



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik

30. 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:

Fischer, Richard	Studiendirektor	Polling – München
Gscheidle, Rolf	Studiendirektor	Winnenden – Stuttgart
Gscheidle, Tobias	Dipl.-Gwl., Studienrat	Stuttgart – Sindelfingen
Heider, Uwe	Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG	Neckarsulm – Oedheim
Hohmann, Berthold	Studiendirektor	Eversberg – Meschede
van Huet, Achim	Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor	München
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat	Hückelhoven – Köln – Deutz
Mann, Jochen	Dipl.-Gwl., Studiendirektor	Schorndorf – Stuttgart
Schlögl, Bernd	Dipl.-Gwl., Studiendirektor	Rastatt – Gaggenau
Wimmer, Alois	Oberstudienrat	Stuttgart
Wormer, Günter	Dipl.-Ingenieur	Karlsruhe

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.

30. Auflage 2013

Druck 5 4 3

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-2240-0

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

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald, unter Verwendung von Fotos und Bildern der Firmen Audi AG, Ingolstadt, Volkswagen AG, Wolfsburg, Dr. Ing. H. C. Porsche AG, Stuttgart, KTM, Mattighofen, Austria (Foto: H. Mitterbauer), Mercedes Benz AG, Stuttgart

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Druck: B.O.S.S Medien GmbH, 47574 Goch

Vorwort zur 30. 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.

Dem Gesellen, Meister und Techniker des Kraftfahrzeughandwerks, 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.

Dieses Standardwerk der Kraftfahrzeugtechnik ist in 22 Kapitel unterteilt. In ihrer Zielsetzung sind die gewählten Lerninhalte auf das Berufsbild des Kraftfahrzeugmechatronikers/der Kraftfahrzeugmechatronikerin ausgerichtet.

Die 30. Auflage wurde aktualisiert und durch neue kraftfahrzeugtechnische Entwicklungen ergänzt, wie z.B. Fahrzeugpflege, Arbeitsschutz, neue Karosseriebleche, Gemischbildung Ottomotor, Aufladung, Flüssiggasantriebe, Elektrofahrzeuge, Gemischbildung Diesel, Schadstoffminderung, Direktschaltgetriebe, Alternative Antriebskonzepte, Ausgleichssperren, Achsvermessung, Fahrdynamik, Lenksysteme, Radaufhängung, Federung, elektrische Schaltpläne, Systeme Komforttechnik.

Der Fachkunde ist in der 30. Auflage eine CD-ROM mit allen Bildern des Buches und des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik 16. Auflage beigelegt.

Aus der Fülle des Stoffes wurden die Sachgebiete im Umfang und Inhalt so ausgewählt, dass sie den Anforderungen der Neuordnung nach Lernfeldern entsprechen. Die Seiten 4 und 5 geben Hinweise, wie die Fachbuchreihe, insbesondere das Fachkundebuch beim Unterricht nach Lernfeldern eingesetzt werden kann. 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 Kraftfahrzeugtechnik erleichtert.

Die **Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik** bildet mit den weiteren Büchern der Fachbuchreihe des Verlages eine Einheit. Die nachfolgend genannten Bücher, Folien und Animationen auf CD sind so aufeinander abgestimmt, dass mit ihnen praxisorientierte Lernsituationen bearbeitet und gelöst werden können.

- Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik
- Formeln Kraftfahrzeugtechnik
- Arbeitsblätter Kraftfahrzeugtechnik zu den Lernfeldern 1– 4, 5–8, 9–14
- Prüfungsbuch Kraftfahrzeugtechnik
- Prüfungstrainer Kraftfahrzeugtechnik
- Prüfungsvorbereitung Kraftfahrzeugtechnik Teil 1 und Teil 2
- Betriebsführung und Management im Kfz-Handwerk
- Technische Kommunikation, Arbeitsplanung, Kraftfahrzeugtechnik
- Bilder und Animationen Kraftfahrzeugtechnik 

Alle Bilder, die auf der CD „Kraftfahrzeugtechnik, EFA4 – Bilder und Animationen“ animiert sind, werden im Buch an den jeweiligen Bildern mit dem -Zeichen gekennzeichnet. Diese CD mit Animationen und die aufgeführten Werke sind unter www.europa-lehrmittel.de zu beziehen.

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.

Hinweise zur Verwendung der Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik bei der Ausbildung zur Kraftfahrzeugmechatronikerin bzw. zum Kraftfahrzeugmechatroniker.

Die Verfasser haben die Inhalte des Fachkundebuches unter sachlogischen Gesichtspunkten strukturiert. Dabei wurden alle Inhalte des aktuellen Rahmenlehrplans und der Ausbildungsordnung entsprechend dem neuen Berufsbild des Kraftfahrzeugmechatronikers abgedeckt.

Vom Autorenkreis wurde bewusst auf eine methodische Anordnung der Sachgebiete nach Lernfeldern verzichtet, um dem Lehrer, bzw. dem Ausbilder ein Höchstmaß an didaktischer und methodischer Freiheit zu ermöglichen. Außerdem lassen sich dadurch stoffliche Überschneidungen und unnötige Wiederholungen vermeiden.

Die im Buch gewählte Struktur ermöglicht dem Lernenden ein selbstständiges Erarbeiten der in den Lernfeldern geforderten unterschiedlichen fachlichen Inhalte.

Nachfolgende Übersicht zeigt die schwerpunktmäßige Zuordnung der einzelnen Kapitel des Fachbuches zu den Lernfeldern.

Lernfelder	Kapitel im Fachkundebuch																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Fahrzeuge und Systeme nach Vorgaben warten und inspizieren	•	•	•	•																		
2 Einfache Baugruppen und Systeme prüfen, demontieren, austauschen und montieren	•	•			•	•	•	•	•	•	•					•		•				
3 Funktionsstörungen identifizieren und beseitigen			•	•	•										•					•		
4 Umrüstarbeiten nach Kundenwünschen durchführen			•	•													•	•	•			
5 Inspektionen und Zusatzarbeiten durchführen	•	•							•	•	•					•		•				
6 Funktionsstörungen an Bordnetz-, Ladestrom- und Startsystem diagnostizieren und beheben																				•		
7 Verschleißbehaftete Baugruppen und Systeme instand setzen	•	•	•			•										•		•				
8 Mechatronische Systeme des Antriebsmanagements diagnostizieren												•	•		•	•			•			
9 Serviceaufgaben an Komfort- und Sicherheitssystemen durchführen	•	•								•							•			•		
10 Schäden an Fahrwerks- und Bremssystemen instand setzen	•	•																•				
Schwerpunkt Personenkraftwagen																						
11 Vernetzte Antriebs-, Komfort- und Sicherheitssysteme diagnostizieren und instand setzen																			•	•		
12 Fahrzeuge für Sicherheitsprüfungen und Abnahmen vorbereiten												•	•				•	•				
13 Antriebskomponenten reparieren											•					•						
14 Systeme und Komponenten aus-, um- und nachrüsten	•	•													•				•			
Schwerpunkt Nutzfahrzeugtechnik										•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•
Schwerpunkt System- u. Hochvolttechnik										•	•	•	•		•			•	•	•		
Schwerpunkt Motorradtechnik										•	•	•	•	•		•		•	•		•	
Schwerpunkt Karosserietechnik										•	•					•		•	•	•		

Methodische Vorgehensweisen bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten nach Lernfeldern mit der Fachbuchreihe des Verlags Europa-Lehrmittel

Lernsituation erkennen und bearbeiten

Informationen beschaffen und auswerten

Erlertes dokumentieren

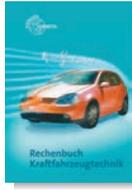
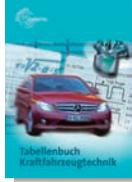
Problem in der Praxis lösen

Ergebnisse sichern

Situation: Bei einem Kundenfahrzeug, einem Golf V, Bj. 04/2007, geht die Generatorkontrolllampe während der Fahrt nicht mehr aus.

1. Geben Sie mögliche Folgen an.
Der Generator liefert nicht genügend elektrische Energie. Die Starterbatterie entlädt sich.

2. Welche Fehler können vorliegen?
Z.B. Keilriemen gerissen, Kabelverbindungen unterbrochen, fehlerhafte



19 Elektrotechnik 539

19.2 Anwendungen der Elektrotechnik

19.2.1 Schaltpläne

Einteilung der Schaltpläne
 Ein Schaltplan ist die zeichnerische Darstellung elektrischer Betriebsmittel durch Schaltzeichen, durch Abbildungen oder vereinfachte Konstruktionszeichnungen.

414 Elektrische Anlage Drehstromgenerator

Aufgaben und Kenndaten	
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> Versorgung der elektrischen Verbraucher Laden der Starterbatterie
Kenn-daten	<ul style="list-style-type: none"> Bauweise (z.B. T für Ständeraußendurchmesser; 1 für Klauenpolflüßer) Drehrichtung (z.B. ++ für rechts und links) Generatornennspannung (z.B. 14V) Strom bei Leerlaufdrehzahl (z.B. 70 A) Strom bei Nennndrehzahl (z.B. 140 A)

EUROPA
 0 120 689 535
T1 → 14V 70/140A
 Made in Germany

Generatortypenschild

32. Welche elektrische Leistung gibt der Generator bei Leerlauf und bei Nennndrehzahl ab?

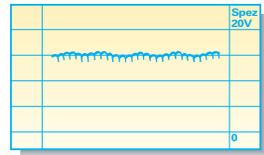
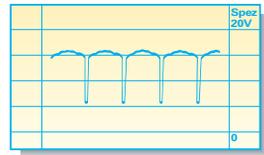
Geg.: $U = 14V$; $I_{NL} = 50 A$; $I_{NN} = 90 A$ Ges.: P_{NL} ; P_{NN}

$P_{NL} = U \cdot I = 14 V \cdot 50 A = 700 W$ $P_{NN} = U \cdot I = 14 V \cdot 90 A = 1260 W$

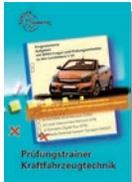
33. Berechnen Sie die mechanische Antriebsleistung bei Nennndrehzahl für einen Generatorwirkungsgrad von 65%.

Geg.: $P_{NN} = P_{El} = 1260 W$; $\eta = 0,65$ Ges.: P_{Mech}

$P_{Mech} = \frac{P_{El}}{\eta} = \frac{1260 W}{0,65} = 1938,5 W$



44. Welche Fehler kann man mit dem Oszilloskop noch feststellen?
Kurzschluss einer Diode und Phasenfehler von Ständerwicklung und Läuferwicklung.



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

- Alfa-Romeo-Automobile**
Mailand/Italien
- ALLIGATOR Ventilfabrik GmbH**
Giengen/Brenz
- Aprilia Motorrad-Vertrieb**
Düsseldorf
- Aral AG, Bochum**
- Audatex Deutschland, Minden**
- Audi AG, Ingolstadt – Neckarsulm**
- Autokabel, Hausen**
- Autoliv, Oberschleißheim**
- G. Auwärter GmbH & Co**
(Neoplan) Stuttgart
- BBS Kraftfahrzeugtechnik AG, Schiltach**
- BEHR GmbH & Co, Stuttgart**
- Beissbarth GmbH Automobil Servicegeräte**
München
- BERU, Ludwigsburg**
- Aug. Bilstein GmbH & Co KG**
Ennepetal
- Boge GmbH, Eitdorf/Sieg**
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart**
- Bostik GmbH, Oberursel/Taunus**
- BLACK HAWK, Kehl**
- BMW Bayerische Motoren-Werke AG**
München/Berlin
- CAR-OLINER, Kungsör, Schweden**
- CAR BENCH INTERNATIONAL S.P.A.**
Massa/Italien
- Continental Teves AG & Co, OHG, Frankfurt**
- Celette GmbH, Kehl**
- Citroen Deutschland AG, Köln**
- Dataliner Richtsysteme, Ahlerstedt**
- Deutsche BP AG, Hamburg**
- DUNLOP GmbH & Co KG, Hanau/Main**
- ESSO AG, Hamburg**
- FAG Kugelfischer Georg Schäfer KG aA**
Ebern
- J. Eberspächer, Esslingen**
- EMM Motoren Service, Lindau**
- Ford-Werke AG, Köln**
- Carl Freudenberg**
Weinheim/Bergstraße
- GKN Löbro, Offenbach/Main**
- Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik**
Ludwigsburg
- Girling-Bremsen GmbH, Koblenz**
- Glaserit GmbH, Münster/Westfalen**
- Globaljig, Deutschland GmbH**
Cloppenburg
- Glyco-Metall-Werke B.V. & Co KG**
Wiesbaden/Schierstein
- Goetze AG, Burscheid**
- Grau-Bremse, Heidelberg**
- Gutmann Messtechnik GmbH, Ihringen**
- Hazet-Werk, Hermann Zerver, Remscheid**
- HAMEG GmbH, Frankfurt/Main**
- Hella KG, Hueck & Co, Lippstadt**
- Hengst Filterwerke, Nienkamp**
- Fritz Hintermayr, Bing-Vergaser-Fabrik**
Nürnberg
- HITACHI Sales Europa GmbH**
Düsseldorf
- HONDA DEUTSCHLAND GMBH**
Offenbach/Main
- Hunger Maschinenfabrik GmbH**
München und Kaufering
- IBM Deutschland, Böblingen**
- IVECO-Magirus AG, Neu-Ulm**
- ITT Automotive (ATE, VDO,**
MOTO-METER, SWF, KONI, Kienzle)
Frankfurt/Main
- IXION Maschinenfabrik**
Otto Häfner GmbH & Co
Hamburg-Wandsbeck
- Jurid-Werke, Essen**
- Alfred Kärcher GmbH & Co. KG**
Winnenden
- Kawasaki-Motoren GmbH, Friedrichsdorf**
- Knecht Filterwerke GmbH, Stuttgart**
- Knorr-Bremse GmbH, München**
- 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
- 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**
- 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
- Renault Nissan Deutschland AG**
Brühl
- Samsung Electronics GmbH, Köln**
- SATA Farbspritztechnik GmbH & Co**
Kornwestheim
- SCANIA Deutschland GmbH**
Koblenz
- SEKURIT SAINT-GOBAIN**
Deutschland GmbH, Aachen
- Schäffler Automotive, Langen**
- 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**
- 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

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Verwendung des Buches 4, 5

Firmenverzeichnis 6

1 Kraftfahrzeug 11

1.1	Entwicklung des Kraftfahrzeugs.....	11
1.2	Einteilung der Kraftfahrzeuge.....	12
1.3	Aufbau eines Kraftfahrzeugs.....	12
1.4	Technisches System Kraftfahrzeug.....	13
1.4.1	Technische Systeme.....	13
1.4.2	System Kraftfahrzeug.....	13
1.4.3	Teilsysteme im Kraftfahrzeug.....	15
1.4.4	Einteilung technischer Systeme und Teilsysteme nach der Verarbeitung.....	16
1.4.5	Bedienung von technischen Systemen..	17
1.5	Wartung und Instandhaltung.....	18
1.6	Filter, Aufbau und Wartung.....	20
1.6.1	Luftfilter.....	20
1.6.2	Kraftstofffilter.....	21
1.6.3	ÖlfILTER.....	22
1.6.4	Hydraulikfilter.....	22
1.6.5	Innenraumfilter.....	22
1.6.6	Wartung.....	22
1.7	Fahrzeugpflege.....	23
1.8	Betriebsstoffe, Hilfsstoffe.....	28
1.8.1	Kraftstoffe.....	28
1.8.2	Ottokraftstoffe.....	30
1.8.3	Diesekraftstoffe.....	31
1.8.4	Kraftstoffe aus Pflanzen.....	32
1.8.5	Gasförmige Kraftstoffe.....	34
1.8.6	Schmieröle und Schmierstoffe.....	34
1.8.7	Gefrierschutzmittel.....	39
1.8.8	Kältemittel.....	40
1.8.9	Bremsflüssigkeit.....	40

2 Umweltschutz, Arbeitsschutz im Betrieb 41

2.1	Umweltschutz im Kfz-Betrieb.....	41
2.1.1	Umweltbelastung.....	41
2.1.2	Entsorgung.....	41
2.1.3	Altautoentsorgung.....	44
2.1.4	Recycling.....	45
2.2	Arbeitsschutz und Unfallverhütung.....	47
2.2.1	Grundsätze des Arbeitsschutzes.....	47
2.2.2	Gefährdungsbeurteilung.....	47
2.2.3	Sicherheitsmaßnahmen.....	50
2.2.4	Sicherheitszeichen.....	50
2.2.5	H- und P-Sätze.....	51
2.2.6	Am Arbeitsplatz beteiligte Institutionen .	52

3 Betriebsorganisation, Kommunikation 53

3.1	Grundlagen der Betriebsorganisation... ..	53
3.1.1	Organisation eines Autohauses.....	53
3.1.2	Aspekte der Betriebsorganisation.....	54
3.2	Rechtliche Grundlagen.....	56
3.2.1	Vertragsarten.....	56

3.2.2	Sachmängelhaftung, Garantie und Kulanz.....	57
3.3	Kommunikation.....	58
3.3.1	Grundlagen der Kommunikation.....	58
3.3.2	Beratungsgespräch.....	59
3.3.3	Reklamationsgespräch.....	62
3.4	Personalführung.....	62
3.5	Verhalten des Mitarbeiters.....	63
3.6	Teamarbeit.....	64
3.7	Auftragsabwicklung.....	65
3.8	Datenverarbeitung im Autohaus.....	68
3.9	Qualitätsmanagement im Kfz-Betrieb... ..	71

4 Grundlagen der Informationstechnik 75

4.1	Hardware und Software.....	75
4.2	EVA-Prinzip.....	75
4.3	Rechnerinterne Darstellung von Daten..	76
4.4	Zahlensysteme.....	76
4.5	Aufbau eines Computersystems.....	77
4.6	Datenkommunikation.....	78
4.6.1	Datenübertragung.....	79
4.6.2	Datenfernübertragung.....	80
4.7	Datensicherung und Datenschutz.....	81

5 Steuerungs- und Regelungstechnik 82

5.1	Grundlagen.....	82
5.1.1	Steuern.....	82
5.1.2	Regeln.....	83
5.2	Aufbau und Funktionseinheiten von Steuereinrichtungen.....	85
5.2.1	Signalglieder, Signalarten, Signalumformung.....	85
5.2.2	Steuerglieder.....	87
5.2.3	Stellglieder und Antriebsglieder.....	88
5.3	Steuerungsarten.....	89
5.3.1	Mechanische Steuerungen.....	89
5.3.2	Pneumatische und hydraulische Steuerungen.....	90
5.3.3	Elektrische Steuerungen.....	95
5.3.4	Verknüpfungssteuerungen.....	97
5.3.5	Ablaufsteuerungen.....	98

6 Prüftechnik 99

6.1	Grundbegriffe der Längenprüftechnik... ..	99
6.2	Messgeräte.....	101
6.3	Lehren.....	106
6.4	Toleranzen und Passungen.....	107
6.5	Anreißen.....	110

7 Fertigungstechnik 111

7.1	Einteilung der Fertigungsverfahren... ..	111
7.2	Urformen.....	113
7.3	Umformen.....	116
7.3.1	Biegeumformen.....	117
7.3.2	Zugdruckumformen.....	118
7.3.3	Druckumformen.....	119
7.3.4	Richten.....	121

7.3.5	Blechbearbeitungsverfahren	121	10.8	Hubverhältnis, Hubraumleistung, Leistungsgewicht	209
7.4	Trennen durch Spanen	125	11	Motormechanik	210
7.4.1	Grundlagen der spanenden Formung .	125	11.1	Kurbelgehäuse, Zylinder, Zylinderkopf	210
7.4.2	Spanende Formung von Hand	125	11.1.1	Zylinderkurbelgehäuse	210
7.4.3	Grundlagen der spanenden Formung mit Werkzeugmaschinen	132	11.1.2	Zylinderkopf	213
7.5	Trennen durch Zerteilen	141	11.1.3	Zylinderkopfdichtung	215
7.5.1	Scherschneiden	141	11.1.4	Motoraufhängung	216
7.5.2	Keilschneiden	142	11.1.5	Zylinderkopfschrauben	216
7.6	Fügen	143	11.2	Kurbeltrieb	220
7.6.1	Einteilung der Fügeverbindungen . . .	143	11.3	Zweimassenschwungrad	232
7.6.2	Gewinde	144	11.4	Motorschmiersysteme	233
7.6.3	Schraubverbindungen	145	11.5	Motorkühlsysteme	239
7.6.4	Stiftverbindungen	150	11.5.1	Kühlungsarten	239
7.6.5	Nietverbindungen	151	11.5.2	Luftkühlung	240
7.6.6	Durchsetzfügen (Clinchen)	152	11.5.3	Flüssigkeitskühlung	240
7.6.7	Welle-Nabe-Verbindungen	153	11.5.4	Bauteile der Pumpenumlaufkühlung .	241
7.6.8	Pressverbindungen	154	11.5.5	Kennfeldgesteuerte Kühlsysteme . . .	246
7.6.9	Schnapperverbindungen	154	11.5.6	Bauteile der Kennfeldkühlung	246
7.6.10	Löten	155	11.6	Motorsteuerung	248
7.6.11	Schweißen	156	11.7	Füllungsoptimierung	254
7.6.12	Kleben	163	12	Gemischbildung	270
7.7	Beschichten	164	12.1	Kraftstoffversorgungsanlagen bei Ottomotoren	270
8	Werkstofftechnik	166	12.2	Gemischbildung bei Ottomotoren . . .	275
8.1	Werkstoffeigenschaften	166	12.3	Vergaser	278
8.2	Einteilung der Werkstoffe	170	12.4	Benzineinspritzung	279
8.3	Aufbau der metallischen Werkstoffe . .	171	12.4.1	Grundlagen der Benzineinspritzung .	279
8.4	Eisenwerkstoffe	173	12.4.2	Aufbau und Funktion der elektronischen Benzineinspritzung . .	281
8.4.1	Stahl	173	12.4.3	Betriebsdatenerfassung	282
8.4.2	Eisengusswerkstoffe	173	12.4.4	Zentraleinspritzung	288
8.4.3	Einfluss der Zusatzstoffe auf die Eisenwerkstoffe	175	12.4.5	LH-Motronic	292
8.4.4	Bezeichnung der Eisenwerkstoffe . . .	175	12.4.6	ME-Motronic	298
8.4.5	Einteilung und Verwendung der Stähle	177	12.4.7	Benzin-Direkteinspritzung	302
8.4.6	Handelsformen der Stähle	179	12.5	Gemischbildung bei Dieselmotoren .	310
8.4.7	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	180	12.5.1	Gemischverteilung/Lambdawerte beim Dieselmotor	310
8.5	Nichteisenmetalle	184	12.5.2	Verbrennungsablauf beim Dieselmotor	311
8.6	Kunststoffe	187	12.5.3	Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung . .	311
8.7	Verbundwerkstoffe	190	12.5.4	Verbrennungsablauf	312
9	Reibung, Schmierung, Lager, Dichtungen	191	12.5.5	Einlasskanalsteuerung	313
9.1	Reibung	191	12.5.6	Dieseleinspritzverfahren	313
9.2	Schmierung	192	12.6	Starthilfsanlagen	314
9.3	Lager	193	12.6.1	Glühstiftkerzen	314
9.4	Dichtungen	196	12.6.2	Heizflansch	316
10	Aufbau und Wirkungsweise des Viertaktmotors	197	12.7	Einspritzanlagen für Pkw-Dieselmotoren	317
10.1	Ottomotor	197	12.7.1	Elektronische Dieselregelung EDC . . .	317
10.2	Dieselmotor	200	12.7.2	Common-Rail-Systeme	319
10.3	Merkmale 4-Takt-Motoren	202	12.7.3	Common-Rail-Systeme mit Piezo- Injektoren	326
10.4	Arbeitsdiagramm	204	12.7.4	Pumpe-Düse-System	329
10.5	Steuerdiagramm	206	12.7.5	Elektronisch geregelte Axialkolben- Verteilereinspritzpumpe (VE-EDC) . . .	331
10.6	Zylinder Nummerierung, Zündfolgen . .	206	12.7.6	Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe	333
10.7	Motorkennlinien	208	12.8	Einspritzdüsen	335

13	Schadstoffminderung	336
13.1	Abgasanlage	336
13.2	Schadstoffminderung beim Ottomotor	339
13.2.1	Abgaszusammensetzung	339
13.2.2	Verfahren zur Schadstoffminderung .	341
13.2.3	Diagnose und Wartung (AU)	347
13.2.4	Europäische On Board Diagnose . . .	348
13.3	Schadstoffminderung beim Dieselmotor	352

14	Otto-Zweitaktmotor, Kreiskolbenmotor	358
14.1	Zweitaktmotor	358
14.2	Wankelmotor, Kreiskolbenmotor . . .	365

15	Alternative Antriebskonzepte	367
15.1	Alternative Energieträger	367
15.2	Erdgasantriebe	367
15.3	Flüssiggasantriebe	369
15.4	Hybridantriebe	371
15.5	Elektrofahrzeuge	392
15.6	Antriebe mit Brennstoffzellen	393
15.7	Verbrennungsmotoren mit Wasserstoffbetrieb	395
15.8	Verbrennungsmotoren mit Pflanzenölbetrieb	395

16	Antriebsstrang	396
16.1	Antriebsarten	396
16.2	Kupplung	398
16.2.1	Reibungskupplung	398
16.2.2	Zweischeibenkupplung	405
16.2.3	Lamellenkupplung	405
16.3	Automatische Kupplungssysteme mit Einscheibenreibungskupplung AKS .	406
16.4	Automat. Kupplungssysteme mit Doppelkupplungen	407
16.5	Wechselgetriebe	411
16.6	Handgeschaltete Wechselgetriebe . .	412
16.7	Automatische Getriebe	417
16.7.1	Automatisierte Schaltgetriebe	417
16.7.2	Gestufte Automatik-Getriebe mit hydrodynamischem Wandler . . .	421
16.7.3	Elektro-hyd. Getriebesteuerung	427
16.7.4	Adaptive Getriebesteuerung	434
16.7.5	Stufenlose Automatik-Getriebe mit Schubgliederband oder Laschenkette	435
16.8	Gelenkwellen, Antriebswellen, Gelenke	437
16.9	Achsgetriebe	440
16.10	Ausgleichsgetriebe	443
16.11	Ausgleichssperren	444
16.12	Allradantrieb	449

17	Fahrzeugaufbau	454
17.1	Fahrzeugaufbau/Karosserie	454
17.1.1	Getrennte Bauweise	454
17.1.2	Mitragende Bauweise	454

17.1.3	Selbsttragende Bauweise	454
17.1.4	Werkstoffe im Karosseriebau	455
17.1.5	Sicherheit im Fahrzeugbau	457
17.1.6	Schadensbeurteilung und Vermessen	464
17.1.7	Unfallschadensreparatur an selbsttragenden Aufbauten	468
17.2	Korrosionsschutz an Kraftfahrzeugen	473
17.3	Fahrzeuglackierung	474

18	Fahrwerk	478
18.1	Fahrdynamik	478
18.2	Grundlagen der Lenkung	480
18.3	Lenkgetriebe	481
18.4	Hilfskraftlenksysteme	481
18.4.1	Zahnstangen-Hydrolenkung	481
18.4.2	Elektrohydraulische Servolenkung . .	482
18.4.3	Elektrische Servolenkung	483
18.4.4	Überlagerungslenkungen	485
18.5	Radstellungen	489
18.6	Fahrwerksvermessung	492
18.7	Radaufhängungen	496
18.8	Federung	501
18.8.1	Aufgabe der Federung	501
18.8.2	Wirkungsweise der Federung	501
18.8.3	Federarten	503
18.8.4	Schwingungsdämpfer	507
18.8.5	Active Body Control (ABC)	513
18.9	Räder und Reifen	516
18.9.1	Rad-Reifensystem	516
18.9.2	Räder	516
18.9.3	Radbefestigungen	518
18.9.4	Ventile	519
18.9.5	Reifen	520
18.9.6	Kräfte am Reifen	525
18.9.7	Reifendruckkontrollsysteme	527
18.10	Bremsen	529
18.10.1	Bremsvorgang	531
18.10.2	Hydraulische Bremse	531
18.10.3	Bremskreisaufteilung	532
18.10.4	Hauptzylinder	532
18.10.5	Trommelbremse	534
18.10.6	Scheibenbremse	536
18.10.7	Bremsbeläge	539
18.10.8	Feststellbremssysteme	539
18.10.9	Diagnose und Wartung an der hydraulischen Bremsanlage	540
18.10.10	Hilfskraftbremse	542
18.10.11	Bremskraftverteilung	543
18.10.12	Mechanisch betätigte Bremse	544
18.10.13	Grundlagen elektronischer Fahrwerk-Regelsysteme	545
18.10.14	Anti-Blockier-System (ABS)	546
18.10.15	Antriebsschlupf-Regelung (ASR) . . .	551
18.10.16	Fahrdynamik-Regelung (ESP, FDR) .	552
18.10.17	Sensortronic Brake Control (SBC) . .	554
18.10.18	Zusatzfunktionen Bremse	554
18.10.19	Bremsassistent (BAS)	555
18.10.20	Notbremsassistent, Active Brake Assist	555

19	Elektrotechnik	556	20.4	Fahrerassistenzsysteme	706
19.1	Grundlagen der Elektrotechnik	556	20.4.1	Geschwindigkeitsregelanlage	706
19.1.1	Elektrische Spannung	557	20.4.2	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control, ACC)	706
19.1.2	Elektrischer Strom	557	20.4.3	Einparkhilfe	708
19.1.3	Elektrischer Widerstand	559	20.4.4	Parkassistent	708
19.1.4	Ohmsches Gesetz	561	20.4.5	Kamerabasierte Einparkhilfen	709
19.1.5	Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad	561	20.4.6	Spurwechselassistent	709
19.1.6	Schaltung von Widerständen	562	20.4.7	Spurhalteassistent	710
19.1.7	Messungen im el. Stromkreis	563	20.5	Infotainmentsysteme	710
19.1.8	Wirkungen des elektrischen Stromes	571	20.5.1	Betriebs- und Fahrdatenanzeige	710
19.1.9	Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stromes	572	20.5.2	Navigationssysteme	711
19.1.10	Spannungserzeugung	574	20.5.3	Handy-Halterung mit gekoppelter Freisprecheinrichtung	712
19.1.11	Wechselspannung und Wechselstrom	576	21	Zweiradtechnik	713
19.1.12	Dreiphasenwechselspannung und Drehstrom	577	21.1	Krafttradarten	713
19.1.13	Magnetismus	577	21.2	Krafttradmotoren	716
19.1.14	Selbstinduktion	579	21.3	Auspuffanlage	716
19.1.15	Kondensator	580	21.4	Gemischbildung	717
19.1.16	Elektrochemie	580	21.5	Motorkühlung	718
19.1.17	Elektronische Bauelemente	582	21.6	Motorschmierung	718
19.2	Anwendungen der Elektrotechnik	593	21.7	Kupplung	719
19.2.1	Schaltpläne	593	21.8	Antriebsstrang	720
19.2.2	Zusatzangaben und Kennzeichnungen in Stromlaufplänen	595	21.9	Elektrische Anlage	722
19.2.3	Verwendung von Stromlaufplänen	596	21.10	Fahrdynamik	725
19.2.4	Gesamtstromlaufplan Grundausstattung eines Kraftfahrzeugs	597	21.11	Motorradrahmen	726
19.2.5	Signalgeber	605	21.12	Radführung, Federung, Dämpfung	727
19.2.6	Relais	606	21.13	Bremsen	729
19.2.7	Beleuchtung im Kfz	608	21.14	Räder, Reifen	731
19.2.8	Leuchtmittel	609	22	Nutzfahrzeugtechnik	734
19.2.9	Spannungsversorgung	617	22.1	Einteilung	734
19.2.10	Drehstromgenerator	624	22.2	Abmessungen von Nfz	735
19.2.11	Bordnetzmanagement	633	22.3	Zulässige Massen von Nfz	735
19.2.12	Elektrische Motoren	635	22.4	Beladungsvorschriften	735
19.2.13	Zündanlagen	642	22.5	Nfz-Motoren	736
19.2.14	Sensoren	659	22.6	Einspritzanlagen für Nfz-Dieselmotoren	737
19.2.15	Hochfrequenztechnik	663	22.6.1	Common-Rail-System für Nfz	738
19.2.16	Elektromagnetische Verträglichkeit	668	22.6.2	Pumpe-Leitung-Düse-Einheit	743
19.2.17	Datenübertragung im Kraftfahrzeug	670	22.6.3	Starthilfsanlagen	744
19.2.18	Messen, Testen, Diagnose	684	22.6.4	Schadstoffminderung bei Dieselmotoren	744
20	Komforttechnik	688	22.7	Antriebsstrang	746
20.1	Belüftung, Heizung, Klimatisierung	688	22.8	Fahrwerk	749
20.2	Diebstahlschutzsysteme	695	22.8.1	Federung	749
20.2.1	Wegfahrsperrung	695	22.8.2	Räder und Bereifung	752
20.2.2	Zentralverriegelung	696	22.8.3	Druckluftbremsanlage	753
20.2.3	Passiver Zugang	699	22.9	Startanlagen für Nutzfahrzeuge	765
20.2.4	Diebstahlwarnanlage (DWA)	701	23	Abkürzungen und Englische Begriffe	769
20.3	Komfortsysteme	703	24	Sachwortverzeichnis	773
20.3.1	Verdeckbetätigung	703			
20.3.2	Komfortsitze	704			
20.3.3	Elektron. Scheibenwischerregelung	705			
20.3.4	Elektrisch verstellbare Außenspiegel	705			

1.7 Fahrzeugpflege

Die Karosserie ist im Betrieb mechanischen Belastungen und extremen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Deshalb ist die Karosserie, der Lack und der Innenraum zu pflegen.

Bei der Fahrzeugpflege unterscheidet man:

- Motorwäsche
- Unterbodenwäsche
- Außenreinigung
- Innenreinigung

1.7.1 Motorwäsche

Im Motorraum kann sich durch Spritzwasser, austretendes Öl oder Kraftstoff zusammen mit Staub ein ölhaltiger Schmutzfilm bilden. Dieser sollte in gewissen Abständen entfernt werden, da er z.B. an der Zündspule oder an der Batterie zu Kriechströmen führen kann.

Vorgehensweise. Zuerst wird der Motorraum mit einem Kaltreiniger eingesprüht. Dieser muss eine gewisse Zeit einwirken, damit er den Schmutz auflöst. An schlecht zugänglichen Stellen kann mit einem Pinsel nachgereinigt werden (**Bild 1**). Danach wird mit dem Hochdruckreiniger der Schmutz abgespült. Bei elektrischen Bauteilen und Steckverbindungen ist das Eindringen von Wasser zu vermeiden. Deshalb sollte ein Mindestabstand (ca. 30 cm) des Hochdruckreinigers eingehalten werden, um diese Bauteile nicht zu beschädigen.

Nach der Motorwäsche sind der Motor und der Motorraum mit Druckluft abzublasen. Anschließend sind diese mit einem speziellen Konservierungswachs zu behandeln, um Korrosion zu vermeiden.



Bild 1: Motorwäsche

1.7.2 Unterbodenwäsche

Vor der Unterbodenwäsche ist eine Sichtprüfung durchzuführen. Dabei ist auf Undichtigkeiten z.B. bei Schwingungsdämpfern, an Dichtflächen von Motor und Getriebe oder Verschraubungen der Bremsleitungen zu achten. Bei der Unterbodenwäsche wird Salz oder verkrusteter Schmutz vom Unterboden entfernt. Mit dem Hochdruckreiniger wird der Schmutz vom Unterboden entfernt. Alternativ kann mit einem speziellen Waschprogramm von Waschanlagen die Fahrzeugunterseite gereinigt werden. Danach ist die

Fahrzeugunterseite nochmals sorgfältig nach Schäden am Unterbodenschutz zu untersuchen.

1.7.3 Außenreinigung

Zur Außenreinigung gehören die Reinigung der Räder (Felgen und Reifen), die Oberwäsche der Karosserie und eine Behandlung mit Lack- und Kunststoffpflege, sowie die Scheibenreinigung.

Räder

Straßenschmutz und festgesetzter Bremsstaub setzen sich an den Rädern ab. Die Rückstände greifen die Lackierung an. Es bleiben Verfärbungen zurück, welche sich schlecht entfernen lassen.

Felgen reinigen

Die Felgen sind den verschiedensten Umwelteinflüssen (Regen, Schnee, Rollsplitt, Streusalz usw.) ausgesetzt (**Bild 2**). Ist die Lackierung der Felge beschädigt, so kommt es durch Eindringen von Wasser und Schmutz zur Korrosion. Besonders der heiße Bremsstaub greift die lackierten Oberflächen an und es entstehen kleine Löcher. Der Lack wird von der Korrosion unterwandert und es entstehen Flecken und irreparable Schäden. Deshalb sind besonders Leichtmetallfelgen alle zwei bis vier Wochen mit Felgenreiniger zu säubern. Kratzer sind auszubessern.



Bild 2: Verschmutztes Rad

Man unterscheidet verschiedene Felgenreiniger:

Säurehaltige Felgenreiniger. Er wird bei besonders starken Verschmutzungen verwendet. Die Reiniger sind aggressiv und nicht für die regelmäßige Anwendung geeignet. Die Lackierung der Felge darf nicht beschädigt sein, da die Säuren mit dem Metall reagieren.

Säurefreie Felgenreiniger. Sie sind weniger aggressiv und deshalb für eine regelmäßige Anwendung geeignet. Die Reinigungswirkung ist deutlich schlechter.

PRAXISHINWEISE:

- Felgenreiniger auf das nasse Rad aufsprühen um den Schmutz anzulösen.
- Bei besonders hartnäckigen Verschmutzungen mit einer Spezialbürste nacharbeiten.
- Mit Wasser nachspülen und die Felgen im Anschluss trocknen.

- ... die Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren, Arbeitsabläufen und Arbeitszeit und deren Zusammenwirken,
- ... unzureichende Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten.

Maßnahmen auf Grund von Gefährdungen am Arbeitsplatz

Erstellung eines Flucht- und Rettungsplanes. Er besteht nach Brandschutzordnung aus den Teilen A, B, C und ist nach DIN 14096 zu erstellen. In ihm wird das Verhalten im Brandfall und die eventuell nötige Evakuierung des Gebäudes oder des Geländes geregelt.

Teil A (Bild 1) wendet sich an **alle** im Betrieb befindlichen Personen; speziell auch an Besucher oder Personen, die nur selten im Haus sind. In ihm wird das Verhalten im Brandfall geregelt. Dieser Teil wird meist durch einen Übersichtsplan ergänzt, in dem Flucht- und Rettungswege sowie Erste-Hilfe-Einrichtungen eingezeichnet sind. Teil A muss für alle im Haus befindlichen Personen deutlich sichtbar ausgehängt werden.

Teil B ist vor allem für die Mitarbeiter des Betriebes gedacht. Er enthält wichtige Regeln zur Verhinderung der Brand- und Rauchausbreitung, zur Freihaltung der Flucht- und Rettungswege und weitere Regeln, die das Verhalten im Brandfall betreffen.

Teil B ist allen Mitarbeitern in schriftlicher Form auszuhändigen.

Teil C wendet sich an die Personen des Betriebes, die mit Brandschutzaufgaben betraut sind (Fachkraft für Arbeitssicherheit, Sicherheitsbeauftragter, Brandschutzbeauftragter, Brandschutzwart u.a.).

Autohaus Europa München

Brandschutzordnung
nach DIN 14 096-A

Brände verhüten
Rauchverbote und Verbot zum Umgang mit offenem Feuer in den gekennzeichneten Bereichen beachten!

Verhalten im Brandfall
Ruhe bewahren

Brand melden
Feueralarm über Druckknopfmelder auslösen.
Alarm wird automatisch an die Feuerwehr weitergeleitet
Feuerwehr über Notruf ☎ **0112** alarmieren!

Inhalt der Meldung:

- Wer meldet?
- Was ist passiert?
- Wo ist etwas passiert?
- Wie viele Personen sind betroffen/verletzt?
- Warten auf Rückfragen!

In Sicherheit bringen

- Gefährdete Personen mitnehmen
- Hilfsbedürftigen Personen helfen
- Türen schließen
- Gezeichneten Rettungswegen folgen
- Keine Aufzüge benutzen
- Anweisungen der Brandschutzhelfer/Feuerwehr befolgen

• Sammelpunkt _____ aufsuchen

Löschversuche unternehmen

- Feuerlöscher benutzen, Eigensicherung beachten
- Möglichst mehrere Handfeuerlöscher gleichzeitig einsetzen

Bild 1: Teil A der Brandschutzordnung

In diesem Teil wird dieser Personenkreis mit der Durchführung von vorbeugenden brandschutz-technischen Maßnahmen betraut.

1.		1.1 ungeschützt bewegte Maschinenteile	1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen	1.3 bewegte Transportmittel, bewegte Arbeitsmittel	1.4 unkontrolliert bewegte Teile	1.5 Sturz auf der Ebene, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken, Fehltreten	1.6 Absturz
2.		2.1 gefährliche Körperströme	2.2 Lichtbögen				
3.		3.1 Gase	3.2 Dämpfe	3.3 Aerosole	3.4 Flüssigkeiten	3.5 Feststoffe	3.6 durchgehende Reaktionen
5.		5.1 Brandgefährdung durch Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase	5.2 explosionsfähige Atmosphäre	5.3 Explosivstoffe	5.4 elektrostatische Aufladungen		
7.		7.1 Lärm	7.2 Ultraschall, Infraschall	7.3 Ganzkörperschwingungen	7.4 Hand-Arm-Schwingungen	7.7 elektromagnetische Felder	
8.		8.1 Klima	8.2 Beleuchtung	8.3 Raumbedarf/ Verkehrswege			
9.		9.1 schwere dynamische Arbeit	9.2 einseitige dynamische Arbeit	9.3 Haltungsarbeit/ Haltearbeit	9.4 Kombination aus statischer und dynamischer Arbeit		

Bild 2: Auszug aus der Klassifikation von Gefährdungsfaktoren

12.5 Gemischbildung bei Dieselmotoren

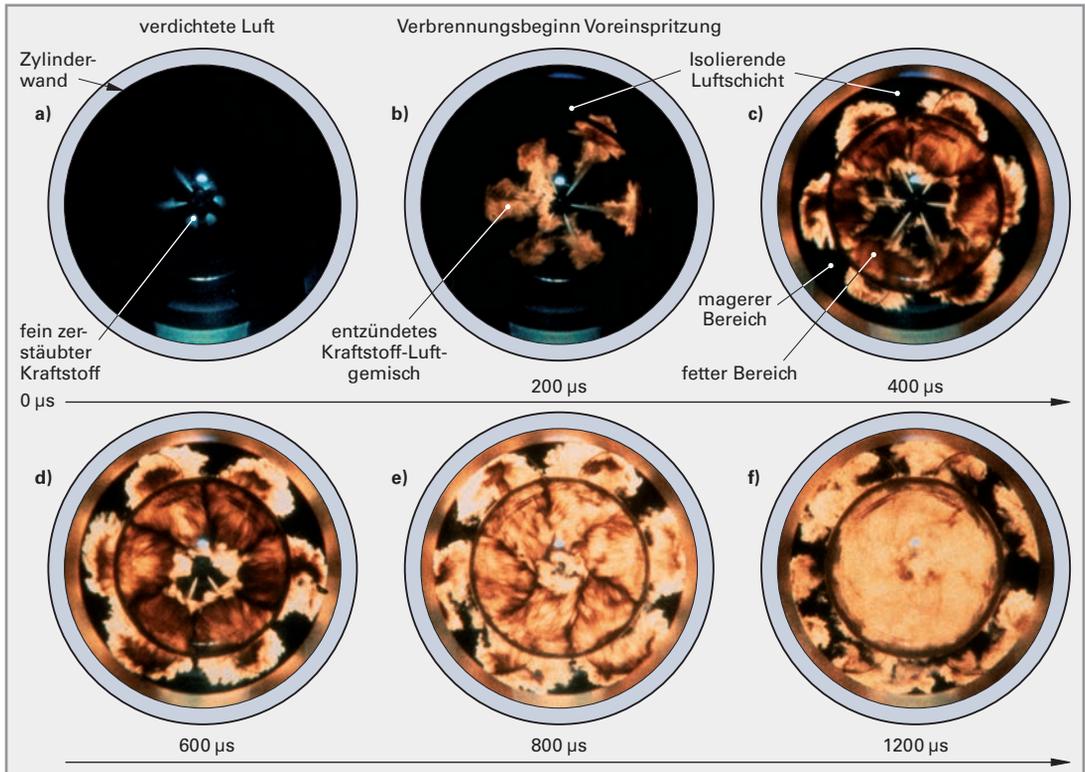


Bild 1 a-f: Verbrennungsablauf eines Common-Rail-Dieselmotors mit Voreinspritzung

Dieselmotoren arbeiten mit einer inneren Gemischbildung. Hierbei wird Kraftstoff unter hohem Druck in flüssiger Form in den Brennraum eingespritzt. Dort verdampft er und verbrennt mit der verdichteten Luft.

Der Verbrennungsvorgang des Dieselmotors hängt entscheidend von der Aufbereitung des Kraftstoff-Luft-Gemisches ab. Die Qualität der Gemischbildung beeinflusst

- die Motorleistung
- den Kraftstoffverbrauch
- die Abgaszusammensetzung
- das Verbrennungsgeräusch.

Die Güte der Gemischbildung ist von folgenden Parametern der Einspritzung abhängig:

- Einspritzbeginn
- Einspritzdauer und Einspritzverlauf
- Einspritzdruck
- Anzahl der Düsenlöcher
- Anzahl der Einspritzungen.

Bei Versuchsmotoren können die Einspritz- und Verbrennungsvorgänge durch Glaseinsätze und Spiegel beobachtet werden (**Bild 1**).

Bild 1a zeigt mit dem ersten „Verbrennungseigenleuchten“ den Verbrennungsbeginn der Voreinspritzung. Die folgenden Aufnahmen zeigen den Verbrennungsverlauf von Vor- und Haupteinspritzung im Abstand von ca. 200 µs ... 400 µs.

12.5.1 Gemischverteilung/Lambdawerte beim Dieselmotor

Der Dieselmotor arbeitet mit heterogener innerer Gemischbildung und Selbstzündung. Die Luftzahl Lambda λ gibt wie bei der ottomotorischen Verbrennung an, in wie weit das tatsächliche Kraftstoff-Luft-Gemisch von dem stöchiometrischen Kraftstoff-Luft-Verhältnis (1 kg Kraftstoff : 14,8 kg Luft) im Zylinder abweicht.

Die Lambdawerte von aufgeladenen Dieselmotoren liegen bei Vollast zwischen $\lambda = 1,15 \dots 2,0$ und bei Leerlauf bei $\lambda = 10 \dots 18$.

Wie der Verbrennungsverlauf in **Bild 1** zeigt, kommt es bei der dieselmotorischen Verbrennung punktuell zu starken Schwankungen des Kraftstoff-Luft-Gemisches zwischen Fett und Mager.

12.7.3 Common-Rail-Systeme mit Piezo-Injektoren

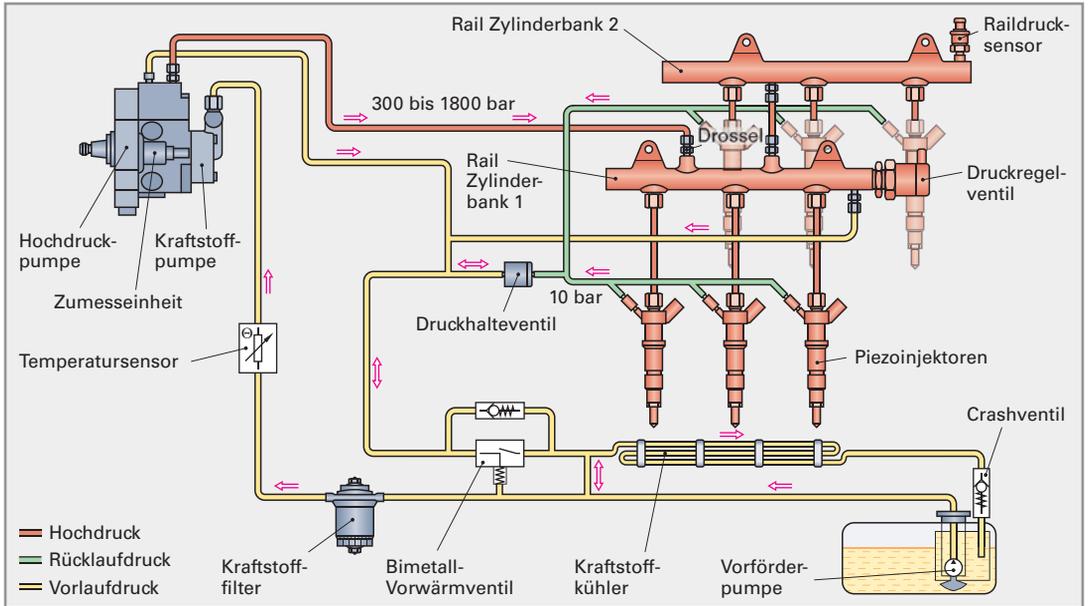


Bild 1: Common-Rail-Einspritzanlage mit Piezo-Injektoren mit Rücklauf

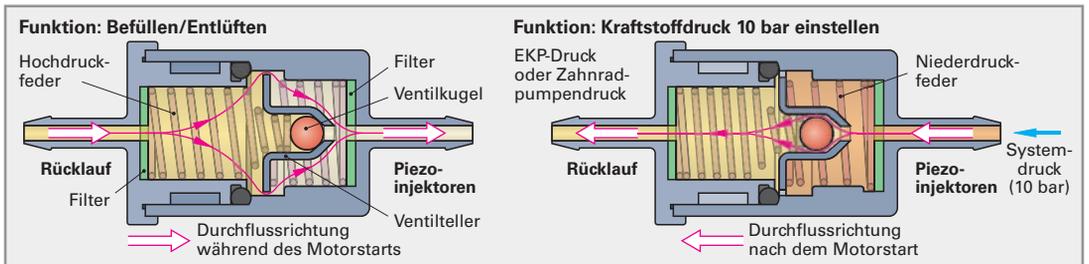


Bild 2: Druckhalteventil

Das in **Bild 1** dargestellte System ist ein Common-Rail-System mit Piezo-Injektoren und einem Druckhalteventil.

Druckhalteventil

Um die korrekte Funktion der Piezoinjektoren sicher zustellen, muss am hydraulischen Koppler ein Rücklaufdruck von 10 bar anliegen. Um diesen Druck möglichst schnell nach Motorstart aufzubauen, ist das Druckhalteventil (**Bild 2**) als Doppelventil ausgeführt.

Aufbau. Es besteht aus einem Hochdruckventil (> 10 bar) und einem Niederdruckventil (< 10 bar).

Funktion: Während des Motorstarts bewirkt der Rücklaufdruck der Hochdruckpumpe, dass der Ventilteller gegen die Niederdruckfeder drückt. Dadurch wird die Rücklaufleitung zum Rail mit Druck beaufschlagt. Läuft der Motor, baut der nun von den Injektoren kommende Leckage- bzw. Rücklaufkraftstoff einen Druck auf. Nach Erreichen des Rücklaufdrucks von 10 bar, wird das Kugelventil geöffnet und der Kraftstoff fließt in den Kraftstoffvorratsbehälter ab.

Piezo-Injektoren (Bild 3)

Aufbau. Der Piezo-Injektor besteht aus folgenden Baugruppen:

- Aktormodul mit Piezo
- Servoventil
- hydraulischer Koppler
- Düsen-nadel

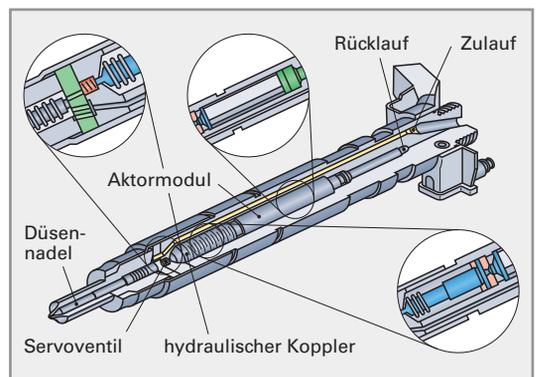


Bild 3: Piezo-Inline-Injektoren

NO_x-Sensor (Stickoxidsensor)

Aufgabe. Der NO_x-Sensor wird benötigt, um in Abgasnachbehandlungssystemen die Reduktion von NO_x zu überwachen, damit die geforderten Abgasgrenzwerte eingehalten werden können. Dazu misst der NO_x-Sensor mit hoher Genauigkeit zwischen $\lambda \geq 1$ und $\lambda \leq \infty$ NO_x und O₂ im Abgas. Der NO_x-Sensor befindet sich z.B. unmittelbar hinter dem NO_x-Speicherkatalysator. Er hat ein eigenes Steuergerät, das über den CAN-Bus mit dem Motorsteuergerät kommuniziert und die aufbereiteten Messdaten übermittelt (**Bild 1**).



Bild 1: NO_x-Sensor mit NO_x-Steuergerät

Aufbau (Bild 2). Das NO_x-Sensorelement besteht aus drei Lagen eines Festelektrolyten aus Zirkondioxid (ZrO₂) die mit Elektroden beschichtet sind.

Kammer 1 und Kammer 2 (Doppelkammersensor) sind durch die Diffusionsbarriere 2 voneinander getrennt. Die oberste und die unterste Schicht des Sensorelements bestehen aus Aluminiumoxid (Al₂O₃), um eine möglichst gute Isolation und Temperaturwechselfestigkeit des Sensorelements zu erreichen. Eine Sondenheizung bewirkt, dass das Sensorelement schnell seine Betriebstemperatur erreicht und auf Betriebstemperatur von ca. 700 °C gehalten wird. Das Sensorelement ist wegen aggressiver Abgasbestandteile mit einer Schutzschicht überzogen und in einem Metallgehäuse verbaut.

Wirkungsweise (Bild 2). Das Abgas passiert zunächst die Diffusionsbarriere 1 und gelangt in Kammer 1. In Kammer 1 wird der Sauerstoff, welcher die Stickoxidmessung in der zweiten Kammer beeinflussen würde, weitgehend entfernt. Dazu werden an der Elektrode in Kammer 1 die O₂-Moleküle in zweifach geladene Sauerstoff-Ionen (2O⁻) zerlegt. Durch Anlegen einer Pumpspannung werden die Sauerstoff-Ionen über den aus ZrO₂ bestehenden Festelektrolyten solange aus Kammer 1 gepumpt bis λ etwas größer als 1 ist, wobei die Messspannung am mittleren Elektrolyt als Regelgröße für Kammer 1 dient. Der Pumpstrom I_{p1} ist dabei proportional der Sauerstoffkonzentration im Abgas.

Über die zweite Diffusionsbarriere kommen NO_x und Reste an O₂ in Kammer 2. Die Reste von O₂ diffundieren über Leiterbahnen und Passagen nach außen. Das Stickoxid (2NO) in Kammer 2 wird an der Elektrode in Stickstoff (N₂) und Sauerstoff-Ionen (2O⁻) zerlegt. Die Sauerstoff-Ionen (2O⁻) werden durch Anlegen einer Spannung über den Festelektrolyten aus Kammer 2 in die Referenzkammer gepumpt. Dort reagieren die Sauerstoffionen zu O₂ und diffundieren über Passagen nach außen.

Der dabei gemessene Pumpstrom I_{p2} (in μA) ist proportional zur Konzentration des Stickoxids im Abgas. I_{p2} wird im NO_x-Steuergerät ausgewertet und zu einem für das Motorsteuergerät verarbeitbaren Signal aufbereitet. Der NO_x-Messbereich beträgt 0... 1500 ppm bei einer Messgenauigkeit von ± 10 ppm (parts per million).

Die Verschiebung (Offset) der Messgeraden bei I_{p2} ergibt sich aufgrund des Restsauerstoffgehalts in Kammer 2.

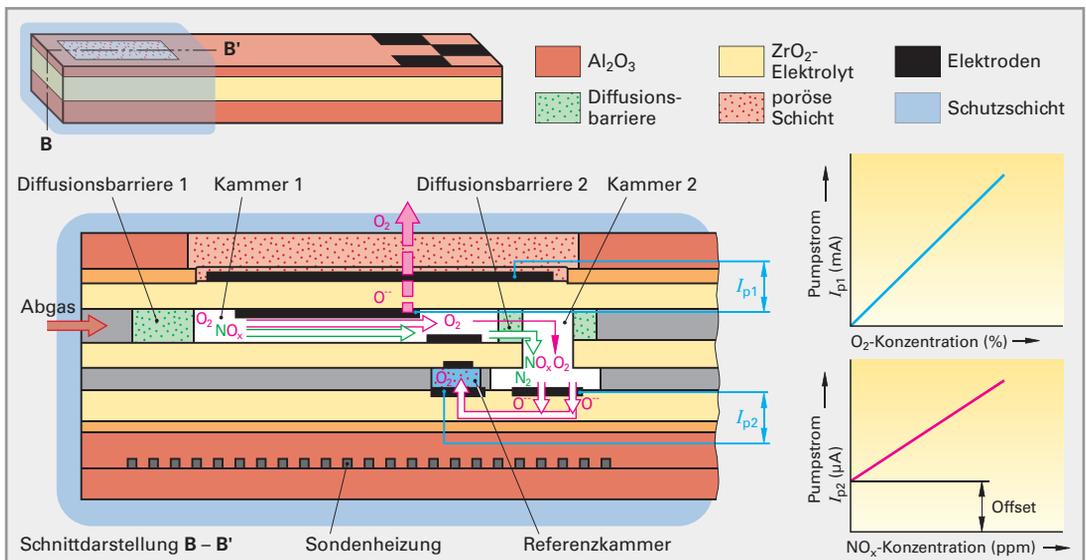


Bild 2: NO_x-Sensorelement – Aufbau und Wirkungsweise

kann. Aufgrund der flachen Bauweise ist eine Anordnung zwischen Motor und Getriebe möglich. Der Elektromotor (Permanentmagnet Drehstrom-Synchronmotor) übernimmt gleichzeitig die Funktion einer Ausgleichswelle (**Bild 1**). Als Getriebe wird in der Regel ein CVT-Getriebe (Continuous Variable Transmission) verwendet.



Bild 1: Paralleles Hybrid-System

Die Steuereinheit besteht aus der Batterie sowie der Leistungseinheit (Batteriesteuergerät, Spannungswandler, Lüftermotor). Die Antriebseinheit im vorderen Teil des Fahrzeugs wird über ein Hochspannungskabel mit elektrischer Energie versorgt (**Bild 2**).

Leistungsverzweigtes Hybrid-System

Das leistungsverzweigte Hybridsystem stellt eine Kombination aus dem parallelen und dem seriellen Hybridsystem dar. Über eine Kraftweiche, z.B. ein Planetengetriebe, sind der Verbrennungsmotor sowie ein oder zwei Elektromotoren (MG1 und MG2) mechanisch miteinander verbunden (**Bild 3**).

Die Antriebskraft des Verbrennungsmotors wird über die Planetengetriebeeinheit aufgeteilt. Ein Teil der Antriebskraft geht auf die Antriebsräder während der andere Teil zu MG1 geht und zur Stromerzeugung genutzt wird. Da die Antriebsräder mit MG2 verbunden sind muss MG2 angetrieben werden, da er sonst eine bremsende Wirkung ausüben würde.

Die Elektromotoren MG1 und MG2 können je nach Betriebssituation auch als Generatoren geschaltet werden.

MG2 und das Differentialgetriebe für die Antriebsräder sind über eine Antriebskette und Zahnräder zusammenschlossen.

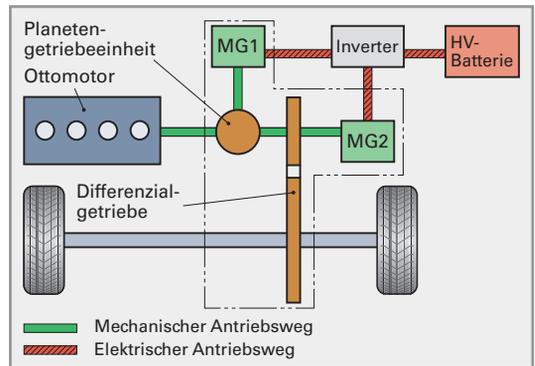


Bild 3: Aufbau des Hybrid-Antriebs

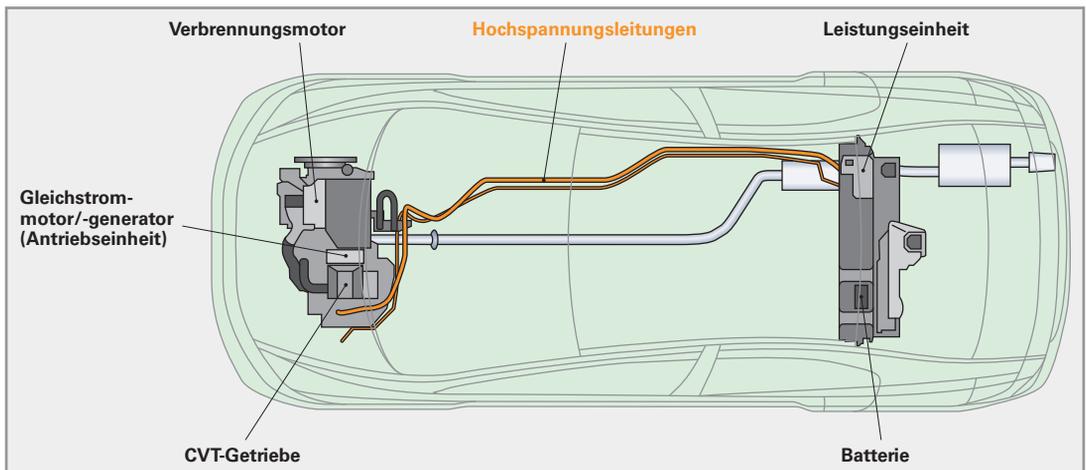


Bild 2: Fahrzeug mit parallelem Hybrid-Antrieb

Die Verbindung von Metallen mit Wasserstoff wird als Metallhydrid bezeichnet. Dabei werden Wasserstoff-Moleküle von der Oberfläche des Metalls zunächst absorbiert und dann als elementarer Wasserstoff in das Metallgitter eingebaut.

Die negative Platte besteht aus Nickeloxid-Hydroxid (NiO(OH)). Diese Platte ist größer als die positive Elektrode.

In **Bild 1** ist der Aufbau einer NiMH-Zelle dargestellt.

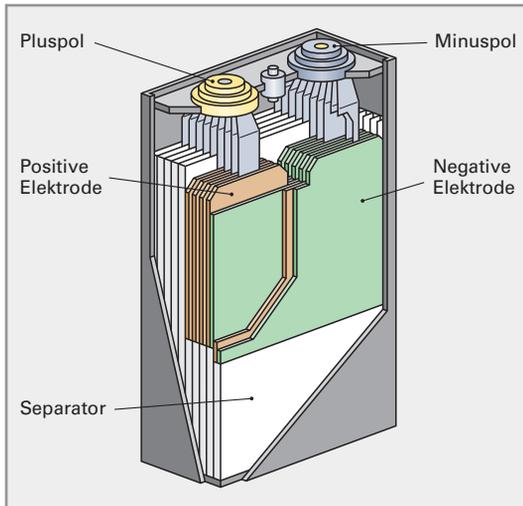


Bild 1: Aufbau einer NiMH-Zelle

Systemaufbau. Ein typisches NiMH-Akkumulatoren-System besteht aus 28 Modulen mit je 6 Zellen á 1,2 Volt (201,6 Volt (**Bild 2**)). Die elektrische Leistung des Systems beträgt 27 kW. Es verfügt weiterhin über ein Steuergerät, einen Kühler mit Lüfter und ein Sicherheitssystem mit Relais.

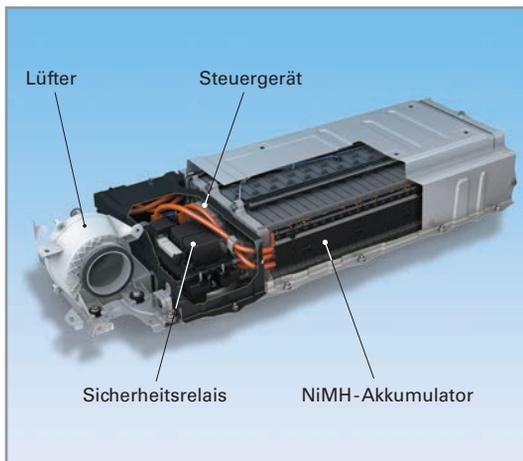


Bild 2: NiMH-Akkumulatoren-System

WERKSTATTINWEIS

Wartung

Im Rahmen der Fahrzeuginspektion muss der Ladezustand und die Ladungsdifferenz der einzelnen Module der HV-Batterie überprüft werden. Eine zu hohe Ladungsdifferenz der Batterie-Module kann mithilfe eines speziellen Wartungsgerätes ausgeglichen werden.

Das Kühlmittel für das Kühlsystem des Inverters muss in regelmäßigen Abständen gewechselt werden.

Sicherheitsmaßnahmen

Der Hochspannungsschaltkreis des Hybridsystems kann bei fahrlässiger Handhabung schwere bzw. tödliche Verletzungen verursachen.

Bei Arbeiten an Hybridfahrzeugen sind die Sicherheitshinweise des Herstellers zu beachten!

Funktion der Sicherheitsschaltung. Beim Starten des Fahrzeugs werden die Sicherheitsrelais bzw. -schütze (Relais 1–3) im Akkumulatoren-System durch ein Steuergerät eingeschaltet (**Bild 3**).

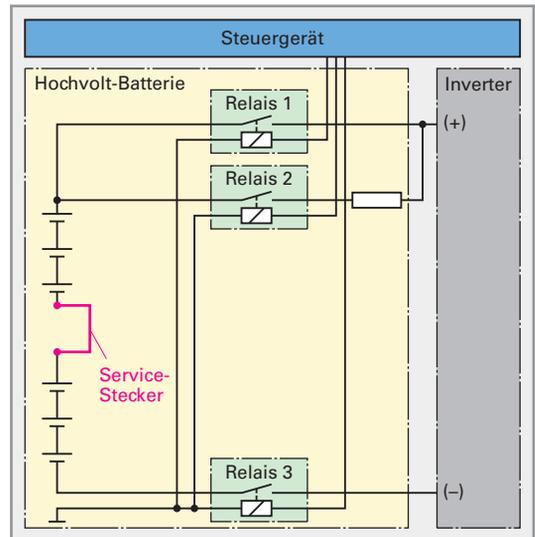


Bild 3: Schaltplan Sicherheitsschaltung

Um die Leistungselektronik beim Einschalten vor hohen Strömen zu schützen, wird durch das Steuergerät zunächst Relais 2 und Relais 3 eingeschaltet. Damit fließt der Strom plusseitig über den Vorladungswiderstand. Erst danach wird Relais 1 geschaltet und der Strom kann unter Umgehung des Widerstandes direkt zum Inverter fließen. Danach wird Relais 2 ausgeschaltet. Damit ist das Akkumulatoren-System mit der elektrischen Antriebseinheit bzw. dem Inverter ohne Vorwiderstand verbunden.

15.4.5 Leistungselektronik

Die Leistungselektronik im Hybrid-Fahrzeug (Bild 1) hat die folgenden Aufgaben:

- Umwandlung der Gleichspannung in Wechselspannung (DC→AC) und der Wechselspannung in Gleichspannung (AC→DC)
- Veränderung des Gleichspannungswertes
- Laden der Hochvolt-Batterie
- Antrieb der Motor-Generatoren 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 Hybrid-Fahrzeug wird die elektrische Anlage in verschiedenen Spannungsbereichen betrieben:

- Spannung Bordnetz, z.B. 12 Volt

- Spannung Hochvoltbatterie und Aggregate, z.B. 201,6 Volt
- Spannung Antriebsmotoren, z.B. 650 Volt

Laden der Hochvoltbatterie. 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 Hochvoltbatterie in die Betriebsspannung für die elektrischen Antriebsmotoren um.

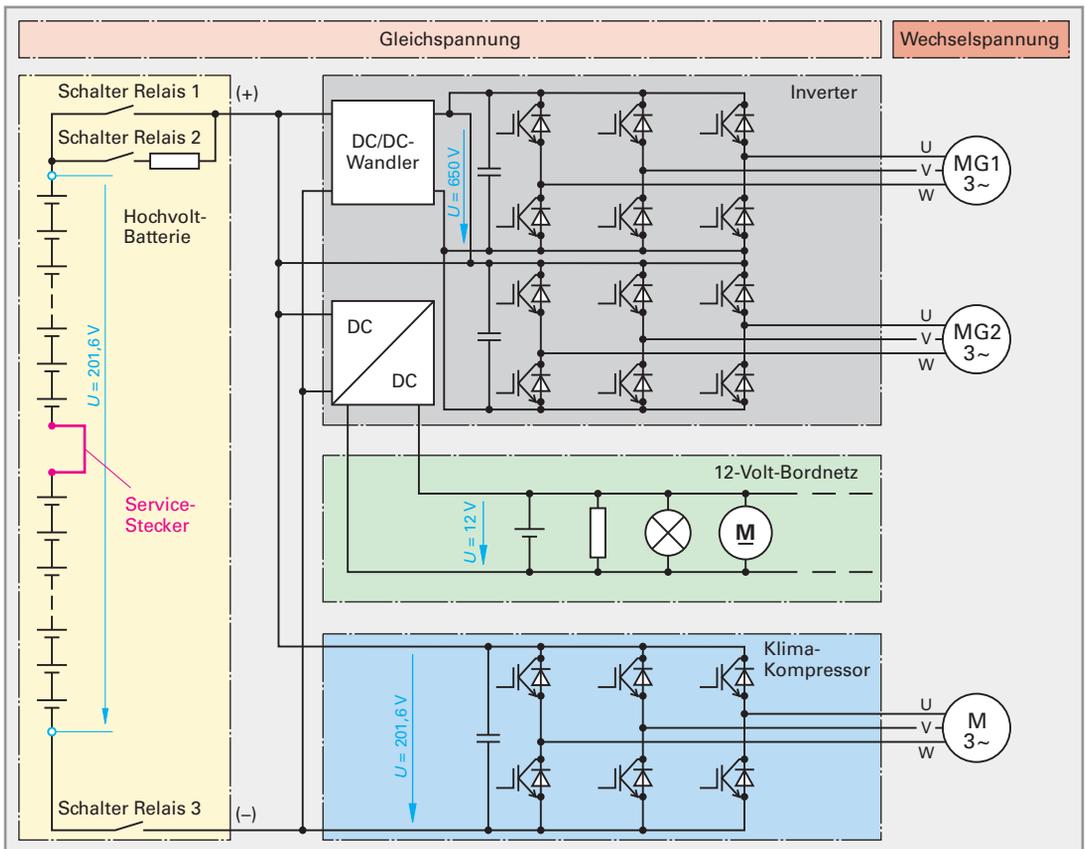


Bild 1: Leistungselektronik (Leistungsverzweigter Hybrid-Antrieb)

Für die Erzeugung des Drehstroms stehen für jeden der Antriebsmotoren MG1 und MG2 je eine Wechselrichterschaltung mit jeweils 6 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.

Sie verfügen über die folgenden Eigenschaften:

- Niedriger Durchlasswiderstand (ähnlich den bipolaren Transistoren)
- Niedrige Durchlassverluste
- Nahezu leistungslose Ansteuerung (ähnlich den Feldeffekttransistoren)
- IGBTs sind in Rückwärtsrichtung nur begrenzt sperrfähig, dass in der Regel Freilaufdioden mit kurzen Abschaltzeiten eingebaut sind

Antrieb der Aggregate. Einige elektrische Verbraucher, z.B. der Klimakompressor, können mit Hochspannung betrieben werden. Diese verfügen über eine separate Leistungselektronik als Wechselrichterschaltung. Sie werden mit der Spannung der Hochvolt-Batterie betrieben.

Um Kurzschlüsse im elektrischen Antrieb des Klimakompressors zu vermeiden, sind von den meisten Herstellern spezielle Kältemittelöle vorgeschrieben, die über isolierende Eigenschaften verfügen.

Die Spannungsversorgung des 12-Volt-Bordnetzes erfolgt über die Hochvolt-Batterie und einen Gleichspannungswandler. Die Hochvoltseite bzw. Hochvolt-Batterie ist aus Sicherheitsgründen vom 12-Volt-Bordnetz durch einen Spannungswandler galvanisch getrennt (**Bild 1**).

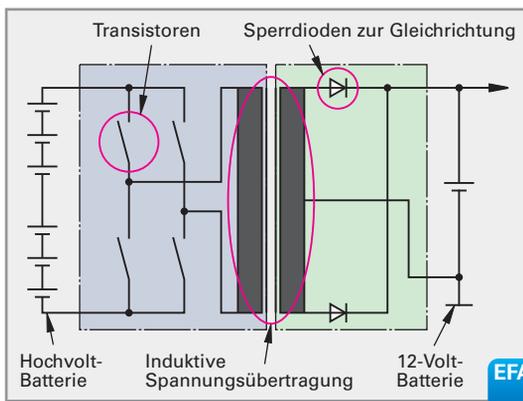


Bild 1: Spannungswandler

Die Transistorschaltung auf der Hochvoltseite erzeugt die notwendige Wechselspannung. Die induzierte Wechselspannung auf der 12-Volt-Seite wird gleichgerichtet und versorgt die Starterbatterie und das Bordnetz des Fahrzeugs.

Kühlung. Die in der Leistungselektronik entstehende Wärme wird durch ein Flüssigkeitskühlsystem mit elektrisch angetriebener Wasserpumpe abgeführt. Die Kühlung der Leistungselektronik kann in das Motorkühlsystem integriert werden.

15.4.6 Aggregate

Bei Hybrid-Fahrzeugen können die Aggregate elektrisch angetrieben werden, z.B. Unterdruckpumpe, Kühlmittelpumpe, elektrische Lenkhilfe und der Kompressor für die Klimaanlage.

Der Antrieb der Aggregate erfolgt in der Regel nur dann, wenn er auch notwendig ist bzw. aufgrund der Drehzahlregelung bedarfsabhängig. Diese Maßnahmen verbessern die Energiebilanz des Fahrzeugs.

Ein weiterer Vorteil des elektrischen Antriebs ist, dass die Komponenten auch dann arbeiten können, wenn der Verbrennungsmotor abgestellt ist. So kann die Klimaanlage auch mit einer Fernsteuerung ausgestattet sein, die ein Einschalten vor Motorstart ermöglicht.

Durch den elektrischen Antrieb der Wasserpumpe und des Klimakompressors kann sowohl die Kühlung des Inverters, der Hochvolt-Batterie als auch des Fahrzeuginnenraums nach Abstellen des Motors aufrechterhalten werden. In vielen Fällen sind die elektrisch angetriebenen Aggregate in den Stromkreis der Hochvolt-Anlage mit eingebunden.

Die Funktion Klimaanlage kann durch ein Solarschiebedach unterstützt werden, welches im Stand eine solarstrombetriebene Lüftung ermöglicht.

15.4.7 Plug-In-Hybridantriebe

Plug-In-Hybrid-Antriebe verfügen über eine Batterie, die zusätzlich über das Stromnetz geladen werden kann (**Bild 1, Seite 383**).

Plug-In-Hybride (PHEV/Plug-In-Hybrid Electric Vehicle) verfügen über größere Batterien als ein herkömmliches Hybrid-Fahrzeug und stellen somit eine Mischform zwischen letzterem und einem Elektro-Fahrzeug dar. Durch die größere Batteriekapazität verfügt das Fahrzeug über eine größere Reichweite als im rein elektrischen Fahrmodus. Dennoch kann das Fahrzeug auch mithilfe eines herkömmlichen Verbrennungsmotors betrieben werden.

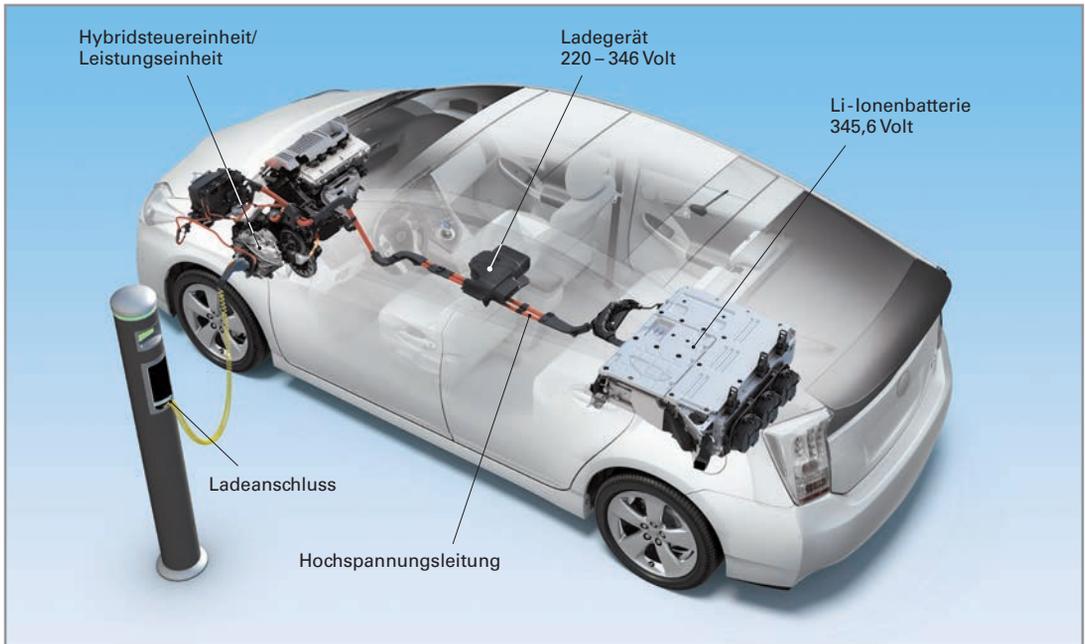


Bild 1: Komponenten des Plug-In-Hybrid

Steckersysteme (Bild 2). Übliche Steckersysteme sehen die Verwendung sowohl für den einphasigen 230-V-Anschluss als auch für den dreiphasigen 400-V-Anschluss bis 63 A Ladestrom vor. Die Ladung des Fahrzeugs über den dreiphasigen Anschluss verkürzt die Ladezeit auf ca. 10 % gegenüber der einphasigen Ladung.

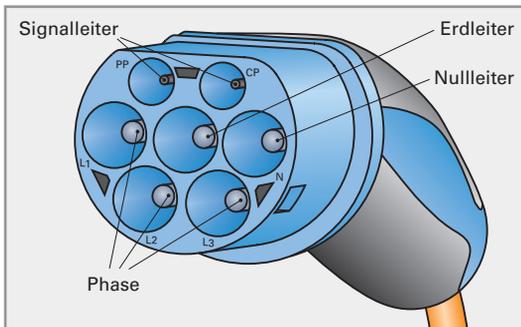


Bild 2: Ladeanschluss

Dazu beinhaltet die Ladetechnik auch die erforderlichen Kommunikationsschnittstellen zwischen Ladestation und Fahrzeug über die Signalleitungen im Stecker.

Das Steckersystem verfügt über verschiedene Sicherheitsmaßnahmen.

- **Aktivierung der Wegfahrsperr.** Ein eigener Stromkreis prüft, ob der Ladestecker angesteckt ist. Ein versehentliches Ausreißen der gesteckten Ladeleitung ist ausgeschlossen.

- **Elektrischer Schutz.** Ein zweiter Stromkreis prüft, ob der Ladestecker vollständig eingesteckt ist. Erst dann wird die Ladespannung angelegt.
- **Überlastungsschutz.** Elektrische Widerstände in den Ladesteckern kodieren den zulässigen Einsatzbereich der Ladeleitung
- **Komponentenschutz.** Das Fahrzeug erhält die Information, welche Stromstärke von der Ladestation zur Verfügung gestellt wird und für welchen Maximalstrom die Ladeleitung ausgelegt ist. Außerdem wird überprüft, ob die Verbindung und der Schutzleiteranschluss korrekt hergestellt und die Steckvorrichtung verriegelt sind.

Das Steckersystem ist zusätzlich mit einem Fehlerstromschutz ausgestattet.

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 Über welche Funktionen verfügt ein Voll-Hybrid?
- 2 Erläutern Sie die Start-Stopp-Funktion.
- 3 Wie erfolgt der Antrieb bei einem seriellen Hybrid-System?
- 4 Welche Antriebe sind bei einem leistungsverzweigten Hybrid-System miteinander gekoppelt?
- 5 Über welche Merkmale verfügt der Lithium-Ionen-Akkumulator?
- 6 Aus welchem Grund sind Lithium-Ionen-Akkumulatoren im Fahrzeug in einem schützenden Gehäuse untergebracht?
- 7 Erläutern Sie den Begriff „Boost-Funktion“.
- 8 Was versteht man unter dem Begriff „Plug-In-Hybridantriebe“?

Kronenraddifferenzial

Es ist ein selbstsperrendes Mittendifferenzial mit asymmetrisch-dynamischer Momentenverteilung. Es verteilt das Drehmoment variabel je nach Traktion von 70 %...15 % auf die Vorderachse und 30 %...85 % auf die Hinterachse.

Aufbau (Bild 1). Das Kronenraddifferenzial besteht aus folgenden Bauteilen:

- Gehäuse mit 4 Ausgleichskegelrädern
- 2 Kronenräder mit unterschiedlichen Teilkreisdurchmessern für Antrieb der Vorder- und Hinterachse
- Lamellenkupplung als Längssperre.

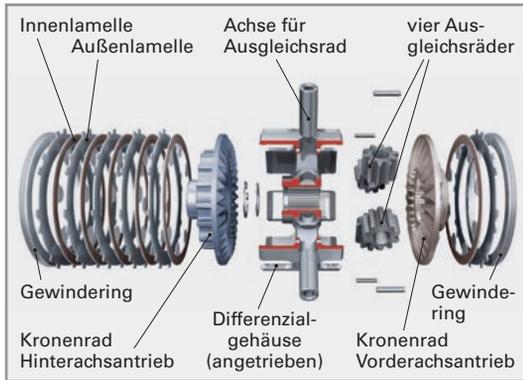


Bild 1: Bauteile Kronenraddifferenzial

Drehmomentverteilung. Das Kronenraddifferenzial erzeugt durch die unterschiedliche Sperrwirkung im Schub- und im Zugbetrieb unterschiedliche Verteilung des Antriebsmoments, um ein gewünschtes Fahrverhalten zu erreichen.

Asymmetrische Grundverteilung (Bild 2). Durch die unterschiedlichen Teilkreisdurchmesser, an welchen die Ausgleichsräder die Kraft übertragen, ergeben sich durch die unterschiedlichen Hebelarme eine Verteilung des Drehmoments von z.B. 40 % auf die Vorderräder (kleiner Hebelarm) und 60 % auf die Hinterräder (großer Hebelarm).

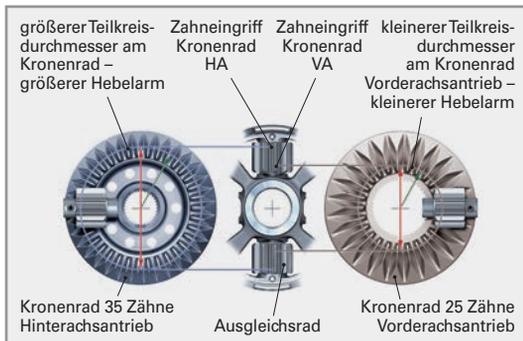


Bild 2: Grundverteilung beim Kronenraddifferenzial

Asymmetrisch-dynamische Momentenverteilung (Bild 3)

Verlieren z.B. die Räder der Vorderachse an Traktionsvermögen, wird durch die Sperrwirkung der Reiblamellen bis zu 85 % gesperrt und an die Hinterachse übertragen. Dazu greift die ESP-Regelung an den Rädern der VA ein, bremst diese ab und erzeugt so das entsprechende Stützmoment.

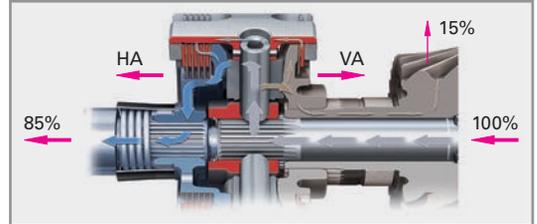


Bild 3: Asymmetrisch-dynamische Momentenverteilung

Verliert z.B. die Hinterachse an Traktionsvermögen, kann durch die Sperrwirkung die Vorderachse bis 70 % des Drehmoments übertragen (Bild 4). Wird die Schlupfgrenze überschritten, so greift die ESP-Regelung ein, die Vorderachse erhält dadurch 70 % Antriebsmoment.

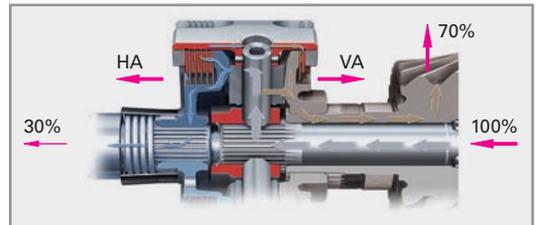


Bild 4: Asymmetrisch-dynamische Momentenverteilung

Allradantrieb mit Kronenraddifferenzial und aktives Sperrdifferenzial (vgl. Seite 448)

Bei dieser Bauausführung wird das Kronenraddifferenzial mit einer radselektiven Momentensteuerung durch ESP-Bremseneingriff so abgebremst, dass das Traktionsvermögen der einzelnen Räder optimiert wird. Somit wird z.B. mehr Antriebsmoment auf die kurvenäußeren Räder geleitet, wodurch sich das Fahrverhalten länger neutral verhält. Ist an der Hinterachse zusätzlich ein aktives Sperrdifferenzial verbaut, wirkt die radselektive Momentensteuerung nur auf die Vorderachse, da dieses Differenzial selbst die Momentenverteilung durchführt.

WERKSTATTTHINWEISE

- Leistungsprüfung nur auf Allradprüfstand.
- Bremsenprüfung nur auf langsam laufenden Prüfständen durchführen (< 5 km/h).
- Kein Abschleppen mit angehobener Achse.
- Herstellervorschriften beachten.

18.4.4.2 Überlagerungslenkung mit Wellgetriebe (Dynamiklenkung)

Die Dynamiklenkung ermöglicht eine elektronisch geregelte, mechanische Überlagerung eines Winkels zum Lenkwinkel des Fahrers. Fahrerunabhängige Lenkeingriffe z.B. in Gefahrensituationen sind möglich.

Aufbau (Bild 1). Sie besteht aus:

- Zahnstangen-Hydrolenkung
- Elektromechanisches Überlagerungsgetriebe (Aktuator mit Elektromotor) mit mech. Sperre
- Index-, Lenkwinkelsensor und Lagesensor Elektromotor
- 2 Gierraten- und Querschleunigungssensoreinheiten (Sensoreinheit 1 und 2)
- Steuergerät für Dynamiklenkung, ABS, ESP

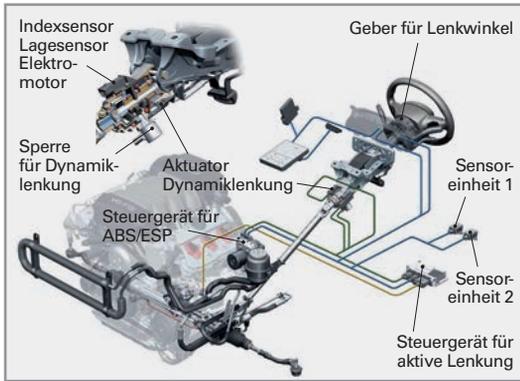


Bild 1: Aufbau Dynamiklenkung

Zahnstangen-Hydrolenkung. Die Servotronic dient als Basislenkung. Bei dieser Lenkung sind bei niedrigen Geschwindigkeiten geringe Lenkkräfte erforderlich. Bei hohen Geschwindigkeiten nimmt die Betätigungskraft am Lenkrad zu.

Aktuator-Dynamiklenkung (Bild 2). Der Aktuator besteht aus einem Wellgetriebe, das von einem Elektromotor angetrieben wird. Auf der Lenkwelle ist eine Hohlwelle drehbar im Gehäuse des Aktuators gelagert. Der Läufer des Motors und der Lagerinnenring sind fest mit der Hohlwelle verbunden. Der Lagerinnen- und -außenring des Wellgetriebes sind exzentrisch ausgeführt. Auf den Lageraußenring ist der Flextopf drehfest aufgebracht.

Der Flextopf ist elastisch und passt sich der ovalen Kontur des Lagers an. Die Außenverzahnung des Flextopfes (100 Zähne) befindet sich durch ihre Exzentrizität nicht auf ihrem gesamten Umfang mit der konventionellen („runden“) Innenverzahnung des Hohlrades (102 Zähne) im Eingriff. Dadurch ergeben sich zwei gegenüberliegende symmetrische Zahn-eingriffsbereiche (Bild 1, Seite 488).

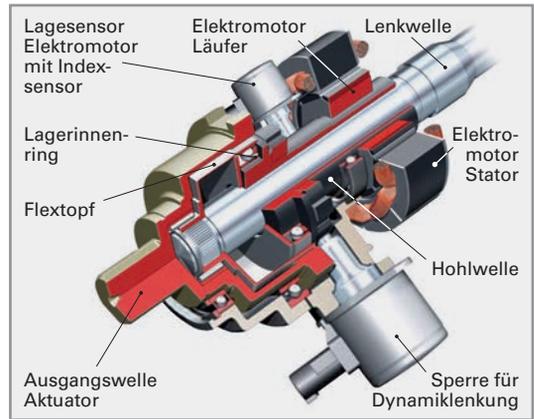


Bild 2: Aktuator-Dynamiklenkung

Lagesensor-Elektromotor. Er erfasst die Position der Hohlwelle und damit die Exzentrizität des Lagers.

Indexsensor. Zur Initialisierung der Lenkung nach einem Fehlereintrag erfasst dieser die Mittellage des Lenkgetriebes durch Abgeben eines Signals pro Lenkradumdrehung bzw. Umdrehung der Ausgangswelle des Aktuators.

Sperrmechanismus. Auf der vom Elektromotor angetriebenen Hohlwelle ist ein Ring fest angebracht. Dieser ist an seiner Außenseite mit mehreren Aussparungen versehen. In diese Aussparungen greift beim Sperren des Getriebes ein Stößel, der über einen Elektromagneten betätigt wird, ein. Die Sperre ist bei ausgeschalteter Zündung und bei einem Ausfall des Lenksystems wirksam.

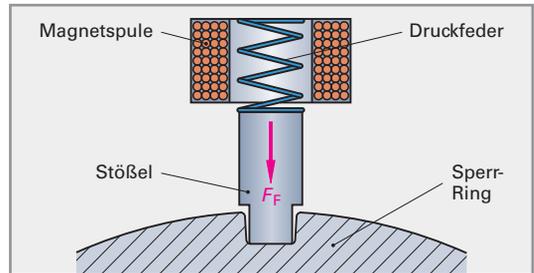


Bild 3: Sperrmechanismus für die Dynamiklenkung

Funktionsweise Lenkwinkelüberlagerung (Bild 2, Bild 1, S. 488)

Dazu wird der Elektromotor betätigt und die Hohlwelle angetrieben. Der Innenring des Wälzlagers dreht sich. Durch diese Drehung wird die ovale Form des Wälzkörpers auf den Flextopf übertragen. Aufgrund der unterschiedlichen Zahnanzahlen von Flextopf-Verzahnung und Hohlrad-Verzahnung trifft im Eingriff ein Zahn des Flextopfes nicht exakt in eine Zahnflanke des Hohlrades. Der Zahn des Flextopfes trifft seitlich versetzt auf die Zahnflanke des Hohlrades. Dadurch wirkt eine Kraft auf diese Zahnflanke, die zu einer mi-

18.6.2 3D-Achsvermessung

Bei der 3D-Achsvermessung kann das Fahrwerk **schneller**, **genauer** und **mit weniger Vorbereitung** als bei der 2D-Achsvermessung vermessen werden.

Aufbau (Bild 1). Das System besteht aus folgenden Komponenten:

- Computer mit Bildschirm und Drucker.
- LED und Kameraeinheiten mit jeweils einer hochauflösenden Kamera, LED-Feld und Kamerakontrollelektronik.
- Vier Reflektoren mit den dazugehörigen Radklemmen.



Bild 1: Aufbau 3D-Achsvermessung

1. Vorbereitende Arbeiten

- Fahrzeug auf waagrechte Fläche oder Hebebühne mit Dreh- und Schiebeuntersätzen stellen.
- Reifenverschleißbild, Reifen- und Felgenreöße, Luftdruck, Radlager, Spurstangengelenke und Radaufhängungsteile auf Spiel und Beschädigung prüfen.
- Reflektorplatten anbringen (Bild 2).

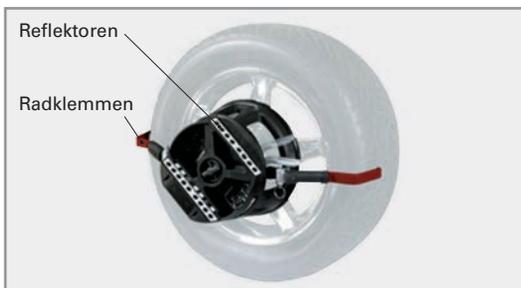


Bild 2: Reflektorplatte am Rad

- Rechner einschalten und Fahrzeugdaten in Rechner eingeben.
- Kamera so positionieren, dass alle Reflektoren von der Software erfasst werden (Anzeige in der Software).
- Felgenschlagkompensation durch Vorwärts- und Rückwärtsschieben um jeweils 35 cm des Fahrzeuges durchführen.
- Feststellbremse (Bremsenspanner) und Keil am Reifen anbringen.
- Arretierungen der Dreh- und Schiebeuntersätze entfernen.

2. Eingangsvermessung

Messwerte des Fahrzeugs mithilfe des menügeführten Programms ermitteln:

- Mittelstellung des Lenkrades ermitteln durch vollen Rechts- und Linkseinschlag der Räder.
- Nachlauf, Spreizung, Spurwinkel und Spurdifferenz werden bei 20° Lenkradeinschlag links und rechts gemessen.
- Messwerte werden gespeichert.
- Anzeige aller ermittelten Messwerte am Bildschirm (Bild 3).

Vorne		
Links		Rechts
Sturz + Spreizung	.....	.....
Geradeau lenken	.....	.....
Radversatz	.....	.....
Spurdifferenzwinkel	.....	.....
Spurdifferenz L zu R	.....	.....
Fahrzeugniveau	.....	.....
Max. Einschlag links	.....	.....
Max. Einschlag rechts	.....	.....
Hinten		
Links		Rechts
Radversatz	.....	.....
Fahrzeugniveau	.....	.....
Achsversatz	.....	0mm

Wenn nötig, Einstellung durchführen
 Einstellbalken zeigen Hauptmeßergebnisse Neu starten

Bild 3: Messwerttabelle

3. Dokumentation und Einstellung

- Messprotokoll ausdrucken. Werte, die außerhalb der Toleranz liegen, werden rot unterlegt (Bild 1, Seite 495).
 - Soll-Istwert-Vergleich durchführen und notwendige Einstellarbeiten vornehmen.
 - Nach den Einstellarbeiten eine Kontrollmessung durchführen.
 - Ergebnisprotokoll zur Dokumentation ausdrucken.
- Alle vom Messcomputer in der Eingangsvermessung ermittelten Werte können zur Dokumentation für den Kunden als Messprotokoll ausgedruckt werden.

Messprotokoll. In der Spalte Eingangsvermessung sind Werte, die in der Toleranz liegen Grün, einzustellende Werte in Rot, Sollwerte mit Toleranzen werden in Schwarz dargestellt.

nischen Zusammenhang der einzelnen Bauteile und Baugruppen wird dabei keine Rücksicht genommen. Eine klare, geradlinige, kreuzungsfreie Anordnung der einzelnen Stromkreise hat Vorrang. Üblicherweise werden die Plus- und Minusleitungen als horizontal liegende Parallelen gezeichnet. Die einzelnen Strompfade verlaufen dann von Plus nach Minus, d.h. von oben nach unten. Falls unvermeidlich, können Teile eines Strompfades auch waagrecht gezeichnet werden.

Zum einfachen Auffinden von Schaltungsstellen dienen im Stromlaufplan angebrachte Abschnittsbezeichnungen.

Dafür gibt es drei Möglichkeiten der Darstellung:

- Fortlaufende Zahlen (1,2,3, ...) in gleichen Abständen von links nach rechts (Stromfad-Nr.)
- Bezeichnung der Schaltungsabschnitte, z.B. Lüfter für Kühlmittel
- Kombination aus fortlaufenden Zahlen und bezeichneten Schaltungsabschnitten.

Der Stromlaufplan kann in vereinfachter Form oder in ausführlicher Form mit Innenschaltung dargestellt werden, z.B. Relais. Er kann zudem über weitere An-

gaben verfügen, z.B. über Hinweise zu Relaissteckplätzen oder Leiterquerschnitten.

In **Tabelle 1** sind die Bezeichnungen aus beiden Stromlaufplänen gegenübergestellt.

Tabelle 1: Bezeichnungen Stromlaufplan

Bezeichnung	Zusammenhängende Darstellung (Bild 1, vorige Seite)	Aufgelöste Darstellung (Bild 1)
Sicherung 5A	F90.51	S51
Sicherung 40A	F90.42	S42
Massepunkt	G202	30
Relais 1. Stufe	K1.5	J279
Relais 2. Stufe	K1.6	J280
Motor Lüfter	M2	V7
Vorwiderstand	R2.2	N39
Temperaturschalter	S2.2	F18

Die Klemmenbezeichnung 75X (Schraubverbindung an der Relaisplatte) weist darauf hin, dass die daran angeschlossenen Verbraucher beim Anlassvorgang zur Entlastung der Starterbatterie abgeschaltet werden.

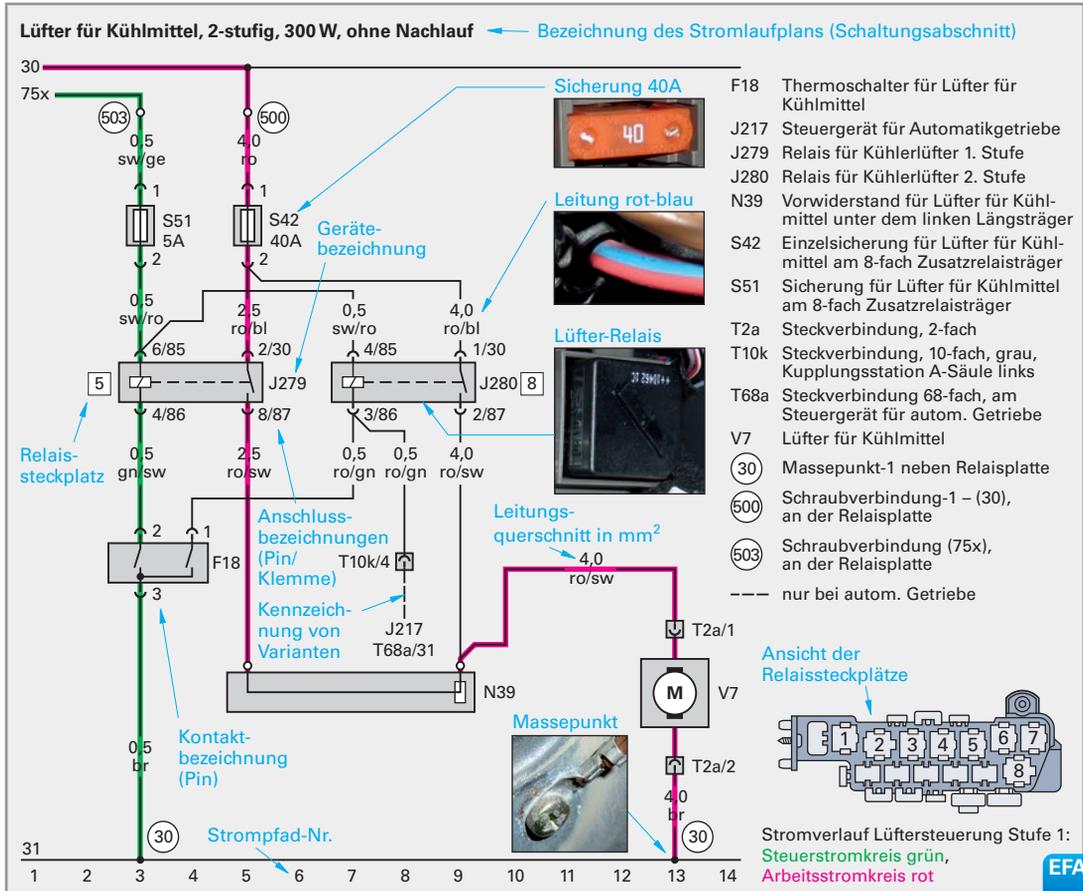


Bild 1: Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (Beispiel: Lüfter für Kühlmittel)

Fernbedienung der Zentralverriegelung

Es wird ein digitaler Signalcode von einer Fernbedienung über elektromagnetische Wellen (Infrarot oder Funk) auf ein Empfängermodul im Fahrzeug übertragen. Dort wird dieser wieder in einen elektrischen, digitalen Signalcode umgewandelt und im Steuergerät entschlüsselt. Die Signalübertragung erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit ($c_0 \approx 300.000 \text{ km/s}$)

Es werden zwei Systeme unterschieden:

- Infrarot-Fernbedienungssystem
- Funk-Fernbedienungssystem

Infrarot-Fernbedienungssystem

Die Übertragung des Signals erfolgt mit einem „Lichtstrahl“, dessen Frequenz unterhalb des sichtbaren Lichts liegt (infra) und daher für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Hieraus ergeben sich folgende Nachteile: Geringe Reichweite (unter 6 Meter), die Infrarotfernbedienung muss auf den Empfänger ausgerichtet werden und der Lichtstrahl darf nicht behindert werden. Aufgrund dieser Nachteile haben sich Funkfernbedienungssysteme durchgesetzt.

Funk-Fernbedienungssystem

Die Signalübertragung erfolgt in Europa über Funkwellen mit einer Frequenz von 433 MHz.

Vorteile. Gegenüber der Infrarot-Übertragung hat die Signalübertragung per Funk folgende Vorteile:

- Große Reichweite (bis zu 40 m)
- keine Ausrichtung auf das Fahrzeug notwendig
- hoher Schutz gegen Decodierung des Signals.

Funktion. Der Sender übermittelt einen digitalen Zahlencode per Funk an das Empfängermodul. Der Zahlencode besteht aus einem Identifikationscode und der Anweisung an das Schließsystem. Der

Empfänger entschlüsselt und überprüft den Identifikationscode. Im Falle der Übereinstimmung wird der von der Fernbedienung gesendete Schließbefehl an das Steuergerät der Zentralverriegelung weitergeleitet.

Rolling-Code-Verfahren. Ein Teil des Identifikationscodes wird von der Fernbedienung nach einem festgelegten, geheimen Algorithmus geändert. Hierdurch ist ein einfaches Mitschneiden des Signals durch Unbefugte nutzlos.

20.2.3 Passiver Zugang

Der Fahrer muss zum Ver- und Entriegeln des Fahrzeugs keinen Schlüssel aktiv bedienen. Gleiches gilt für die Deaktivierung der Wegfahrsperre und der Diebstahlwarnanlage sowie für das Starten des Motors. Es genügt, wenn er den elektronischen Schlüssel bei sich trägt.

Umfang und Bedienung sind bei den Herstellern sehr unterschiedlich. Sie werden u.a. unter Bezeichnungen wie *keyless go*, *keyless entry*, *Komfortschlüssel*, *KESY*, *Comfort Access*, *Smart key* geführt.

Aufbau. Zusätzlich zu den Komponenten der Zentralverriegelung werden benötigt (**Bild 1**):

- Empfangsantennen mit Verstärker
- Steuergerät
- elektronische Türgriffe
- elektronisches Zündschloss
- Elektronischer Schlüssel
- Start-Stopp-Einrichtung.

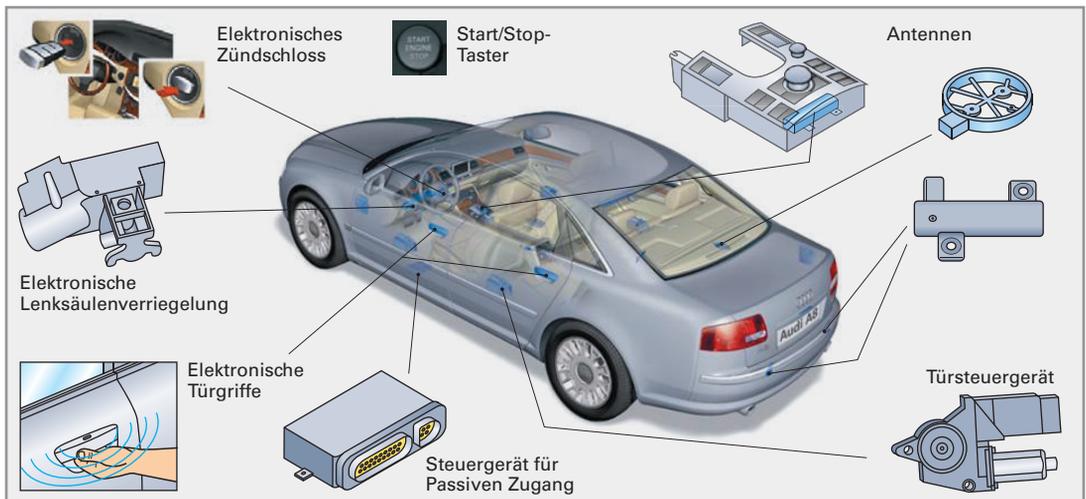


Bild 1: Systemübersicht Passiver Zugang

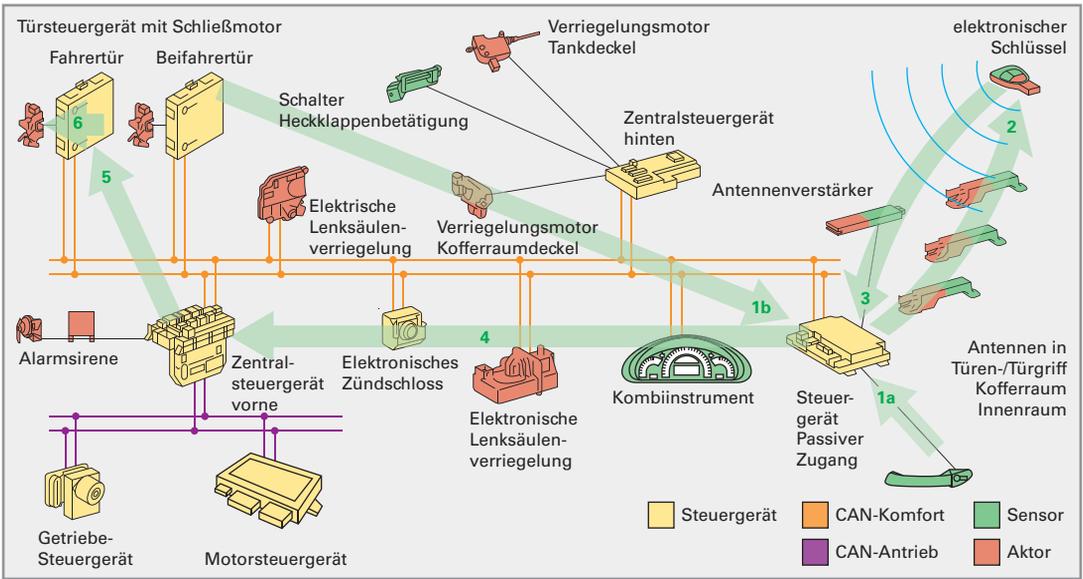


Bild 1: Komponenten Passiver Zugang – Beispiel Entriegelung

Passives Entriegeln (Beispiel: Bild 1). Der Sensor im Türgriff erkennt den Zutrittswunsch und gibt ihn an das Steuergerät für Zugangsberechtigung weiter (1a). Das Steuergerät erhält über den Datenbus zeitgleich den Status der Verriegelungseinheiten (1b) und sendet über die Außenantennen eine Anforderung an den Schlüssel zur Identifizierung (2). Der Schlüssel berechnet den Zugangscode und sendet das Ergebnis über die Antennen und den Antennenverstärker zurück an das Steuergerät (3) (Challenge/Response-Verfahren). Der Zugangscode gelangt über den Datenbus zum Zentralsteuergerät (4). Dieses beauftragt das Türsteuergerät (5), das die Entriegelungsanweisung an den entsprechenden Schließmotor weitergibt (6).

Verriegelung. Der Verriegelungsvorgang kann automatisch oder durch Betätigung des Verriegelungstasters am Türgriff ausgelöst werden. Beim automatischen Verriegeln wird der Vorgang eingeleitet, wenn der Transponder den Erkennungsbereich der Außenantennen verlässt.

Die Verriegelung auf Tasterdruck hat gegenüber der automatischen Verriegelung den Vorteil, dass der Fahrer den Befehl bewusst gibt und die Verriegelung hört. Die Verriegelung wird durch Blinken der der Warnleuchten quittiert.

Service Key. Der elektronische Schlüssel speichert wichtige Fahrzeuginformationen, die bei der Annahme mit dem Werkstattinformationssystem ausgelesen werden. Beispiel für gespeicherte Daten:

- Info über die Serviceintervalle
- Status von Betriebsflüssigkeitsständen
- Status von Kühlmittel- und Motoröltemperaturen.

20.2.4 Diebstahlwarnanlage (DWA)

Die DWA löst bei unbefugtem Eingriff optische und/oder akustische Warnsignale aus.

Sie besteht aus folgenden Komponenten (Bild 2):

- Steuergeräte, Bedieneinheiten und Statusanzeige
- Kontaktschalter für z.B. Türen, Motorhaube, Heckklappe, Kofferraum oder Handschuhfach
- Infrarot- oder Ultraschall-Innenraumüberwachung
- Lagesensor für Rad- und Abschleppschutz
- Signalhorn mit eigener Spannungsversorgung
- Glasbruchsensoren.

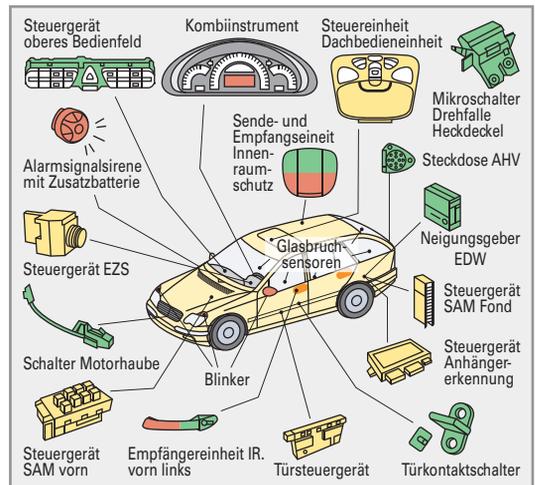


Bild 2: Komponenten einer Diebstahlwarnanlage