

# Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik





Personenkraftwagen



Geländewagen mit Hybridtechnik



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., Studiendirektor	Stuttgart – Sindelfingen
Heider, Uwe	Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG	Neckarsulm – Oedheim
Hohmann, Berthold	Studiendirektor	Eversberg
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, korrigierter Nachdruck 2017

Druck 6 (keine Änderung seit der 5. Druckquote)

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.

© 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

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Audi AG, Ingolstadt, Volkswagen AG, Wolfsburg, Dr. Ing. H. C. Porsche AG, Stuttgart, KTM, Mattighofen, Austria (Foto: H. Mitterbauer), Mercedes Benz AG, Stuttgart

Druck: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

## 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](http://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](mailto: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	•	•																•				
<b>Schwerpunkt Personenkraftwagen</b>																							
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		•	•												•				•			
<b>Schwerpunkt Nutzfahrzeugtechnik</b>											•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•
<b>Schwerpunkt System- u. Hochvolttechnik</b>											•	•	•	•		•			•	•	•		
<b>Schwerpunkt Motorradtechnik</b>											•	•	•	•	•		•		•	•	•	•	•
<b>Schwerpunkt Karosserietechnik</b>											•	•					•		•	•	•	•	

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

Lernsituation erkennen und bearbeiten

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

- Geben Sie mögliche Folgen an.  
**Der Generator liefert nicht genügend elektrische Energie. Die Starterbatterie entlädt sich.**
- Welche Fehler können vorliegen?  
**Z.B. Keilriemen gerissen, Kabelverbindungen unterbrochen, fehlerhafte**



Informationen beschaffen und auswerten



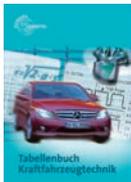
19 Elektrotechnik 539

### 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.

Erlertes dokumentieren

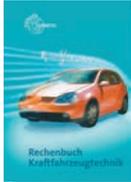


414 Elektrische Anlage Drehstromgenerator

Aufgaben und Kenndaten	
<b>Aufgaben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Versorgung der elektrischen Verbraucher</li> <li>Laden der Starterbatterie</li> </ul>
<b>Kenndaten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bauweise (z.B.T für Ständeraußendurchmesser; 1 für Klauenpolläufer)</li> <li>Drehrichtung (z.B. -&gt; für rechts und links)</li> <li>Generatorspannung (z.B. 14V)</li> <li>Strom bei Leerlaufdrehzahl (z.B. 70 A)</li> <li>Strom bei Nennerdrehzahl (z.B. 140 A)</li> </ul>

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

Generatortypenschild



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

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

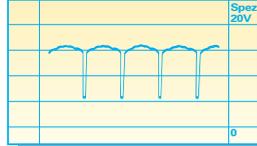
$P_{nL} = U \cdot I = 14V \cdot 50A = 700W$        $P_{nN} = U \cdot I = 14V \cdot 90A = 1260W$

33. Berechnen Sie die mechanische Antriebsleistung bei Nennerdrehzahl für einen Generatorwirkungsgrad von 85%.

Geg.:  $P_{nN} = P_{eI} = 1260W$ ;  $\eta = 0,85$       Ges.:  $P_{Mech}$

$P_{Mech} = \frac{P_{eI}}{\eta} = \frac{1260W}{0,85} = 1938,5W$

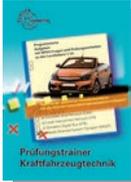
Problem in der Praxis lösen



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



Ergebnisse sichern



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**
- Glasurit 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

<b>Hinweise zur Verwendung des Buches</b>		<b>4, 5</b>
Firmenverzeichnis		6
<b>1</b>	<b>Kraftfahrzeug</b>	<b>11</b>
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	Ölfiler	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	Dieselmotorkraftstoffe	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
<b>2</b>	<b>Umweltschutz, Arbeitsschutz im Betrieb</b>	<b>41</b>
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
<b>3</b>	<b>Betriebsorganisation, Kommunikation</b>	<b>53</b>
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
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Informationstechnik</b>	<b>75</b>
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
<b>5</b>	<b>Steuerungs- und Regelungstechnik</b>	<b>82</b>
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
<b>6</b>	<b>Prüftechnik</b>	<b>99</b>
6.1	Grundbegriffe der Längenprüftechnik	99
6.2	Messgeräte	101
6.3	Lehren	106
6.4	Toleranzen und Passungen	107
6.5	Anreißen	110
<b>7</b>	<b>Fertigungstechnik</b>	<b>111</b>
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	<b>11</b>	<b>Motormechanik</b>	<b>210</b>
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	Schnappverbindungen. . . . .	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	<b>12</b>	<b>Gemischbildung</b>	<b>270</b>
7.7	Beschichten . . . . .	164	12.1	Kraftstoffversorgungsanlagen bei Ottomotoren . . . . .	270
<b>8</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	<b>166</b>	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
<b>9</b>	<b>Reibung, Schmierung, Lager, Dichtungen</b>	<b>191</b>	12.5.5	Einlasskanalsteuerung. . . . .	313
9.1	Reibung . . . . .	191	12.5.6	Dieseinspritzverfahren . . . . .	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
<b>10</b>	<b>Aufbau und Wirkungsweise des Viertaktmotors</b>	<b>197</b>	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

## Filterarten

Folgende Luftfilter kommen zum Einsatz:

- Trockenluftfilter
- Ölbadluftfilter
- Nassluftfilter
- Zyklonvorabscheider

**Trockenluftfilter.** Bei ihm erfolgt die Staubaufnahme meistens durch auswechselbare Filterelemente aus gefaltetem Papier. Sie gehören heute zur Standardausrüstung bei Pkw und Nkw. Die Lebensdauer der Filterelemente hängt von der Größe der Papierfläche und von dem Staubgehalt der Luft ab. Um den Durchflusswiderstand gering zu halten, sind große Oberflächen erforderlich. Gleichzeitig dämpft der Luftfilter die Ansaugeräusche.

Luftfilter, die nicht rechtzeitig erneuert oder gereinigt werden, haben wegen des zunehmenden Durchströmwiderstandes eine schlechtere Füllung des Zylinders sowie eine geringere Motorleistung zur Folge. Feinstäube, die den Filter passieren, tragen im Motoröl zur Verschlammung bei. Ist das Filter verschmutzt, so muss es erneuert werden.

**Nassluftfilter** werden teilweise noch in Motorrädern verwendet. Der Filtereinsatz besteht aus einem Gestrick aus Metall oder Kunststoff, das mit Öl benetzt ist. Die durchströmende Luft kommt mit der großen, ölbenetzten Oberfläche in Berührung. Der in der Luft mitgeführte Staub wird festgehalten. Die Standzeit beträgt nur etwa 2500 km. Danach muss er gereinigt und wieder mit Öl benetzt werden.

**Ölbadluftfilter.** Im Filtergehäuse befindet sich unter dem Filtereinsatz aus Metallgewebe ein Ölbad (Bild 1). Die einströmende Luft trifft auf den Ölspiegel und reißt aus dem Ölbad Tropfen mit, die sich im Filtereinsatz absetzen. Von dort tropfen sie ab und nehmen den angesammelten Staub mit in das Ölbad. Wegen dieser Selbstreinigung haben Ölbadluftfilter gegenüber Nassluftfiltern eine höhere Standzeit.

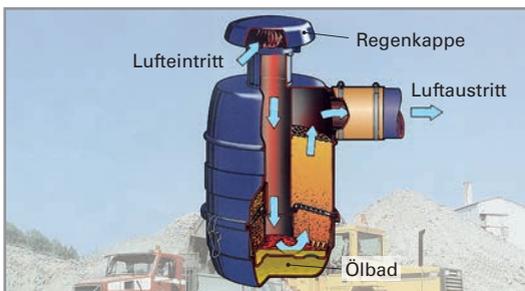


Bild 1: Ölbadluftfilter

**Zyklonvorabscheider** sind unentbehrlich für Motoren, die ständig in sehr staubhaltiger Luft arbeiten müssen. Die angesaugte Luft wird in rasche Drehung versetzt (Bild 2) und der grobe Staub durch die Zentrifugalkraft ausgeschieden (Grobfilter). Der noch in der Ansaugluft enthaltene feine Staub wird anschließend z.B. in einem Trockenluftfilter gefiltert.

Die Standzeit dieses Kombinationsfilters wird dadurch verbessert.

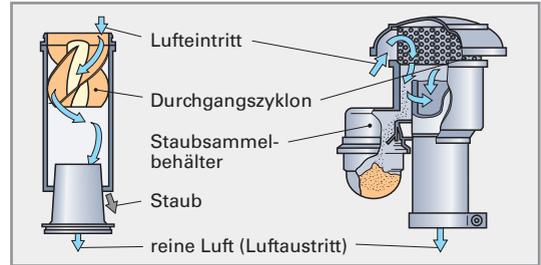


Bild 2: Zyklonluftfilter

## 1.6.2 Kraftstofffilter

Sie sollen die Kraftstoffanlage vor Verunreinigungen schützen und gegebenenfalls Wasser abscheiden.

Man unterscheidet:

- Grobfilter
- LeitungsfILTER
- Filter-Elemente
- Wechselfilter

**Kraftstoffgrobfilter.** Sie kommen als Vorfilter z.B. als Saugfilter im Kraftstoffbehälter zum Einsatz. Meist sind sie als Siebfilter mit einer Maschenweite von etwa 0,06 mm ausgeführt und bestehen aus einem engmaschigen Draht- oder Polyamidgeflecht.

**KraftstoffleitungsfILTER (In-Line-Filter)** dienen zur Feinfiltration. Es werden Papierfilter mit einer Porengröße zwischen 0,002 mm und 0,001 mm verwendet. Sie werden in die Kraftstoffleitung eingebaut und bei der Wartung als Ganzes ausgetauscht.

**Kraftstofffilter-Elemente.** Sie sind auswechselbar und befinden sich in einem eigenen Gehäuse, das am Motor angebaut ist. Für die Feinfiltration werden Einsätze aus Papier oder Filz verwendet.

**Kraftstoff-Wechselfilter (Boxfilter) (Bild 3).** Sie bestehen aus Gehäuse und Filtereinsatz und werden bei der Wartung als Ganzes ausgetauscht.

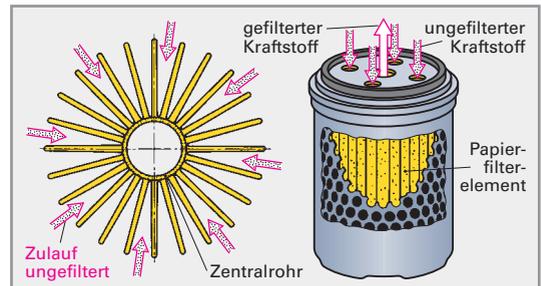


Bild 3: Boxfilter mit Sternfiltereinsatz

Für die Feinfiltration werden ebenfalls Einsätze aus Papier und Filz verwendet. Beim Sternfiltereinsatz ist das sternförmig gefaltete Papier um ein gelochtes

**Tabelle 1: Rohstoffquelle Autowrack in Gewichtsprozenten**

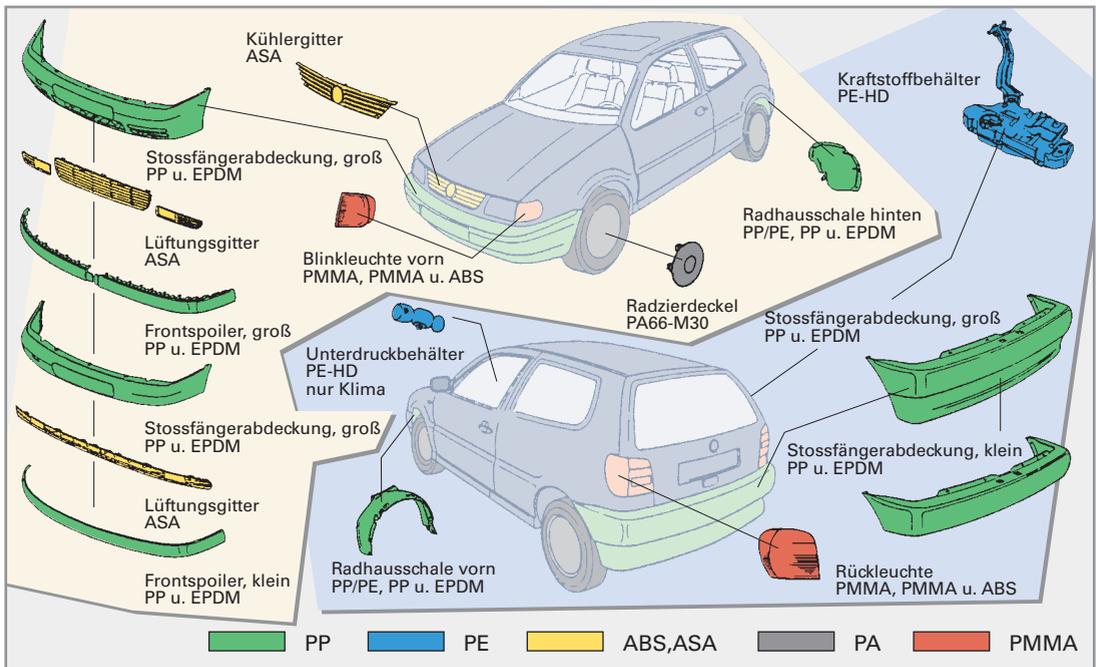
Eisen und Stahl	70 %
Gummi	9 %
Kunststoffe	8 %
Glas	3 %
Aluminium	3 %
Kupfer, Zink, Blei	2 %
andere NE-Metalle	1 %
Sonstige	4 %

Sowas werden z.B. Altreifen durch Kalt- bzw. Warmvulkanisieren runderneuert oder sie werden zerkleinert, das Cordgewebe wird zu Lärmschuttmatten, der Gummi zu Straßenbelägen verarbeitet. Kühlflüssigkeit, Bremsflüssigkeit wird gereinigt und wieder aufbereitet. Batteriegehäuse können zu Kunststoff-

granulat aufbereitet werden, das dann zu Spritzgussteilen weiterverarbeitet wird. Die Batteriesäure wird gereinigt und wiederverwendet, während aus den Bleiplatten das Metall wiedergewonnen wird. Im Bereich der Abwasserwirtschaft eines Kfz-Betriebs kann Waschwasser für Autowaschstraßen durch eine Recyclinganlage wiederaufbereitet werden und zum größten Teil wieder als Brauchwasser in den Waschprozess zurückgeführt werden.

Beim Kat-Recycling wird der Altkatalysator zunächst entmantelt. Durch Raffination des Keramikkörpers oder Keramikbruchs werden die Edelmetalle (Platin, Rhodium) in hochreiner Form wiedergewonnen. Die Keramikschlacke wird in der Bau- und Hüttenindustrie als Zuschlagsstoff eingesetzt, während der Stahlschrott gesammelt und wieder eingeschmolzen wird.

Kunststoffteile werden von Fahrzeugherstellern gekennzeichnet, damit sie sortenrein gesammelt wiederverwertet werden können (Bild 1).


**Bild 1: Recyclingfähige Kunststoffteile im Kraftfahrzeug**
**WIEDERHOLUNGSFRAGEN**

- 1 Welche Gesetze beinhaltet das Umweltrecht?
- 2 Welche 3 Abfallarten unterscheidet das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz?
- 3 Wodurch wird das sortenreine Sammeln von Kfz-Teilen aus Kunststoff vereinfacht?
- 4 Wodurch sind Sonderabfälle nach der Abfallbestimmungsverordnung gekennzeichnet?
- 5 In welche Wassergefährdungsklassen werden Schadstoffe eingeteilt?
- 6 Welche Inhalte legt die Altkatoverordnung fest?
- 7 Welcher Unterschied besteht zwischen einem Verwertungsnachweis und einer Verbleibserklärung?
- 8 Wie wird ein Katalysator verwertet?

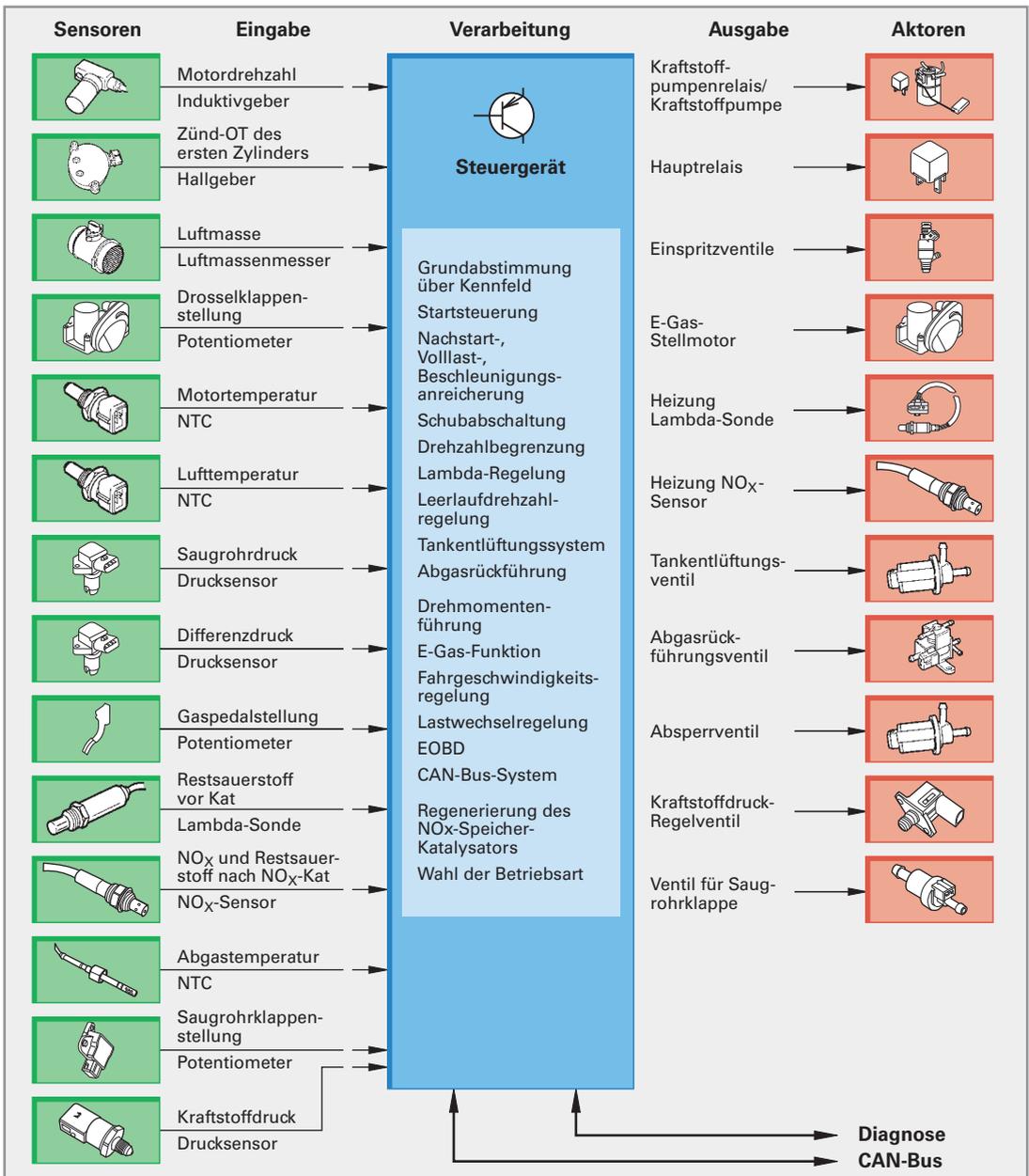


Bild 1: Blockschaltbild der MED-Motronic

Der Sensor erhält Plus von PIN 12 und Minus von PIN 22. Das Signal wird über PIN 13 übertragen. Außerdem benötigt das System der MED-Motronic folgende zusätzliche Aktoren:

**Kraftstoffdruck-Regelventil Y11.** Es regelt den Kraftstoffdruck im Rail je nach Betriebszustand auf 50 bar bis 120 bar. Dazu wird es vom Steuergerät mit Masse auf PIN 33 angetastet. Die Plusversorgung erfolgt durch K5.

**Ventil für Saugrohr-Klappe Y10.** Die Saugrohrklappe gibt im Homogenbetrieb den vollen Querschnitt des Saugrohres frei, um eine maximale Luftfüllung des Brennraumes zu erreichen. Im Schichtbetrieb schließt sie einen Kanal des Saugrohres, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit erhöht und der Drall im Brennraum zur Ausbildung der Kraftstoffwolke verstärkt wird. Das Ventil wird vom Steuergerät über Minus von PIN 32 geschaltet. Die Plus-Versorgung erfolgt durch K5.

## Injektorsteuerung

Um die Einspritzung in bis zu drei Sequenzen (Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung) unterteilen zu können, benötigt man schnell schaltende Magnetventile.

**Anzugsstromphase.** Zum Öffnen des Magnetventils muss der Strom in einer steilen, genau definierten Flanke auf ca. 20 A ansteigen, um eine geringe Toleranz und eine hohe Reproduzierbarkeit (Wiederholgenauigkeit) der Einspritzmenge zu erzielen. Dies erreicht man mit einer Boosterspannung von bis zu 100 V. Diese Boosterspannung wird mithilfe der Induktion beim Ausschalten der Magnetventile erzeugt und in Kondensatoren im Steuergerät gespeichert.

**Haltestromphase.** In dieser Zeit wird der Strom durch Takten auf ca. 13 A abgesenkt, um die Verlustleistung im Steuergerät und im Injektor zu verringern. Dabei liegt Batteriespannung an.

**Ausschalten.** Wird der Stromfluss unterbrochen, entsteht durch die Magnetfeldänderung in der Injektorspule eine Induktionsspannung, mit welcher der Boosterkondensator im Steuergerät aufgeladen wird (**Bild 1**).

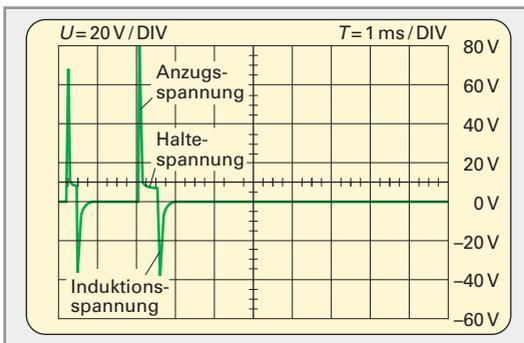


Bild 1: Strom-Spannungsverlauf MV-Injektor

**Nachladen des Kondensators (Boostern).** Fällt die Kondensatorenergie unter einen Grenzwert ab, wird eine Injektorspule kurzzeitig mit Batteriespannung so angetaktet, dass der Injektor nicht öffnet. Die beim Ausschalten induzierte Spannung lädt den Kondensator nach (**Bild 2**).

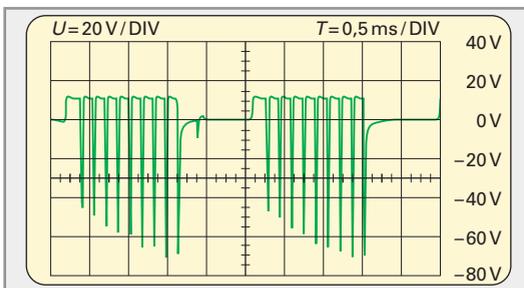


Bild 2: Nachladen des Kondensators (Boostern)

## Schaltplanbeispiel einer Common-Rail-Anlage (1. Generation, Bild 2, Seite 325)

**Fahrpedalsensor B12.** Der Sensor erfasst die Fahrpedalstellung (1. Hauptsteuergröße) zur Berechnung der Kraftstoffmenge. Die unabhängig voneinander arbeitenden Hallgeber werden über den Pin C9 mit Plus und über Pin C5 und C23 mit Masse versorgt. Die Signalspannungen liegen an Pin C8 und C10 an. Bei Defekt läuft der Motor mit erhöhter Leerlaufdrehzahl. Die Fehlerlampe leuchtet und ein Fehler wird im Fehlerspeicher abgelegt.

**Nockenwellensensor B2.** Der Hallsensor meldet dem Steuergerät die Position des ersten Zylinders im Verdichtungstakt, sowie die Motordrehzahl (2. Hauptsteuergröße). Das Signal wird benötigt, um zur richtigen Zeit in den richtigen Zylinder einzuspritzen. Bei Signalausfall bleibt der Motor unter Umständen fahrbereit, kann aber nicht wieder gestartet werden. Er wird über Pin D12 und D2 mit Spannung versorgt. Die Signalspannung liegt auf Pin D3.

**Raildrucksensor B23.** Er signalisiert dem Steuergerät den aktuellen Kraftstoffdruck im Rail. Wird ein zu kleiner bzw. ein zu großer Raildruck ermittelt, erkennt das Steuergerät einen Defekt im System und schaltet den Motor ab (Notaus). Die Signalspannung liegt auf Pin D14. Spannungsversorgung von Plus auf D13 und Masse auf D4.

**Raildruckregelventil Y16.** Es sorgt für den kennfeldgesteuerten Druck im Rail. Das PWM-Signal wird vom Steuergerät über Pin D31 und D21 aufgeschaltet.

**Injektoren Y15.1–Y15.4.** Sie sorgen dafür, dass die richtige Einspritzmenge zum richtigen Einspritzzeitpunkt eingespritzt wird. Sie werden vom Steuergerät jeweils über Pin E2 und Pin E3, E6, E7 und E8 angesteuert.

**Heißfilm-Luftmassenmesser B3.** Er misst die angesaugte Luftmasse. Mit diesem Wert wird vorrangig die AGR-Rate anhand eines Kennfeldes bestimmt. Spannung wird über Pin D34 und D1, D11 angelegt. Die Signalspannung liegt am Pin D24.

**Elektroabschaltventil Y14.** Es wird vom Steuergerät über Pin D26 und D36 geschaltet. Bei schwerwiegendem Systemfehler schließt das Ventil und die Kraftstoffversorgung wird unterbrochen (Notaus).

**Magnetventil für die Laderdruckregelung Y12.** Es ermöglicht über ein PWM-Signal des Steuergeräts eine stufenlose Regelung des Ladedrucks durch den VTG-Lader. Es wird über Pin C36 und C48 angesteuert.

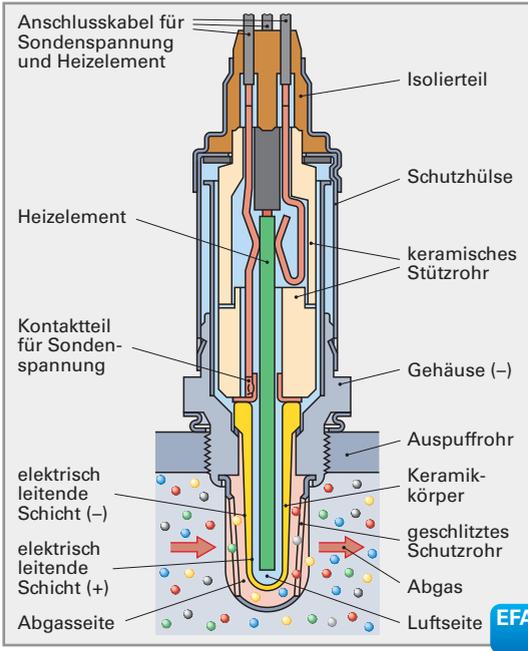


Bild 1: Aufbau der Spannungssprungssonde

**Wirkungsweise (Bild 2).** Der Keramikwerkstoff der  $\lambda$ -Sonde wird ab etwa 300 °C für Sauerstoffionen leitend. Durch den Sauerstoffanteil an der Luftseite und den verschiedenen großen Restsauerstoffanteilen an der Abgasseite der Sonde ergibt sich bei  $\lambda \approx 1$  ein Spannungssprung zwischen 100 mV (mageres Gemisch) und 800 mV (fettes Gemisch). Bei  $\lambda = 1$  beträgt die elektrische Spannung  $\approx 450$  mV... 500 mV. Die höchste Sondentemperatur soll 850 °C ... 900 °C nicht überschreiten.

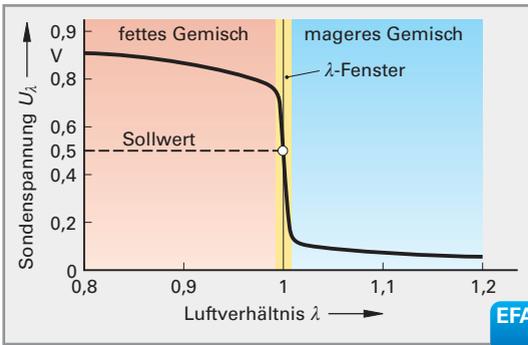


Bild 2: Kennlinie der Spannungssprungssonde in Abhängigkeit von  $\lambda$

**Regelfrequenz.** Sie ist bei intakter Sonde bei erhöhter Motorleerlaufdrehzahl ( $\approx 2000$  1/min) i.d.R. größer als 1 Hz. D.h. das Spannungssignal muss zwischen 0,1 Volt (mageres Gemisch) und 0,9 Volt (fettes Gemisch) mindestens ein mal in einer Sekunde pendeln.

**Widerstandssprungs-sonde (Bild 3).**

Der Keramikkörper der Sonde besteht aus Titandioxid, der mit porösen Platinelektroden beschichtet ist.

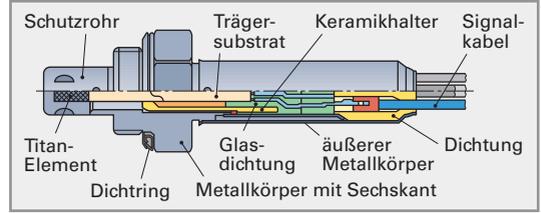


Bild 3: Titandioxidsonde

**Wirkungsweise (Bild 4).** Abhängig von der Sauerstoffkonzentration im Abgas und der Keramikkörpertemperatur ändert Titandioxid seine Leitfähigkeit. Bei magerem Gemisch ( $\lambda > 1$ ) ist das Titandioxid weniger leitfähig als bei fettem Gemisch ( $\lambda < 1$ ).

Bei der Titandioxidsonde ändert sich der Widerstandswert sprunghaft bei  $\lambda \approx 1$  zwischen 1 k $\Omega$  (fettes Gemisch) und 1 M $\Omega$  (mageres Gemisch).

Im Steuergerät wird ein Messwiderstand zum Sonderelement in Reihe geschaltet. Der Spannungsabfall am Messwiderstand ändert sich aufgrund der Widerstandsänderung des Titankeramikkörpers in Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration im Abgas zwischen 0,4 V (mageres Gemisch) und 3,9 V ... 5 V (fettes Gemisch). Im Gegensatz zur Zirkondioxidsonde ist eine Referenzluft nicht erforderlich. Die Regelfrequenz ist bei intakter Sonde größer als 1 Hz. Zwischen 600 °C...700 °C liegt die optimale Arbeitstemperatur. Zur Einhaltung dieser Temperatur ist eine regelbare Sondenheizung erforderlich. Ab 200 °C ist die Sonde betriebsbereit, wobei die Regelfrequenz für eine genaue Korrektur des Gemisches noch zu gering ist. Bei Temperaturen, die größer als 850 °C sind, kann die Sonde zerstört werden.

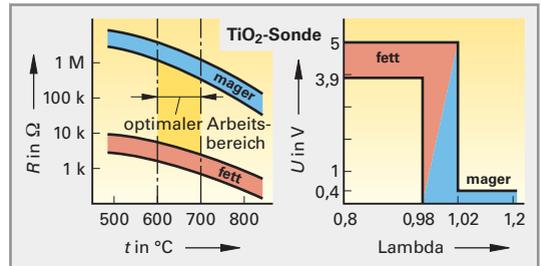


Bild 4: Kennlinien der Widerstandssprungs-sonde

**Breitbandlambdasonde**

Mit der Breitbandlambdasonde können  $\lambda$ -Werte größer  $> 0,7$  stufenlos gemessen werden. Sie eignet sich deshalb auch zur stetigen  $\lambda$ -Regelung für Ottomotoren mit Magerkonzept, Dieselmotoren und Gasmotoren.

**Regeneratives Bremsen.** Durch den Generator wird das Fahrzeug gebremst und die Batterien geladen. Ein integrierter Starter-Generator (**ISG**) wird während des Bremsvorganges als Generator betrieben.

Einige Hersteller verwenden einen Generator in herkömmlicher Anordnung, der mithilfe einer entsprechenden Regelung (**IGR: Intelligente Generator Regelung**) und oberhalb eines festgelegten Ladezustandes nur beim Bremsen bzw. im Schubbetrieb arbeitet. In Antriebsphasen wird der Generator nicht erregt. Somit wird in diesen Phasen keine Energie bzw. kein Kraftstoff benötigt, um elektrische Energie zu erzeugen.

Die Intelligente Generator Regelung definiert für die Batterie zwei Ladezustände (**SOC: State Of Charge**). Je nach Ladezustand der Batterie erfolgt der Regelvorgang auf unterschiedliche Weise (**Tabelle 1**).

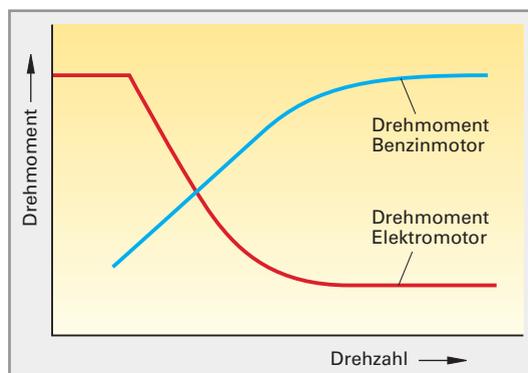
Tabelle 1: IGR-Regelvorgänge	
Batteriezustand	Regelvorgang
	Unterhalb des Ladezustandes SOC 1 wird die Batterie sowohl in Schub- bzw. Bremsphasen als auch in Antriebsphasen geladen.
	Befindet sich die Batterie zwischen dem Ladezustand SOC1 und SOC2 wird sie während der Schub- bzw. Bremsphase mit einer erhöhten Generatorspannung geladen. In der Antriebsphase stellt der Generator nur noch Energie für das Bordnetz zur Verfügung. Die Batterie wird nicht mehr geladen.
	Oberhalb SOC2 wird die Batterie während der Schub- und Bremsphasen geladen. In den Antriebsphasen wird der Generator völlig entlastet. Das Bordnetz des Fahrzeugs entnimmt die elektrische Energie ausschließlich der Batterie.
	Bei steigender Schubphasenzahl kann der Ladezustand der Batterie 100 % erreichen. Die Batterie wird in keiner Phase mehr geladen.

Aufgrund der notwendigen Zyklenfestigkeit werden in der Regel Batterien in AGM-Bauweise (Absorbierendes Glas Mat) bzw. Vlies-Technologie verwendet. Die Batterie verfügt zudem über eine größere Kapazität. Der Ladezustand der Batterie wird mithilfe eines Batteriesensors ständig überwacht. Der Sensor ist mit dem Motorsteuergerät und dem Generator vernetzt.

#### WERKSTATTHINWEISE

Bei einer Generatorprüfung muss die Intelligente Generator Regelung mithilfe eines Diagnosegerätes deaktiviert werden.

**Drehmomentunterstützung.** Das Drehmoment des Verbrennungsmotors kann in bestimmten Betriebszuständen, z.B. Anfahren oder Vollast, durch Elektromotoren unterstützt werden. Vor allem für das Anfahren sind die Elektromotoren gut geeignet, da sie bei geringer Drehzahl über ein großes Drehmoment verfügen (**Bild 1**).

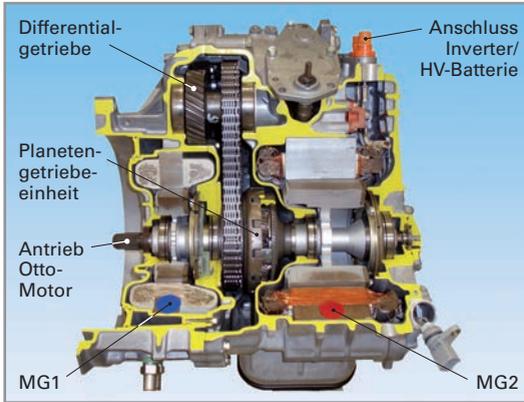


**Bild 1: Vergleich Elektro- und Benzinmotor**

Für eine wirksame Drehmomentunterstützung sind leistungsfähige Speichersysteme, z.B. Nickel-Hybrid- oder Lithium-Ionen-Akkumulatoren, notwendig. Die Systeme werden zudem mit einer höheren Spannung betrieben, damit die Stromstärke und damit die notwendigen Leitungsquerschnitte reduziert werden können. Mit dem höheren elektrischen Leistungspegel lässt sich auch der Betrag an rückgewinnbarer Bremsenergie erhöhen. Die integrierten Starter-Generatoren sind im Antriebsstrang verbaut. Der Mild-Hybrid unterstützt den Verbrennungsmotor im unteren Drehzahlbereich, während Medium-Hybride auch im höheren Drehzahlbereich arbeiten können.

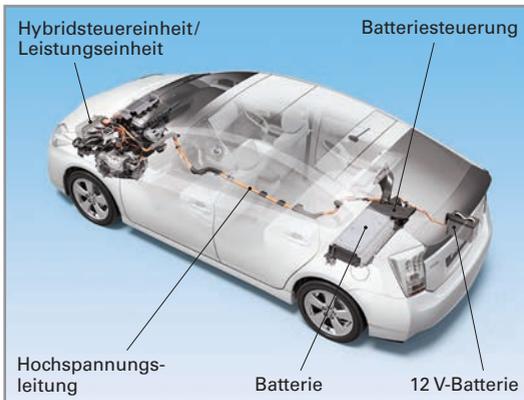
**Elektrisches Fahren.** Beim Fahren mit elektrischer Energie erfolgt der Antrieb ausschließlich durch einen oder mehrere Elektromotoren. Diese Funktion ist nur bei Voll-Hybrid-Antrieben bis zu einer Geschwindigkeit von ca. 50 km/h möglich.

**Aufbau der Antriebseinheit.** Sie besteht aus den Motorgeneratoren MG1 und MG2, der Planetengetriebeeinheit und dem Differentialgetriebe (Bild 1). Sie verfügt außerdem über einen Anschluss an den Inverter bzw. die Batterie.



**Bild 1: Aufbau der Antriebseinheit**

Die Antriebseinheit wird mit einer Spannung von 200 bis 300 Volt durch die Batterie versorgt. Der Inverter wandelt den Wechselstrom in Gleichstrom um. Die Elektromotoren sind mit dem Inverter mit einer Hochspannungsleitung verbunden. Die Hochvolt-Batterie befindet sich im Heck des Fahrzeugs (Bild 2).



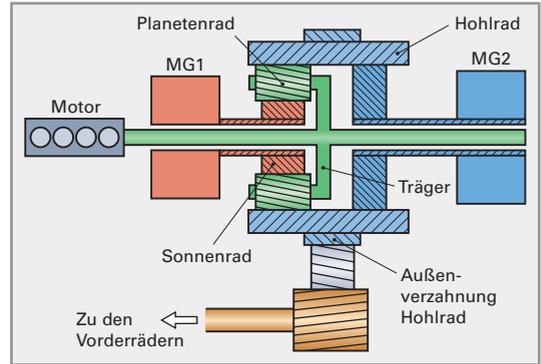
**Bild 2: Komponenten des Hybridantriebs**

### Wirkungsweise

Der Verbrennungsmotor und die beiden Motorgeneratoren MG1 und MG2 sind über ein Planetengetriebe miteinander gekoppelt.

Kopplungen zwischen Antrieb und Planetengetriebe (Bild 3):

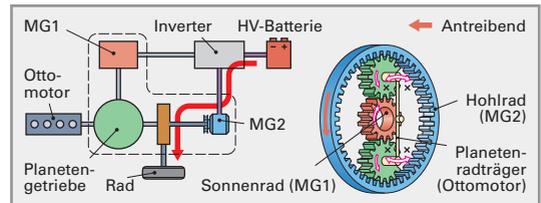
- MG1 → Sonnenrad
- MG2 → Hohlrاد mit Antriebskette
- Verbrennungsmotor → Planetenradträger



**Bild 3: Planetengetriebe**

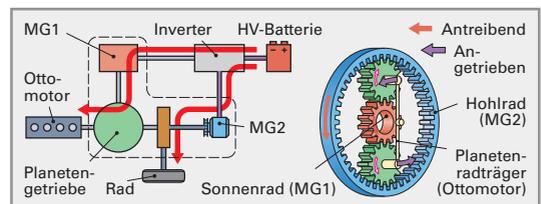
Das Steuergerät erkennt über den Fahrpedalsensor den Fahrwunsch des Fahrers. Weiterhin erhält es Informationen über die Fahrgeschwindigkeit und die Schaltposition. Anhand dieser Informationen steuert es die Energieflüsse und Antriebskräfte.

**Anfahren (Bild 4).** Wenn das Fahrzeug anfährt, erfolgt der Antrieb ausschließlich durch MG2. Der Ottomotor bleibt abgeschaltet und MG1 dreht sich in entgegengesetzte Richtung, ohne elektrische Energie zu erzeugen.



**Bild 4: Anfahren**

**Anlassen des Ottomotors (Bild 5).** Wenn ein zum Fahren höheres Drehmoment benötigt wird, startet MG1 den Verbrennungsmotor als zusätzlichen Antrieb. Der Verbrennungsmotor wird ebenfalls gestartet, wenn das Batteriemangement einen geringen Ladezustand der Batterie erkennt oder die Batterietemperatur vom vorgeschriebenen Niveau abweicht.



**Bild 5: Anlassen des Ottomotors**

Nachdem der Ottomotor angelassen wurde, betreibt dieser MG1 als Generator. MG1 lädt über den Inverter die Hochvolt-Batterie.

Bei Abstellen des Hybrid-Systems oder bei einem Unfall wird die Verbindung durch das Steuergerät plus- und masseseitig unterbrochen.

**WERKSTATTHINWEIS**

Die Relais bzw. Schütze im Akkumulatorensystem sind sicherheitsrelevante Bauteile. Sie dürfen nicht aus dem Relaisblock entfernt werden.

Durch Abziehen des Service-Steckers muss das System z.B. im Rahmen einer Wartung oder Reparatur spannungsfrei geschaltet werden.

Weitere Hinweise des Herstellers zur Herstellung der Spannungsfreiheit sind zu beachten!

**Lithium-Ionen-Akkumulator (Li-Ionen)**

**Aufbau.** Die Elektrode des Pluspols besteht aus Aluminium und ist mit einer Schicht aus Metalloxiden überzogen (z.B. Kobalt). Die Elektrode des Minuspols ist mit einer Grafitsschicht überzogen. In den Schichten der Elektroden wird das Lithium eingelagert.

An der positiven Elektrode entsteht dann z.B. Lithium-Cobalt-Dioxid ( $\text{LiCoO}_2$ ) und an der negativen Lithium-Graphit.

Der Elektrolyt ist wasserfrei und besteht in der Regel aus Alkohol-Carbonaten mit Lithiumhexafluorphosphat ( $\text{LiPF}_6$ ). Zwischen den Elektroden befindet sich ein Separator aus Polymeren oder Keramik (**Bild 1**).

**Akkumulator geladen:**

Die Lithium-Atome befinden sich an der negativen Elektrode.

**Entladevorgang:**

Die Lithium-Atome geben Elektronen ab. Die Elektronen bewegen sich durch den Verbraucherstromkreis zum Pluspol. Die positiv geladenen Lithium-Ionen bewegen sich durch den Elektrolyten zur positiven Elektrode und lagern sich dort ein. Die Elektronen werden durch sog. Übergangsmetallionen aufgenommen.

**Akkumulator entladen:**

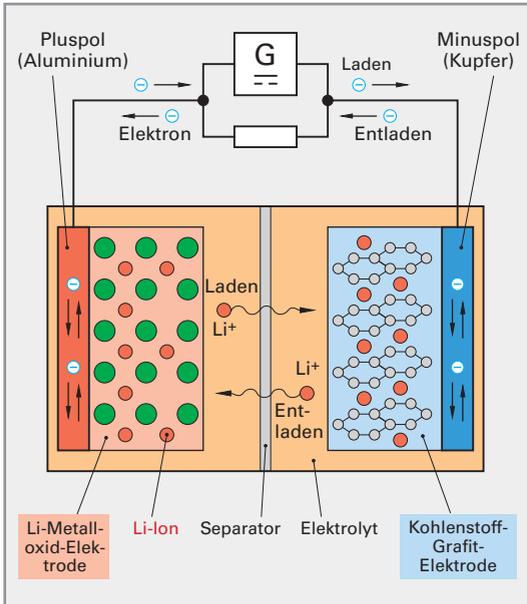
Die Lithium-Ionen befinden sich an der positiven Elektrode. Die Elektronen sind in den Übergangsmetallionen gebunden.

**Ladevorgang:**

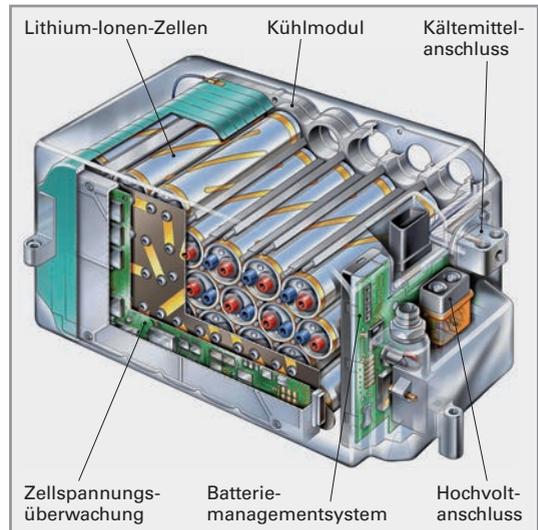
Die Elektronen trennen sich von den Übergangsmetallionen und bewegen sich durch den Elektrolyten zur negativen Elektrode. Elektronen und Lithium-Ionen verbinden sich und werden zu Lithium-Atomen.

Aufgrund der hohen Energie- und Leistungsdichte der Lithium-Ionen-Akkumulatoren können mechanische Beschädigungen zu Brand oder Explosion führen.

In **Bild 2** ist der Aufbau eines Lithium-Ionen-Akkumulators dargestellt.



**Bild 1: Lithium-Ionen-Akkumulator**



**Bild 2: Aufbau des Lithium-Ionen-Akkumulators**

**Sicherheitshinweis:**

Beim Kontakt des Elektrolyten Lithiumhexafluorophosphat ( $\text{LiPF}_6$ ) eines Lithium-Ionen-Akkumulators mit Wasser entsteht Fluorwasserstoffsäure (HF). Diese auch als Flusssäure bezeichnete Flüssigkeit ist ein starkes Kontaktgift.

**Brände von Lithium-Ionen-Akkumulatoren dürfen nicht mit Wasser gelöscht werden!**

**Lithium-Polymer-Akkumulatoren.** Sie stellen eine Ausführung des Lithium-Ionen-Akkus dar.

Wie beim Lithium-Ionen-Akku besteht die negative Elektrode aus Graphit, die Positive aus Lithium-Metalloxid. Jedoch enthalten Lithium-Polymer-Akkus keinen flüssigen Elektrolyten. Der Elektrolyt ist auf Polymerbasis hergestellt und liegt als feste bis gelartige Folie vor. Alle Komponenten des Akkumulators (Stromzuführung, negative Elektrode, Elektrolyt, positive Elektrode) lassen sich als Schichtfolien mit einer Dicke von weniger als 100 Mikrometern herstellen. Die Bauform der Lithium-Polymer-Akkus unterliegt dadurch kaum Beschränkungen.

**Ladevorgang und Arbeitsbereich**

Der Ladezustand der einzelnen Zellen ist im Betrieb unterschiedlich. NiMH-Akkumulatoren werden deshalb mit einer geringen Stromstärke und unterhalb der Gasungsgrenze überladen. Volle Zellen wandeln die überschüssige Ladung in Wärme um. Nach der gezielten Überladung haben alle Zellen wieder den gleichen Ladezustand.

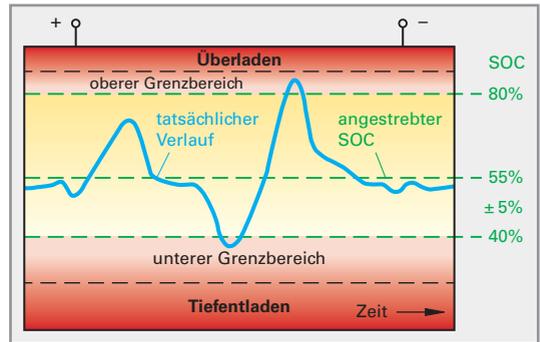
Akkumulatoren in Li-Ionen-Technik werden bei Überladung zerstört. Deshalb überwacht das Batterie-Management jede einzelne Zelle und besitzt für jede Zelle eine zuschaltbare Entlademöglichkeit. Damit können alle Zellen auf den gleichen Ladezustand (SOC/state of charge) gebracht werden.

Der optimale Arbeitsbereich der Akkumulatoren befindet sich in einem SOC-Fenster von 50–80 % (Bild 1).

Das Batteriemangement 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 Batteriemangement den Ladevorgang ab.

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



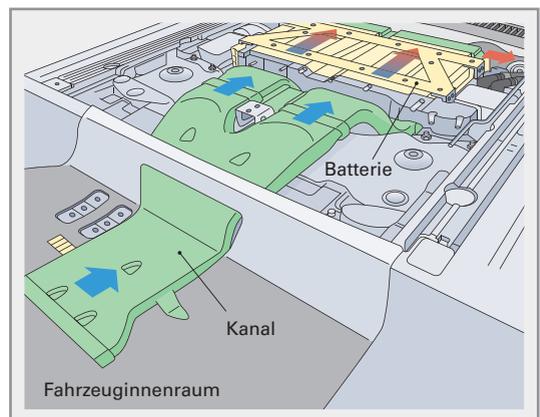
**Bild 1: Verlauf des Ladezustandes**

**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 2).



**Bild 2: Gebläsekühlung der Akkumulatoren**

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

### 15.4.5 Leistungselektronik

Die Leistungselektronik im Hybrid-Fahrzeug (Bild 1) 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 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 Schiebebetrieb 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.

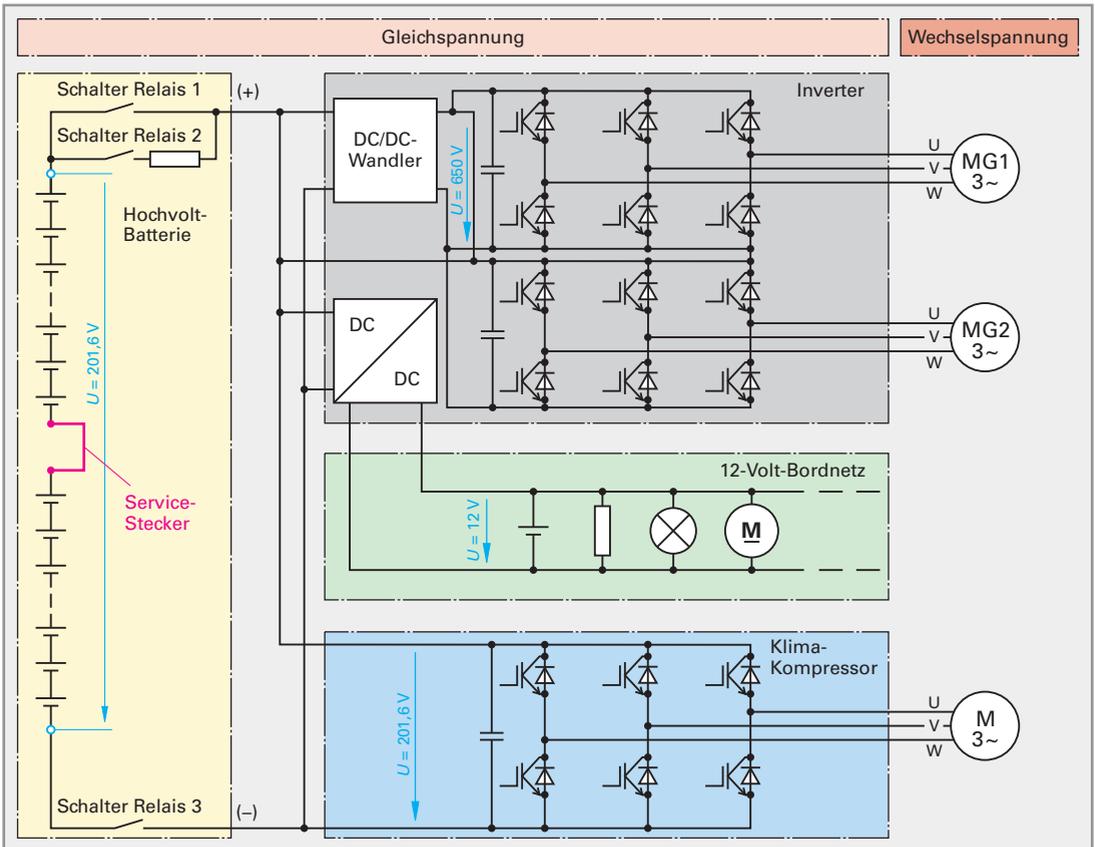
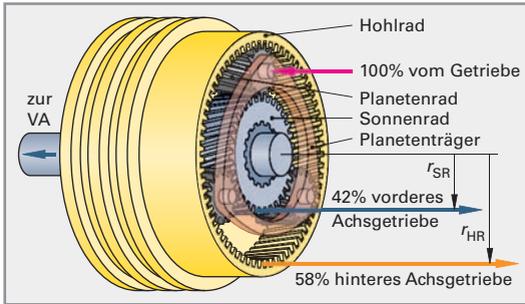


Bild 1: Leistungselektronik (Leistungsverzweiger Hybrid-Antrieb)

**Funktionsweise.** Der angetriebene Planetenradträger überträgt über die Planetenräder das Drehmoment in einem festen Drehmomentverhältnis über das Sonnenrad mit z.B. 42 % zur Vorderachse und über das Hohlrad mit 58 % zur Hinterachse. Die ungleiche Drehmomentverteilung erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Hebelarme von Sonnenrad und Hohlrad (**Bild 1**).

**Sperrung.** Drehen z.B. die Räder einer Antriebsachse durch, so werden die Reiblamellen durch die wirkende Antriebskraft lastabhängig angepresst. Der Antriebsstrang ist somit längs gesperrt.



**Bild 1: Drehmomentverteilung durch Planetengetriebe**

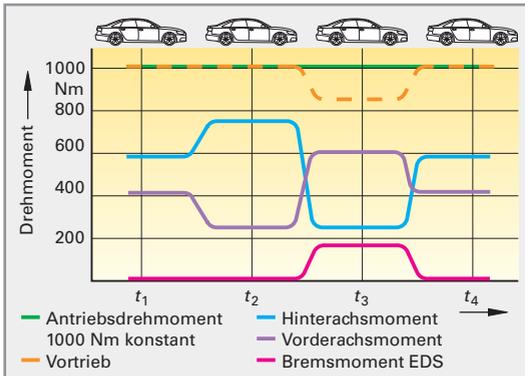
**Dynamische Drehmomentverteilung**

Im **Bild 2** wird dargestellt, wie das Drehmoment bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen verteilt wird. In  $t_1$  erhält die HA 58 % und die VA 42 %.

**Vorderachse schlechte Bodenhaftung ( $t_2$ ).** Verlieren die Räder der VA an Traktionsvermögen (ca. 180 Nm), so steigt durch die Sperrwirkung des Differenzials das Vortriebsmoment an der Hinterachse um den gleichen Betrag (180 Nm) auf 760 Nm.

**Verminderte Traktion aller Antriebsräder.** HA hat schlechtere Bodenhaftung ( $t_3$ ). Das gesamte Vortriebsmoment sinkt durch den unterstützenden EDS-Bremseneingriff um 180 Nm auf 820 Nm. Durch die Sperrwirkung und den Bremseneingriff erhält die VA 600 Nm, die HA 220 Nm Vortriebsmoment.

Haben die Räder wieder gute Haftung ( $t_4$ ), erhalten die Hinterräder 580 Nm und die Vorderräder 420 Nm.



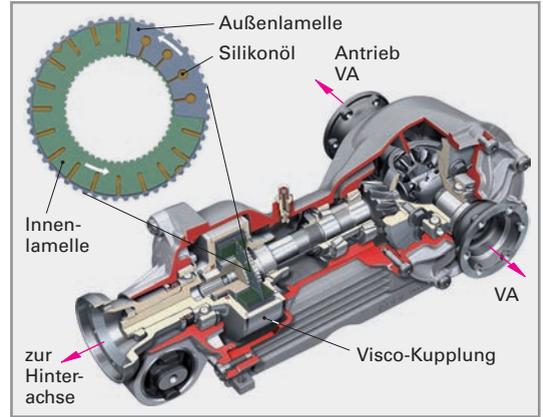
**Bild 2: Dynamische Drehmomentverteilung**

**Visco-Kupplung (Bild 3)**

Sie gleicht unterschiedliche Achsgetriebedrehzahlen aus und wirkt als traktionsabhängige Sperrung.

**Aufbau (Bild 3).** Die Visco-Kupplung besteht aus

- dem mit Siliconöl befülltem Gehäuse
- gelochten außenverzahnten Stahllamellen und
- geschlitzten innenverzahnten Stahllamellen.



**Bild 3: Visco-Kupplung**

**Funktionsweise.** Der Antrieb erfolgt bei dieser Ausführung grundsätzlich über die Hinterachse. Bei normaler Bodenhaftung der Räder der Hinterachse (Räder drehen nicht durch) wird durch die Hinterachse das Antriebsmoment vollständig auf die Straße übertragen. Tritt an den hinteren Antriebsrädern Schlupf auf, verdrehen sich die Lamellen gegeneinander. Das Silikonöl wird abgeschert, Druck, Temperatur und Abscherkräfte im Silikonöl steigen. Diese Visco-Kupplung sperrt bei großen Drehzahldifferenzen zur Vorderachse (>100 1/min) mit einem Sperrwert von bis zu 30 %. Dabei wird ein Teil der Antriebskraft von der Hinterachse über die innenverzahnten Lamellen auf die außenverzahnten Lamellen von der Nabe zum Triebtrieb des vorderen Achsgetriebes übertragen. Diese Viscokupplung ist so ausgelegt, dass bei geringen Drehzahldifferenzen keine Sperrwirkung auftritt. Deshalb werden ABS-Regeleingriffe nicht beeinflusst und es ist ein Drehzahlausgleich zwischen den Achsen bei Kurvenfahrt möglich. Auf ein Längsdifferenzial kann verzichtet werden.

**Torsen-Differenzial.** Es ist z.B. im Wechselgetriebe integriert. Je nach Bauausführung kann das Antriebsmoment

- zu gleichen Teilen an die Antriebsräder der Vorderachse (50 %) und Hinterachse (50 %) oder
- zu ungleichen Teilen an die Vorderräder (40 %) und Hinterräder 60 % verteilt werden.

## 18.4.4 Überlagerungslenkungen

Bei diesen Lenksystemen sind fahrerunabhängige Lenkeingriffe z.B. in Gefahrensituationen möglich. Das System vergrößert oder verkleinert den Lenkeinschlag je nach Fahrzustand selbsttätig.

Es werden zwei Bauarten unterschieden. Bei beiden Systemen erfolgt die Lenkunterstützung mithilfe einer elektrohydraulischen Lenkung.

**Aufgaben.** Folgende Aufgaben werden durch Überlagerungslenkungen realisiert:

- Variable Lenkübersetzung
- aktive Fahrzeugstabilisierung durch Lenkeingriff

### 18.4.4.1 Überlagerungslenkung mit Planetengetriebe (Aktivlenkung)

**Aufbau (Bild 1).** Sie besteht aus:

- Zahnstangen-Hydraulenkung (Servotronic)
- Differenzwinkleinheit mit Planetengetriebe
- Stellmotor mit Motorwinkelsensor
- Lenkradwinkelsensor
- Ritzelwinkelsensor
- Steuergerät

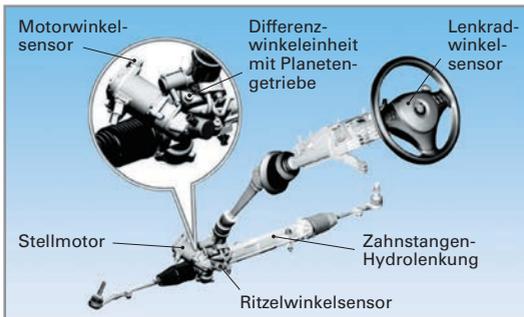


Bild 1: Aufbau Aktivlenkung

**Zahnstangen Hydraulenkung.** Als Basislenkung wird die Servotronic verwendet. Bei dieser Lenkung sind bei niedrigen Geschwindigkeiten geringe Lenkkräfte erforderlich. Bei hohen Geschwindigkeiten nimmt die Betätigungskraft am Lenkrad zu.

**Differenzwinkleinheit (Bild 2).** Sie besteht aus dem Lenkventil, dem Stellmotor mit Schneckenrad und der Zahnstangenlenkung. Zwischen Lenkventil und Zahnstangenlenkung ist ein Planetenradgetriebe verbaut.

**Planetenradgetriebe (Bild 2, rechts).** Dieses besteht aus einem Hohlrad mit einer zusätzlichen Außenverzahnung, zwei Planetenradträgern und jeweils drei Stufenplanetenrädern. Die Stufenplaneten dienen als mechanische Verbindung zwischen dem oberen und dem unteren Sonnenrad. Das obere Sonnenrad ist mit der Welle des Drehschieberventils verbun-

den. Das untere Sonnenrad ist mit dem Ritzel der Zahnstangenwelle verbunden.

**Stellmotor mit Motorwinkelsensor.** Der Stellmotor erzeugt die Drehbewegung. Ein Motorwinkelsensor erfasst die Drehrichtung, Drehzahl und die Dauer der Motorbewegung.

**Lenkradwinkelsensor.** Er erfasst den Lenkradwinkel und überträgt diesen an das Steuergerät.

**Ritzelwinkelsensor (Summenlenkwinkelsensor).** Er erfasst die Summe aus Lenkradwinkel und Motorwinkel und gibt somit den tatsächlichen Radeinschlag bzw. Lenkwinkel an das Steuergerät.

**Funktionsweise.** Bei unbestromten Elektromotor wird das Hohlrad festgehalten. Durch Lenkeinschlag werden über das Verdrehen des Drehschieberventils (oberes Sonnenrad) die Stufenplaneten verdreht. Diese übertragen gestützt durch den Planetenradträger die Lenkkraft und das Lenkmoment auf das untere Sonnenrad. Dadurch wird eine mechanische Verbindung über das obere Sonnenrad, Planetenradträger und unteres Sonnenrad ermöglicht. Die Lenkspindel ist somit mechanisch mit dem Lenkritzel verbunden.

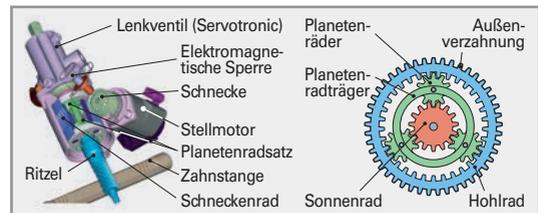


Bild 2: Differenzwinkleinheit

### Niedrige Geschwindigkeit: Kleiner Lenkeinschlag soll großen Lenkwinkel ermöglichen

Das Schneckenrad wird durch den Elektromotor in gleicher Richtung zur Lenkraddrehrichtung verdreht. Dies führt zu einem Umkreisen der Stufenplanetenräder um die beiden Sonnenräder. Durch die Zähnedifferenz der Stufenplanetenräder entsteht eine geringe Drehbewegung der Sonnenräder zueinander. Das Lenkritzel wird somit mehr verschoben. Dies ergibt einen zusätzlichen Winkel (Motorwinkel) zum gewählten Drehwinkel am Lenkrad.

### Hohe Geschwindigkeit: Kleiner Lenkeinschlag soll kleineren Lenkwinkel ermöglichen

Der Elektromotor wird so bestromt, dass er das Schneckenrad in entgegengesetzter Richtung zur Lenkraddrehrichtung verdreht. Dadurch wird der Drehbewegung des Fahrers am Lenkrad über das Planetengetriebe entgegengewirkt. Somit wird die Zahnstange weniger verschoben als vom Fahrer vorgegeben.

Die Auswirkungen vom Lenkwinkel auf die Drehrichtung des Stellmotors, den Einschlagwinkel der Räder, dem Lenkaufwand und der Lenkübersetzung sind in **Tabelle 1, S. 486** dargestellt.

## 18.6 Fahrwerksvermessung

Bei der Fahrwerksvermessung werden die Radeinstellgrößen von Kraftfahrzeugen elektronisch im 2D- oder 3D-Verfahren erfasst. Ein PC mit einer Vermessungssoftware erfasst Ist-Werte und vergleicht diese mit vom Hersteller vorgegebenen Sollwerten.

**Aufbau.** Eine Achsmesseinrichtung (Bild 1) besteht aus folgenden Bauteilen:

- Mobiler Achsmesscomputer mit Bildschirm, aufgespielter Vermessungssoftware, Maus und Tastatur zur Bedienung.
- Vier Spanneinheiten zur Aufnahme der Messwertnehmer oder 4 Messtafeln an den Rädern.
- 4 Messwertnehmer zum Erfassen der Radeinstellgrößen.
- 2 Drehuntersätze für Vorderräder zum leichten Verdrehen der gelenkten Räder.
- 2 Schiebepplatten zum leichten Verschieben der Hinterräder.

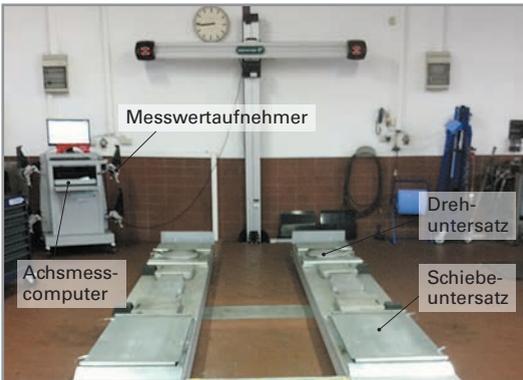


Bild 1: Achsmesseinrichtung

- Bremsenspanner zum Arretieren der Bremsen.
- Lenkradfeststeller zum Arretieren des Lenkrades.
- Lenkradwaage zum Einstellen der Lenkradposition (Bild 2)



Bild 2: Lenkrad-, Bremspedalfeststeller und Waage

**Messgrößen.** Folgende Fahrwerksdaten können mit dem Achsmesscomputer ermittelt werden:

- **An der Vorderachse:** Einzel- und Gesamtpur, Sturz, Radversatz, Nachlauf, Spreizung und Spurdifferenzwinkel, maximaler Einschlagwinkel.
- **An der Hinterachse:** Einzel- und Gesamtpur, Fahrachswinkel, Sturz.
- **Am Fahrwerk:** Radversatz hinten, Radstandsdimension, Seitenversatz rechts und links, Spurweitedifferenz, Achsversatz.

**Messverfahren.** Alle Messgrößen werden über die Messung der Eckwinkel (Bild 3) ermittelt. Ist kein Fehler vorhanden, sind alle Eckwinkel 90°. Im Bild sind zwei mögliche Fehler am Fahrwerk dargestellt.

**Spurweite.** Sie wird von den Messwertnehmern durch die Messung der Winkelabweichung (Bild 1 Seite 493) ermittelt.

**Sturzwerte.** Sie werden durch die Winkelabweichung zur Senkrechten im Messwertnehmer gemessen und dem Computer digital übertragen.

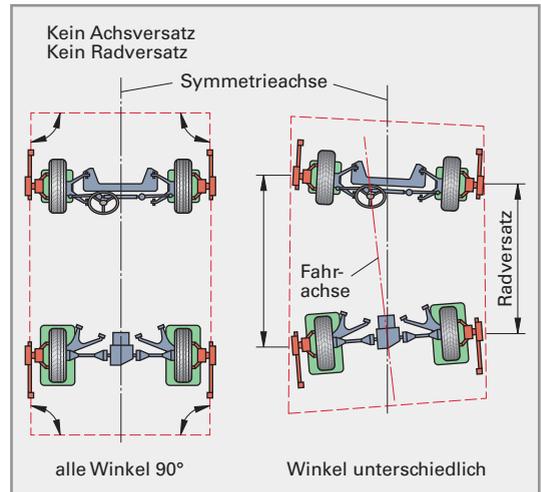


Bild 3: Messverfahren, Fehlermöglichkeiten Fahrwerk

Eine Achsvermessung kann nur auf ebenen Flächen besser auf Hebebühnen oder über Arbeitsgruben vorgenommen werden. Mit dieser Achsmesseinrichtung kann das Fahrwerk und die Achsgeometrie eines Fahrzeugs sehr genau überprüft und eingestellt werden. Die einzelnen Messgrößen können mit einer Genauigkeit von  $\pm 5'$  bis  $\pm 10'$  ermittelt werden. Hierzu müssen die Messeinrichtungen wie z.B. Dreh- und Schiebepulten auf einer horizontalen Ebene liegen. Ebenfalls müssen die Radaufstandsflächen des Messplatzes waagrecht sein. Es sind Höhenabweichungen in der Diagonalen von maximal 1 mm ... 2 mm zulässig.

### 19.1.17.8 Integrierte Schaltungen

Durch die Planartechnik ist es möglich, alle Komponenten einer Schaltung (Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, Thyristoren) einschließlich der leitenden Verbindungen in einem gemeinsamen Fertigungsprozess auf einem einzigen (monolithischen)<sup>1)</sup> Siliciumplättchen (Chip)<sup>2)</sup> herzustellen.

Dabei werden einzelne integrierte Schaltkreise, sogenannte ICs<sup>3)</sup> (Integrated Circuits), zu monolithisch integrierten Schaltungen zusammengefasst (Bild 1).

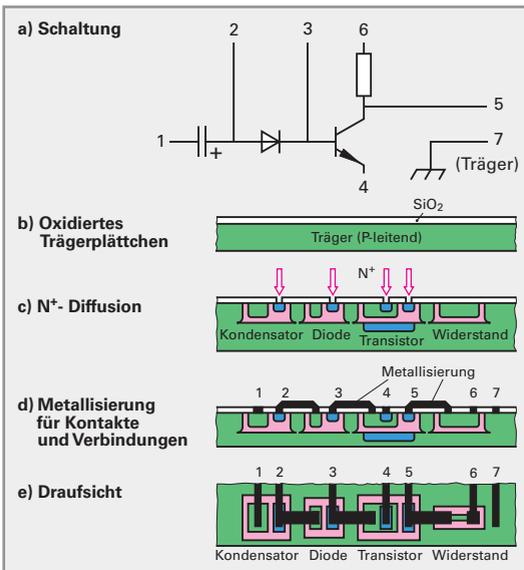


Bild 1: Beispiel einer integrierten Schaltung in Monolithiktechnik (Auswahl von Fertigungsstufen)

Da man in einem IC keine „selbstständigen“ Bauelemente mehr hat (Bauelemente haben äußere Anschlüsse), spricht man von Schaltelementen oder Funktionselementen.

**Planartechnik.** Man versteht darunter ein Verfahren in der Halbleitertechnik zur Herstellung von Halbleiterbauelementen und Chips. Dabei werden in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen jeweils voneinander isolierte Schichten, die die Bauelemente nebst Verbindungsleitungen und Anschlüssen enthalten, aufgebracht. Dies kann durch Siebdruck in Dickschichttechnik oder durch Aufdampfen in Dünnschichttechnik erfolgen. So können in einem Chip mehr als 100 000 aktive Funktionen (z.B. Transistoren, Dioden) und passive Funktionen (z.B. Widerstände, Kondensatoren) enthalten sein.

<sup>1)</sup> monolithisch (griech.) = aus einem Stein

<sup>2)</sup> Chip (engl.) = Marke, Stein

<sup>3)</sup> Integrated Circuits (engl.) = integrierte Schaltkreise

**Hybridschaltungen.** Sie sind eine Kombination von integrierten Schaltkreisen und Einzelbauteilen (Bild 2). Diese werden auf einer Trägerplatte durch Stecken, Löten oder andere Verfahren miteinander verbunden. Dadurch lassen sich gezielt Schaltungen mit speziellen Eigenschaften, z.B. für Steuergeräte, herstellen.

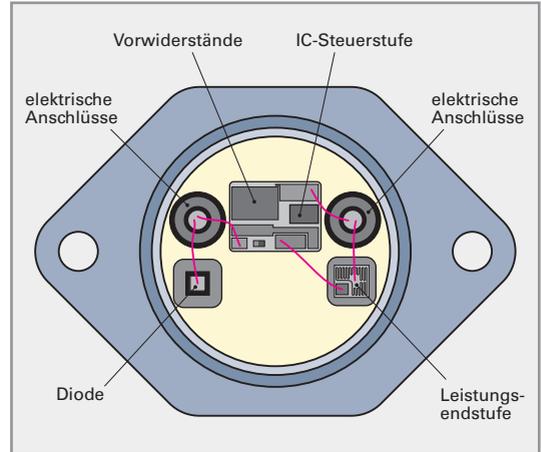


Bild 2: Generatorregler in Hybridtechnik

#### WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- 1 Welche Ladungsträger besitzen N-Leiter bzw. P-Leiter?
- 2 Wie muss man einen PN-Übergang polen, damit ein Durchlassstrom fließt?
- 3 Was versteht man unter der Schleusenspannung?
- 4 Welcher Teil der Kennlinie einer Z-Diode wird für die Spannungsstabilisierung ausgenutzt?
- 5 Was versteht man unter einer Einpolsschaltung?
- 6 Wie ist ein NPN-Transistor aufgebaut?
- 7 Wie heißen die Elektrodenanschlüsse eines Transistors?
- 8 Wie muss ein NPN-Transistor gepolt sein, damit er leitend ist?
- 9 Wie verhält sich ein Heißleiter bei Erwärmung?
- 10 Wie ändert sich der Widerstand eines Varistors bei zunehmender Spannung?
- 11 Wie verhält sich ein LDR-Widerstand beim Auftreffen von Licht?
- 12 Was versteht man unter einer LED?
- 13 Welche Aufgaben haben optoelektronische Koppler?
- 14 Wie sind Hybridschaltungen aufgebaut?

**Aufbau der elektromotorischen Zentralverriegelung (Bild 1).** Sie besteht aus:

- Bedienstellen für Zentralverriegelung
- Zentral-, Tür- und Gepäckraumsteuergeräten
- Stellelementen mit Schließeinheit, Motor und Mikroschaltern

**Bedienstellen.** Die Zentralverriegelung kann über die Funkfernbedienung, einen Verriegelungstaster im Innenraum (Bedieneinheit) und den Schließzylinder in der Fahrertür bedient werden. Bei der Betätigung über die Fernbedienung wird der Schließbefehl über das Steuergerät für Zugangsberechtigung an das Zentralsteuergerät weiter gegeben.

**Kommunikation.** Das Zentralsteuergerät ist mit den Türsteuergeräten über einen Datenbus (z.B. CAN, LIN) verbunden (Bild 1).

**Stellelement.** Es betätigt elektromotorisch die Verriegelung und Entriegelung der Schließeinheit. Durch die Änderung der Polung wird die Drehrichtung des Motors festgelegt. Damit wird ver- oder entriegelt. Im Stellelement sind fünf Mikroschalter verbaut (Bild 1):

- zwei ermitteln den Verriegelungszustand,
- zwei ermitteln die Schlüsselstellung im Schloss
- einer ermittelt die Türstellung „offen/geschlossen“.

**Doppelverriegelung.** Sie ist eine zusätzliche Sicherung gegen gewaltsames Öffnen. Die Aktivierung der Doppelverriegelung erfolgt z.B. durch Mehrfachdrücken der Verriegelungstaste auf der Fernbedienung oder durch Auf-/Zuschließen mit dem Schlüssel. Hierzu fährt entweder der Stellmotor den Verriegelungsstift in eine Übertotpunktlage oder ein zweiter Stellmotor entkoppelt die Verbindung zwischen Verriegelungsstift und Schloss (Bild 2). In beiden Fällen kann die Entriegelung nur elektrisch erfolgen. Im Fahrzeug befindliche Personen können ohne Schlüssel die Türen nicht mehr öffnen.

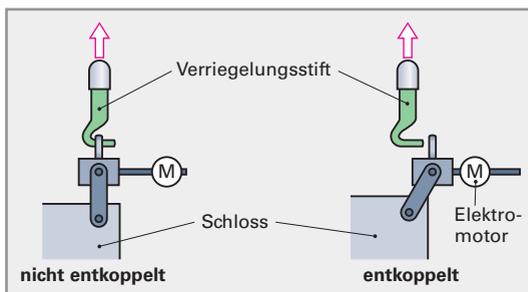


Bild 2: Entkopplung als Doppelverriegelung

**Komfortschließung.** Durch längere Betätigung der Zentralverriegelung können alle Fenster und das Schiebedach geschlossen werden.

**Automatische Verriegelung/Entriegelung.** Das Fahrzeug wird zentral verriegelt, sobald es mit einer Geschwindigkeit von z.B. über 4 km/h fährt und automatisch entriegelt, wenn z.B. die Zündung auf Stellung 0 geschaltet wird.

**Crash-Entriegelung.** Wenn der Crash-Sensor einen Unfall feststellt entriegelt die Zentralverriegelung alle Türschlösser automatisch.

**Selektive Entriegelung.** Es wird zunächst nur die Fahrertür entriegelt. Zur Entriegelung der Beifahrertür und der Heckklappe oder des Kofferraumdeckels ist der Entriegelungsbefehl zu wiederholen. Dieser Modus kann z.B. durch eine Tastenkombination an der Fernbedienung ein- und ausgeschaltet werden.

**Türsteuergerät.** Neben der Türverriegelung ist es z.B. für die Steuerung der Fensterheber sowie das Einklappen, die Verstellung und Beheizung der Außenspiegel zuständig. Die Türsteuergeräte bilden mit dem Fensterhebermotor oftmals eine Baueinheit (Bild 1) und sind eigendiagnosefähig.

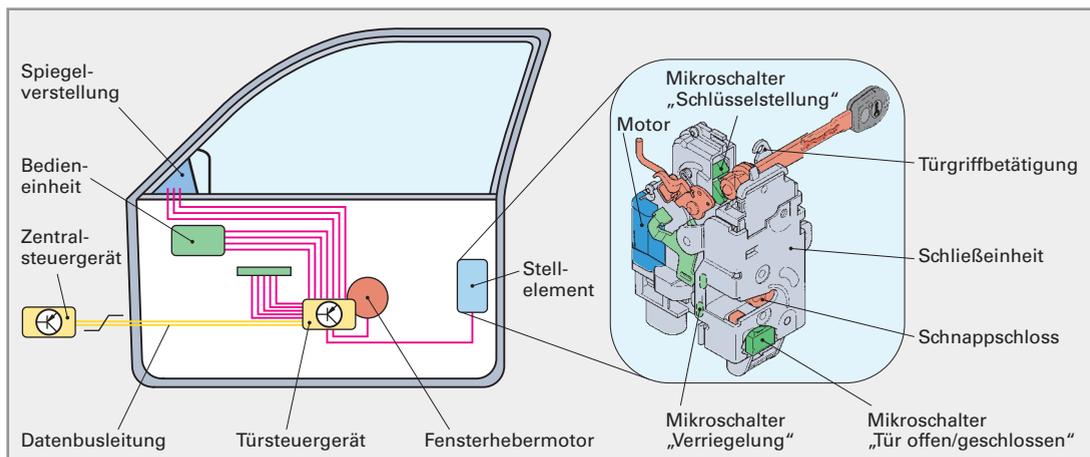


Bild 1: Elektromotorische Zentralverriegelung

## 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 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 Wegfahrsperrung 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.

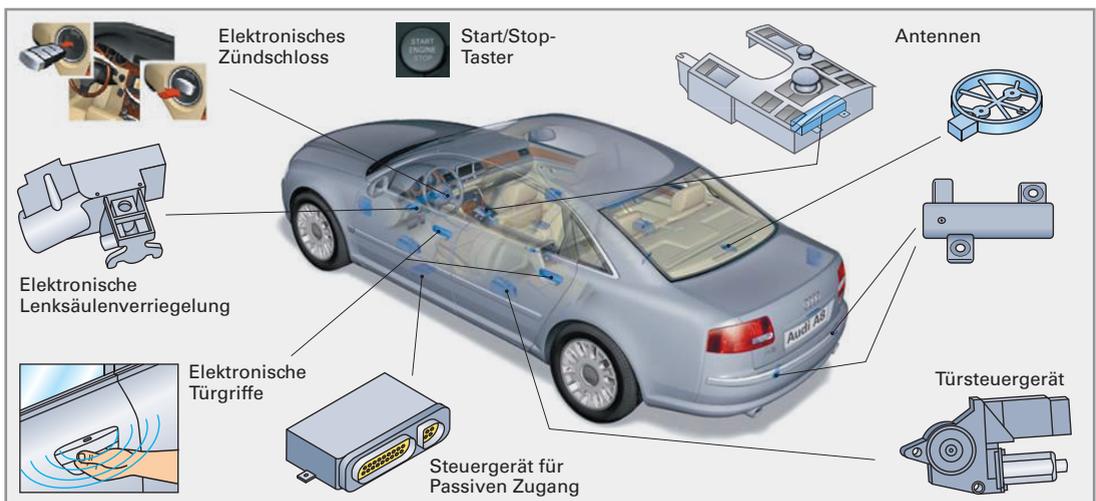


Bild 1: Systemübersicht Passiver Zugang