißen Motorbauteilen verhindert, indem ein Gasgenerator eine Schutzgasschicht an den Gefahrenstellen freisetzt.

Das Risiko der Entflammung einer Li-Ionen-Hochvolt-Batterie ist durch die Einbaulage der Batterie und die Konstruktion des Batteriegehäuses gering. Außerdem existieren mechanische Sicherheitseinrichtungen. Diese führen zu einer gezielten Entgasung und Druckentlastung, wenn Temperatur und Druck in der Hochvolt-Batterie ansteigen.

Vermeidung von Kurzschlüssen. Ein Relais für Batterieabschaltung oder eine pyrotechnische Sicherheitsbatterieklammer trennt die Versorgungsleitung der Starterbatterie zum Starter und Generator (Bild 2). Das Hochvoltsystem wird bei Auslösung von Rückhaltesystemen automatisch abgeschaltet und entladen.

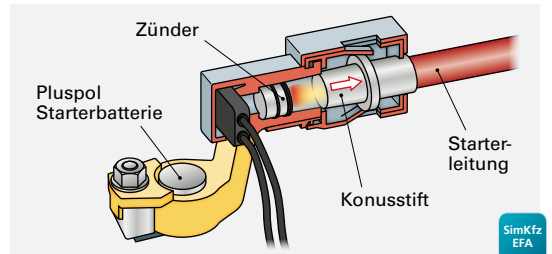


Bild 2: Pyrotechnische Batteriesicherheitsklammer

Unterstützung der Rettungskräfte. Für alle Fahrzeugtypen können online Rettungskarten abgerufen werden. Diese enthalten Informationen z.B. über die Lage von pyrotechnischen Bauteilen und von Batterien (Bild 3).

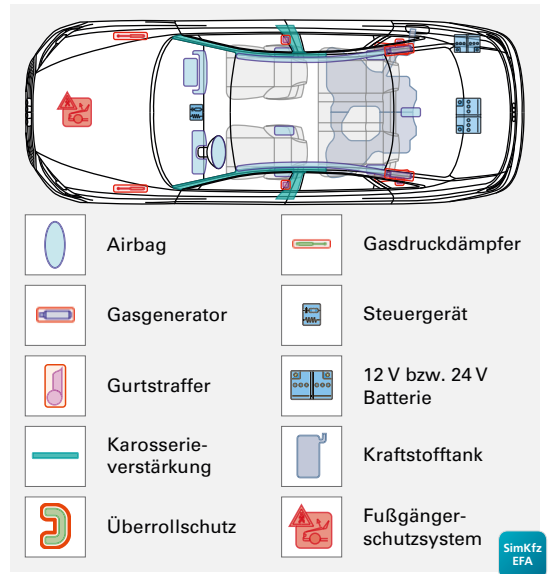


Bild 3: Rettungskarte

Sonstige Maßnahmen. Zum Beispiel kann ein leichtes Absenken der vorderen Seitenscheiben erfolgen, damit Airbag-Gase aus dem Innenraum entweichen können.

Je nach Lichtfunktion kommen Reflektoren oder Projektionsmodule zum Einsatz. Eine LED-Einheit kann aus mehreren LED bestehen (sog. Chips).



Bild 1: Aufbau Scheinwerfer in LED-Technik

LED-Platinen (Bild 2). Die einzelnen Lichtfunktionen des LED-Scheinwerfers werden über LED-Platinen realisiert, auf denen jeweils mehrere LEDs in Reihe angeordnet sind.

Das Fernlicht kann beispielsweise aus fünf separaten LED-Platinen, auf denen jeweils fünf LEDs in Reihe angeordnet sind bestehen. Dadurch können insgesamt 25 Fernlicht-LEDs pro Scheinwerfer einzeln angesteuert werden, die dann in Summe mit dem Fernlichtmodul des zweiten Scheinwerfers den Lichtkegel des Fernlichts ergeben.



Bild 2: Platine mit Fernlicht-LEDs

Lichtfunktionen. Scheinwerfersysteme in LED-Technik ermöglichen die Ausweitung der Funktionen der Adaptiven Scheinwerfersysteme. Durch die Aufteilung des Scheinwerfers in Lichtsegmente können unterschiedliche Lichtarten, z.B. Abblendlicht, Abbiege-licht, Touristenlicht realisiert werden. Im Rahmen der automatischen Fernlichtsteuerung ist es zudem möglich, dass

einzelne Fernlichtsegmente ausgeschaltet werden, um die Blendung des entgegenkommenden bzw. vorausfahrenden Verkehrs zu verhindern.

Beispiele für Lichtfunktionen:

1. Abblendlicht (Bild 3)

Als Abblendlicht wird beim LED-System die herkömmliche asymmetrische Form des Abblendlichtkegels verwendet. Der Abblendlichtkegel kann in ein unmittelbares Vorfeld des Fahrzeugs und ein erweitertes Vorfeld unterteilt werden. Zum erweiterten Vorfeld gehört auch der asymmetrische Anteil des Abblendlichts. Für die Ausleuchtung des unmittelbaren Vorfelds sind z.B. neun LEDs vorgesehen, für das erweiterte Vorfeld z.B. insgesamt sechs LEDs.

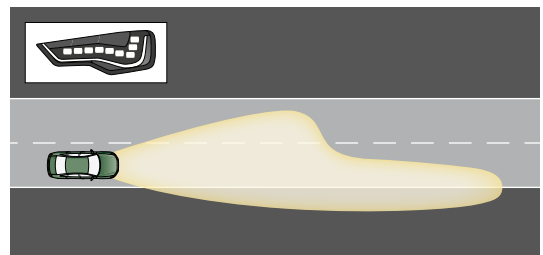


Bild 3: Abblendlicht

2. Fernlicht (Bild 4)

LED-Scheinwerfersysteme verfügen in der Regel über einen sog. Fernlichtassistenten. Dieser erspart bei Nachtfahrten das ständige Auf- und Abblenden des Fernlichts, indem der Fernlichtassistent diese Aufgabe selbst übernimmt. LED-Scheinwerfersysteme bestehen z.B. aus 25 Lichtsegmenten, die sich gegenseitig überlappen und in Summe den Fernlichtkegel ergeben.

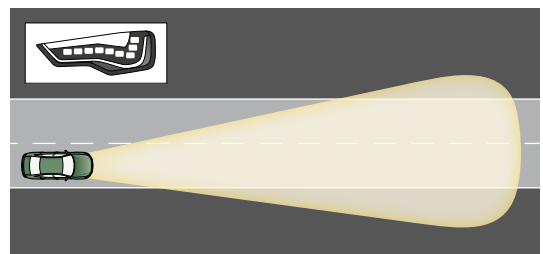


Bild 4: Fernlicht

Fernlichtassistent. Er ermöglicht, dass die Ausleuchtung der einzelnen Segmente unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden. Auch eine gedimmte Ansteuerung ist möglich. Bei erkannten Verkehrsteilnehmern werden nur die Lichtsegmente des Fernlichts ausgeschaltet, die in der aktuellen Verkehrssituation zur Blendung führen könnten. Dabei kann es sich um vorausfahrende wie auch entgegenkommende Verkehrsteilnehmer handeln (Bild 1 und Bild 2, Seite 691).

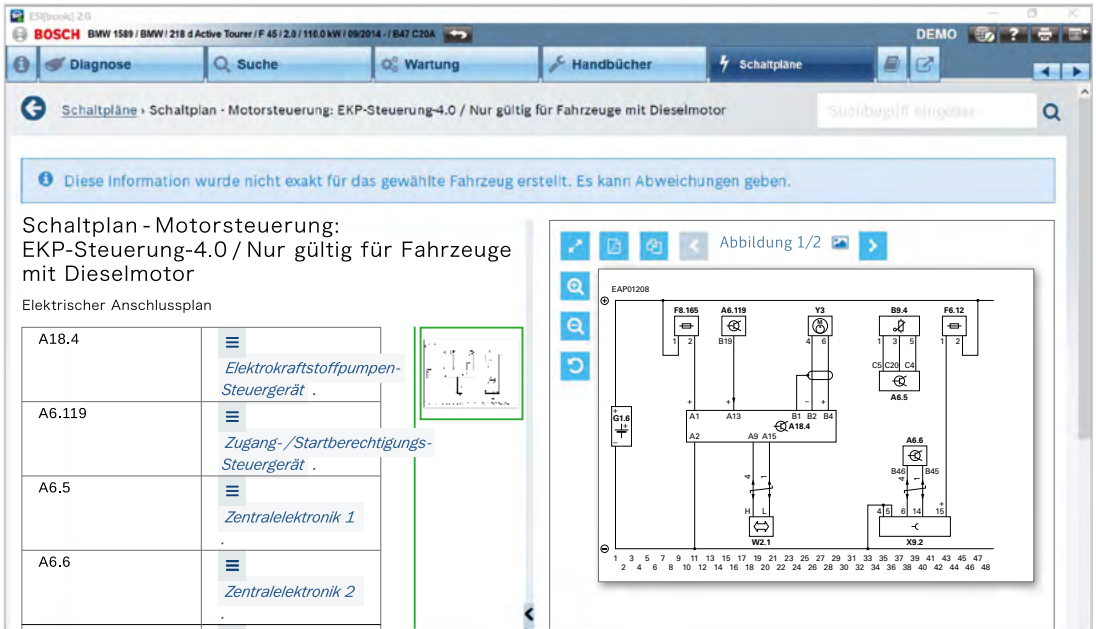


Bild 1: Schaltplan

Weitere Funktionen

Ausrüstung. Das Werkstattinformationssystem ermöglicht den direkten Zugriff auf die Ersatzteile und die Arbeitswerte für bestimmte Arbeiten am Fahrzeug.

PassThru. Die Euro 5/6-Norm verpflichtet Fahrzeughersteller, freien Werkstätten alle technischen Reparaturinformationen in ihren Online-Portalen zur Verfügung zu stellen und die Reprogrammierung von Steuergeräten zu ermöglichen. Fahrzeughersteller müssen sowohl Diagnose- als auch Service-, Reparatur- und Wartungsdaten bereitstellen.

Der Diagnostesteter ist mit einer sog. PassThru-Schnittstelle ausgestattet und ermöglicht, die Internetportale

der Fahrzeughersteller zur Reprogrammierung nach Euro 5/6 zu nutzen.

Der Ablauf der Reprogrammierung ist in **Bild 2** dargestellt.

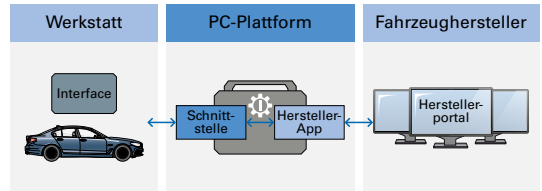


Bild 2: Ablauf PassThru

WERKSTATTHINWEIS

Fehlersuche/Diagnose an der Motorsteuerung

Kundenbeanstandung: Motor läuft unrund
Ursache: Defekt an der Abgasrückführung

Schritt 1: Identifikation des Fahrzeugs

Schritt 2: Verbindung des Fahrzeugs mit dem Diagnostesteter
 Dazu hat der Mitarbeiter die Möglichkeit, mithilfe des Diagnostesteters die Lage der Diagnoseschnittstelle zu ermitteln (**Bild 3**).

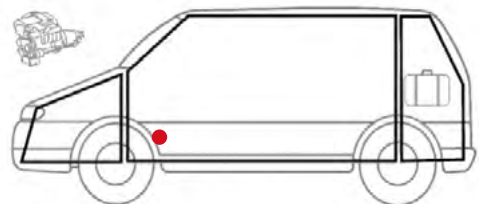


Bild 3: Lage der Diagnose-Schnittstelle