



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Kraftfahrzeugtechnik

# Fachkunde Land- und Baumaschinen- technik

**3. Auflage**

Bearbeitet von Berufsschullehrern, Diplom-Ingenieuren und Meistern

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

**Europa-Nr.: 20079**

Autoren der Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik:

Fehr, Andreas	Dipl.-Gwl., Studienrat	Breisach
Fleischlin, Stefan	Eidg. Dipl., Berufsfachschullehrer	Sempach, Schweiz
Friese-Tapmeyer, Joachim	Oberstudienrat a.D.	Hildesheim
Friske, Richard	Oberstudienrat	Hannover
Ganzmann, Herbert	Dipl.-Ingenieur	Häusern im Südschwarzwald
Huber, Georg	Fachlehrer	Klosterbeuren
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor a.D.	München
Petersen, Malte	Oberstudienrat	Jübek
Sabelhaus, Dennis	Dr.-Ing.	Luhden
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a.D.	Berghülen

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:

Alois Wimmer, Berghülen

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Alle Angaben in diesem Buch erfolgten nach dem Stand der Technik. Alle Prüf-, Mess- oder Instandsetzungsarbeiten an einem konkreten Fahrzeug müssen nach Herstellervorschriften erfolgen. Das Nachvollziehen der beschriebenen Arbeiten erfolgt auf eigene Gefahr. Haftungsansprüche gegen die Autoren oder den Verlag sind ausgeschlossen.

Österreichische Normen, Gesetze und Verordnungen sind im Footer auf [www.fs-fachbuch.at](http://www.fs-fachbuch.at) verlinkt.

3. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-2366-3

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

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt-Lechenich

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Liebherr-International Deutschland GmbH, Biberach, und CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

## Vorwort zur 3. Auflage

Die Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik soll den Auszubildenden des Land- und Baumaschinenwesens 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.

Dieses Standardwerk der Land- und Baumaschinentechnik ist in 28 Kapitel unterteilt. In ihrer Zielsetzung sind die gewählten Lerninhalte auf das Berufsbild der Mechatronikerin/des Mechatronikers für Land- und Baumaschinentechnik ausgerichtet.

Den Gesell/-innen, Meister/-innen und Techniker/-innen des Land- und Baumaschinenhandwerks sowie den Studierenden der Land- und Baumaschinentechnik soll das Buch als Nachschlagewerk, zur Informationsbeschaffung und zur Ergänzung der fachlichen Kenntnisse dienen. Allen an der Land- und Baumaschinentechnik Interessierten soll das Werk eine Erweiterung des Fachwissens durch Selbststudium ermöglichen.

Schwerpunkte bilden neben dem Umweltschutz, der Fertigungstechnik und der Werkstofftechnik, die Grundlagen der Hydraulik, die Motorentechnik für mobile Arbeitsmaschinen, Dieseleinspritzsysteme und die Schadstoffminderung. In der Landmaschinentechnik sind Bodenbearbeitung, Bestelltechnik, Pflanzenschutz, Erntetechnik und in der Baumaschinentechnik sind Erdbewegungstechnik und Förder-technik wichtige Schwerpunkte. Im forstwirtschaftlichen Bereich werden mobile Arbeitsgeräte für die Holzernte und Bearbeitung beschrieben. Im kommunalen Bereich bilden Reinigungsgeräte wie Kehrmaschinen und Schneepflüge Schwerpunkte.

In der **3. Auflage** wurden insbesondere die Kapitel Fertigungstechnik und Elektrotechnik überarbeitet und aktualisiert. Im Kapitel Fluidtechnik wurden zum einen die Gemeinsamkeiten der Themenbereiche Pneumatik und Hydraulik herausgestellt und zum anderen die Besonderheiten beider Themenbereiche ausführlich behandelt. Außerdem wurde das Werk durch weitere Themenbereiche ergänzt wie elektronische Vergaser für Motorgeräte, Hackgeräte, Precision Farming, Automatische Lenksysteme, Satellitenortungssysteme (GNSS) und Kartierung.

Viele Abbildungen und Tabellen sowie Darstellungen von hydraulischen, pneumatischen und elektrischen Schaltplänen finden Sie in unserem virtuellen Medienregal EUROPATHEK. Außerdem können Sie mit dem Scannen der abgebildeten QR-Codes im Buch nach Einlösung der 90-Tage Testversion SimLaBau – *Simulationen zur Land- und Baumaschinentechnik* auf die passende Simulation zugreifen. Informationen hierzu finden Sie vorne im Buch.

Die Fachkunde Land- und Baumaschinentechnik bildet mit den weiteren Büchern des Bereichs Fahrzeugtechnik eine Einheit.

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.

- ACO GmbH, Büdelsdorf:** 34/1
- Adobe Systems Software Irland Ltd., Adobe Stock, IRL-Dublin:** 76/3 oben rechts © alexlmx
- Aebi & Co. AG Maschinenfabrik, CH-Burgdorf:** 251/3, 289/2
- Aebi Schmidt Deutschland GmbH, St. Blasien:** 11/2 i, j, k, 512/1 rechts unten, 816/1, 816/3, 817/3, 817/4, 818/3, 818/4, 818/5, 819/1, 819/2, 819/3, 819/4, 819/5, 820/1, 820/2, 821/2, 821/3, 822/3, 822/4, 823/1, 823/2, 823/3, 823/4, 824/2, 824/4
- Agria-Werke GmbH, Möckmühl:** 827/3
- Agrifac Machinery B.V., NL-Steenwijk:** 347/1 c, 670/2a
- agrotop GmbH, Obertraubling:** 669/2, 687/4, 688/1, 697/3
- Allison, NL-Siedrecht:** 267/1, 268/1
- AMAZONEN-WERKE H. DREYER SE & Co. KG, Hasbergen:** 347/1 e, 453/1 links, 607/1, 608/1 b, 608/1 e, 612/4, 621/1, 621/2, 622/1, 622/3, 622/5, 624/3, 625/4, 626/1, 632/1, 632/2, 632/3, 633/2, 633/3, 633/4, 634/1, 636/1, 637/2, 637/3, 638/2, 638/3, 638/4, 639/1, 639/2, 639/3, 650/T1 a, 650/T1 d, 651/1, 653/3, 653/4, 656/T1a, 665/1, 665/2, 671/3, 673/1, 673/2, 676/3 rechts unten, 679/3, 679/5 rechts oben, 686/4, 698/1
- Atlas Copco (Schweiz) AG, CH-Studen:** 11/2 d, f, 767/5, 768/1, 768/2, 768/3, 768/4, 769/1, 775/2
- AUDI AG, Ingolstadt-Neckarsulm:** 129/2 links unten, 399/1, 450/3
- Baertschi Agrartecnic AG, CH-Hüsivil:** 289/1
- Basrijs BV, NL-Rijsbergen:** 630/3
- Baumann, IT-Cavaion:** 802/3
- Bayer CropScience Deutschland GmbH, Langenfeld:** 684/1
- Behr Hella Service GmbH, Schwäbisch Hall:** 168/1, 169/4, 236/1, 292/3, 294/1, 297/1, 298/1, 298/2, 298/3
- bema GmbH Maschinenfabrik, Voltlage-Weese:** 817/1
- Bernard KRONE Holding SE & Co. KG, Spelle:** 707/4, 707/5, 708/1, 708/3, 709/2, 709/4, 710/2, 710/4, 710/5, 711/2, 711/3 rechts, 712/3, 712/4, 712/5, 713/1 rechts, 713/3, 713/4, 714/3, 714/4, 714/5, 716/1, 716/2, 716/3, 716/4, 717/2, 718/5, 719/2, 725/3, 728/1, 728/2 links, 728/3, 729/1, 731/5, 732/1, 732/2, 733/3, 733/4, 734/1, 735/1, 735/2, 735/4
- BERU, Ludwigsburg:** 188/1
- Beru-BorgWarner GmbH, Ludwigsburg:** 439/2, 441/T2a, 441/T2b, 441/T2c, 441/T2d, 441/T2e
- BMW AG, München:** 399/2
- BOMAG GmbH, Boppard:** 787/1, 787/2, 788/2
- Bosch Rexroth AG, Lohr am Main:** 518/3, 519/1, 520/1, 538/2, 543/1, 563/1, 564/2, 564/3, 564/4, 568/1, 569/2
- Bressel und Lade Maschinenbau GmbH, Visselhövede:** 805/3 e
- BRUGG Lifting AG, CH-Birr:** 103/1, 103/3, 103/4a, 103/4b, 103/T1a, 103/T1b, 103/T1c, 103/T1d, 103/T1e
- BSA GmbH, Marktschorgast:** 645/2
- Carl Geringhoff Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG, Ahlen:** 738/2, 738/4, 739/1
- CAT, CATERPILLAR, USA-Deerfield:** 218/1, 218/2
- CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel:** 289/4, 299/1, 299/2, 299/3, 302/2, 302/3, 315/3, 388/2, 389/2, 452/1 links, 482/1, 486/2, 487/3, 489/1, 707/1, 825/4
- CNH Industrial Österreich GmbH, A-St. Valentin:** 277/2, 277/3, 279/2, 288/3, 288/4, 463/1 rechts unten
- Continental Aftermarket GmbH, Frankfurt a. M.:** 323/3
- Continental Reifen Deutschland GmbH, Hannover:** 130/5 rechts, 340/1 links, 341/2, 342/1 rechts
- Daimler Truck AG, Leinfelden-Echterdingen:** 154/1, 191/2, 226/1
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin:** 40/2
- Deutsche GROVE GmbH, Wilhelmshaven:** 796/1
- Dieci s.r.l., IT-Montecchio Emilia:** 804/5, 805/1
- DYNAPAC - Fayat Group - Road Construction Equipment, SE-Stockholm:** 758/T1e
- Eberspächer GmbH & Co. KG, Esslingen:** 231/1, 232/1 rechts
- Einböck GmbH, AT-Dorf an der Pram:** 700/2, 701/1, 701/2 rechts, 702/1
- Elbe Holding GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen:** 96/6
- Emitec GmbH, Lohmar:** 238/2
- Ernst Herbst Prüftechnik e.K., Hirschbach:** 661/2, 698/2
- Fendt-AGCO GmbH, Marktoberdorf:** 14/1 mitte, 241/2 mitte, 271/1, 271/T1a, 271/T1b, 271/T1c, 271/T1d, 271/T1e, 271/T1f, 271/T1g, 271/T1h, 272/1, 276/1, 276/2, 276/3, 276/4, 288/2, 289/3, 290/1, 291/1, 291/2, 291/3 links, 292/1, 292/2, 293/1, 300/2, 300/3, 304/2, 304/3, 304/4, 312/1, 312/3 links, 314/2, 325/3, 347/1 a,b,d,f, 386/2, 387/1, 474/1, 482/2, 619/3, 733/2, 736/4, 737/2, 737/3 links, 738/3, 738/5, 739/4, 744/1, 745/3, 745/4, 745/5, 746/1, 746/2, 746/3, 746/4, 746/5, 746/6, 747/4, 747/5, 749/1, 749/2 links, 749/3, 749/4, 750/1 links, 750/2
- Festo Vertrieb GmbH & Co. KG, Esslingen:** 510/3
- Fichtel Sachs AG, Schweinfurt:** 61/3
- Fiedler Maschinenbau, Schmölln-Putzkau:** 822/1, 822/2, 825/6
- Flötzingen Gerätetechnik GmbH, Polling:** 805/3 a-d
- Fonds der chemischen Industrie im Verband der chemischen Industrie e.V., Frankfurt am Main:** 654/2
- Fritz Hintermayr-Bing-Vergaser-Fabrik, Nürnberg:** 174/1
- GKN Land Systems, Lohmar:** 97/2, 253/1, 253/2, 253/3, 253/4, 254/1, 255/3, 256/T1a, 256/T1d, 256/T1g, 256/T1j, 256/T1m, 301/5, 302/1
- GKN Sinter Metals, Radevormwald:** 61/1, 61/2
- GP Papenburg Maschinenbau GmbH - HBM-NOBAS, Nordhausen:** 780/1
- GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme:** 488/2 rechts, 630/2, 640/1, 640/3, 641/1, 641/2, 641/4, 641/5, 642/1, 642/3, 752/1, 752/2, 752/3, 752/4, 753/1, 754/1, 754/2, 754/3, 754/4, 754/5, 755/2, 755/3, 755/4, 755/5, 755/6, 756/1, 756/2, 757/1, 757/2, 757/3, 757/4, 757/5, 757/6
- GROWI Maschinenbau GmbH & Co. KG, Oberthingau:** 841/2, 842/1
- Hako GmbH, Bad Oldesloe:** 817/2
- HAMM AG, Tirschenreuth:** 788/6, 789/1, 789/4
- HAZET-WERK - Hermann Zerver GmbH & Co. KG, Remscheid:** 84/3, 84/4
- Hella GmbH & Co. KGaA, Lipstadt:** 389/1, 389/3, 394/1, 394/2
- HERBERT DAMMANN GmbH, Buxtehude-Hedendorf:** 656/T1d, 675/3 unten
- Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, Emsbüren:** 776/1, 786/2
- Hetronic Swiss AG, CH-Härkingen:** 794/3
- HORSCH Maschinen GmbH, Schwanndorf:** 700/1, 702/2
- HYDAC International GmbH, Sulzbach/Saar:** 518/2, 565/1, 578/T1f, 578/T1h, 578/T1j
- IRUS Motorgeräte GmbH, Burladingen-Salmingen:** 816/2, 820/5, 825/2
- John Deere GmbH & Co. KG, Bruchsal:** 661/3, 663/1, 676/4, 678/1, 678/2, 678/4, 693/1 mitte
- JOSEPH VÖGELE AG, Ludwigshafen:** 806/1, 806/2, 806/3, 807/1, 807/2, 807/3, 807/4
- Julius Kühn Institut, Quedlinburg:** 668/1, 686/1, 698/3
- Jungheinrich AG, CH-Hirschthal:** 802/1, 803/1, 803/2, 804/2
- K.U.L.T.:** 703/3
- KAESER KOMPRESSOREN SE, Coburg:** 813/1
- Kfz-tech.de:** 97/1
- Klaus Wallner - Maschinen- Bau und Handel, Roßbach/Münchsdorf:** 628/3
- KNAPHEIDE GmbH Hydraulik-Systeme, Beckum:** 571/7
- Knorr Bremse GmbH, München:** 332/1 links oben
- Knott GmbH, Eggstädt:** 324/3, 325/1, 325/2, 326/2, 328/5
- Komatsu Forest GmbH, Vöhringen-Wittershausen:** 842/2, 843/1, 846/3
- Komatsu Germany GmbH - Construction, Hannover:** 776/3, 777/1 oben, 778/4
- Kramer-Werke GmbH, Pfullendorf:** 772/2
- Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH, Kürnbach:** 703/3
- Kronos, FI-Kronoby:** 608/1 f, 627/3

- Kuhn Maschinen-Vertrieb GmbH, Schopisdorf:** 608/1 c, 623/2, 623/5, 626/2, 686/2, 714/1
- Kverneland Group Deutschland GmbH, Soest:** 611/2, 618/3, 630/1, 638/1, 660/3, 677/4, 732/3
- KWF Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V., Groß-Umstadt:** 837/2
- LADOG-Fahrzeugbau u. Vertriebs-GmbH, Zell am Harmersbach:** 821/1, 825/3
- Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Stuttgart:** 666/1, 666/2, 666/3, 672/2
- Lars Chr. Brix GmbH, Mohrkirch:** 608/1 d, 608/1 g
- Lechler GmbH, Metzingen:** 685/2 rechts, 685/3, 690/1 links, 691/2
- Lely International N. V., NL-Maassluis:** 721/2, 723/4, 723/5
- LEMKEN GmbH & Co. KG, Alpen:** 607/3, 608/1 h, 608/1 i, 609/1, 609/4, 610/1, 611/3, 611/4, 612/3, 614/3, 615/1, 615/2, 615/4, 615/5, 616/1, 616/3, 616/4, 616/5, 617/3, 619/4, 620/4, 624/2, 625/2, 628/1, 628/4, 629/1, 629/2, 629/4, 632/4, 656/T1c, 664/1, 678/3, 701/2 links, 701/2 mitte, 702/3
- Liebherr-International Deutschland GmbH, Biberach an der Riß:** 758/T1a, 758/T1b, 758/T1c, 758/T1d, 759/1, 760/1, 760/2, 760/3, 764/1, 765/2, 766/1, 766/2, 766/3, 767/1, 767/2, 767/3, 767/4, 770/1, 770/2, 772/1, 775/1, 776/2, 785/3, 792/1, 792/2, 792/4, 793/2, 793/3, 793/4, 794/1, 794/2, 796/2, 796/3, 796/4, 797/1, 797/2, 798/6, 799/2, 800/1, 801/1, 801/2
- LuK, Schaeffler Automotive Buehl GmbH & Co. KG, Bühl/Baden:** 248/1, 248/3, 248/4
- Maagtechnic AG, CH-Dübendorf:** 102/T1a, 102/T1b, 102/T1c, 102/T1d
- Magnet-Schultz GmbH & Co. KG, Memmingen:** 428/1, 428/2, 429/1 links, 429/2 links, 429/3 links
- MAKITA Engineering Germany GmbH, Hamburg:** 834/5, 835/1, 835/2
- MAN Truck & Bus SE, München:** 154/2, 156/1, 156/2, 158/4, 159/2, 238/3, 280/2, 286/1
- MANN+HUMMEL, Ludwigsburg:** 522/1
- Maschinenfabrik Bernhard KRONE GmbH & Co. KG, Spelle:** 241/2 rechts
- Maschinenfabrik KEMPER GmbH & Co. KG, Stadtlöhn:** 733/1
- Maschinenfabrik Schmotzer GmbH, Bad Windsheim:** 11/2 a, 656/T1b, 657/1, 702/T1a
- Menzi Muck AG, CH-Widnau:** 843/2, 843/3
- Mercedes Benz Group AG, Stuttgart:** 318/2 rechts
- Michelin Reifenwerke KGaA, Karlsruhe:** 340/2, 341/1 rechts, 341/3, 341/4 links, 345/1, 345/T3a, 345/T3b, 345/T3c, 345/T3d, 345/T3e, 345/T3f, 347/2 links, 348/3 rechts
- Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG, Ruhstorf a. d. Rott:** 132/1
- MS Motorservice GmbH, Tamm:** 156/3, 157/1, 157/2, 158/1, 158/3
- NAF Neunkirchener Achsenfabrik AG, Neunkirchen am Brand:** 847/3
- NEW HOLLAND, USA:** 270/2
- NovoNox, Markröningen:** 96/5
- Optibelt GmbH, Höxter:** 95/T1a, 95/T1b, 95/T1c, 95/T1d, 95/T1e, 95/T1f, 95/T1g
- Otto Boge GmbH & Co. KG, Bielefeld:** 813/2 oben
- Parker Hanifin GmbH, Offenburg:** 570/1
- PM Pfanzelt Maschinenbau GmbH, Rettenbach am Auerberg:** 11/2 h, 829/1, 844/2, 845/1, 845/2, 845/3, 846/2, 847/2, 848/1, 848/3, 848/4, 849/1, 849/2, 849/3
- Porsche AG, Stuttgart-Zuffenhausen:** 128/2 rechts, 131/3
- PÖTTINGER Landtechnik GmbH, AT-Grieskirchen:** 11/2 b, c, 241/2 links, 608/1 a, 610/2, 610/3, 610/4, 612/2, 614/2, 616/2, 619/2, 620/1, 632/6, 636/2 links unten, 636/2 oben, 706/3, 709/1, 709/3, 710/1, 710/3, 711/4, 712/2
- RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH, Rheinmünster:** 650/T1 b
- Reform-Werke Bauer & Co Gesellschaft m.b.H., AT-Wels:** 705/1, 705/4, 714/2
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart:** 134/1, 182/1, 198/1 rechts, 210/2, 412/1, 419/3, 435/3, 444/4, 583/1 rechts oben
- SATA GmbH & Co. KG, Kornwestheim:** 106/1
- Scania Deutschland GmbH, Koblenz:** 184/2
- Scharmüller GmbH & Co. KG, A-Fornach:** 301/1, 301/2, 301/3, 301/4
- STIHL AG & Co. KG, Waiblingen:** 11/2 g, 143/1, 143/T1a, 143/T1b, 143/T1c, 143/T1d, 177/1, 177/2, 177/3, 179/3, 181/2, 831/1, 831/2, 831/3, 832/1, 833/1, 833/3, 834/4, 836/1, 836/2
- STIHL Tirol GmbH, AT-Langkampfen/Kufstein:** 826/1, 826/2, 826/3
- Suva, CH-Luzern:** 837/1
- Swardman GmbH, Freital:** 827/1, 827/2
- TeeJet Technologies, Ludwigsburg:** 670/T1a, 670/T1b, 670/T1c, 670/T1d, 670/T1e, 675/2, 681/4, 682/1, 682/2, 682/3, 687/1 rechts, 687/3, 688/4, 689/2, 689/3 oben links, 689/4 rechts, 691/1, 694/2, 695/1
- TWINTEC AG, Königswinter:** 230/1
- United Nations Economic Commission for Europe, CH-Genf:** 39/4, 237/4
- VARTA Autobatterien GmbH, Hannover:** 396/2
- VOITH GmbH & Co. KGaA, Heidenheim:** 269/1, 339/3
- Volkswagen AG, Wolfsburg:** 295/2, 477/2
- Väderstad GmbH, Werder:** 650/T1 c
- Wabco Westinghouse GmbH, Hannover:** 338/1 rechts
- Wacker Neuson SE, München:** 11/2 e, 518/1, 787/3, 787/4, 788/1, 788/3
- Walter Stauffenberg GmbH & Co. KG, Werldorf:** 571/1, 574/2
- Welte Fahrzeugbau GmbH, Umkirch:** 846/1
- Wikipedia:** 662/2 © Fantagu (CC BY-SA 3.0)
- WIRTGEN GmbH, Windhagen:** 809/1, 809/2, 810/1, 810/2, 810/3, 810/4, 811/1, 811/2, 812/2, 812/3
- WMS Wagner GmbH, Wallersdorf:** 311/3
- Zeppelin Baumaschinen GmbH, Garching bei München:** 221/0, 344/1, 778/3, 780/3, 781/2, 784/1, 784/3
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen:** 131/2, 304/1, 504/1, 504/2, 505/1
- Autorenfotos:** 14/1 1-12, 15/1, 28/1, 53/1, 61/5, 62/1, 65/T1, 66/2, 66/3, 66/4, 82/3, 94/T2a, 94/T2b, 94/T2c, 96/1, 116/4, 117/1, 117/2, 117/3, 117/4, 129/1, 129/2 rechts, 129/3, 130/2 rechts, 130/3 rechts, 162/3, 162/4, 175/2, 177/4, 179/1, 187/2, 187/5, 193/4, 194/4, 195/2, 231/2, 237/2, 237/3, 239/1, 252/3, 283/1, 288/1, 306/1, 306/2, 306/3, 307/3, 314/3, 332/2, 333/1, 349/5, 357/1, 390/1, 403/2, 404/4, 429/1 mitte, 429/1 rechts, 429/2 mitte, 429/2 rechts, 429/3 mitte, 429/3 rechts, 448/3, 449/2, 451/1, 451/2, 451/3, 452/3, 452/4, 457/1, 460/3, 461/2, 463/3, 464/2, 469/1+2, 483/1, 484/4, 491/2, 506/1, 510/2, 511/3, 519/3, 522/3, 522/4, 545/1, 545/2, 545/4, 546/7, 565/2, 571/2, 571/3, 571/4, 571/5, 571/6, 572/1, 572/2, 572/3, 572/4, 573/1, 573/2, 573/3, 573/4, 578/T1b, 578/T1d, 597/3, 612/1, 618/2, 623/1, 624/1, 625/3, 626/3, 626/4, 632/5, 634/3, 634/4, 635/2, 643/1, 643/4, 653/1, 670/2b, 672/4, 702/T1b, 709/6, 737/1, 748/1, 749/2, 761/1, 761/5, 782/1, 782/2, 783/1, 805/2, 828/1, 828/3, 830/4, 832/2, 838/1, 839/3, 840/1, 840/3, 841/1, 843/4, 844/4, 847/1

Alle Bilder im Buch ohne Quellenangaben wurden vom Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern, erstellt und bearbeitet.

**1 Mobile Arbeitsmaschinen und Geräte**

1.1	Mobile Arbeitsmaschinen	11
1.2	Geräte	11
1.3	Wartung und Instandhaltung	12
1.4	Filter, Aufbau und Wartung	14
1.4.1	Luftfilter	14
1.4.2	Kraftstofffilter	15
1.4.3	Ölfiter	16
1.4.4	Hydraulikfilter	16
1.4.5	Innenraumfilter	16
1.4.6	Wartung	16
1.5	Betriebsstoffe, Hilfsstoffe	17
1.5.1	Kraftstoffe	17
1.5.2	Ottokraftstoffe	19
1.5.3	Dieselmkraftstoffe	20
1.5.4	Kraftstoffe aus Pflanzen	21
1.5.5	Zweitaktgemisch	23
1.5.6	Alkylatbenzin	23
1.5.7	Schmieröle und Schmierstoffe	23
1.5.8	Gefrierschutzmittel	28
1.5.9	Kältemittel	29
1.5.10	Bremsflüssigkeit	29

**2 Umweltschutz, Arbeitsschutz im Betrieb**

2.1	Umweltschutz im Betrieb	30
2.1.1	Umweltbelastung	30
2.1.2	Rechtlicher Rahmen des Umweltschutzes	30
2.2	Arbeitsschutz und Unfallverhütung	35
2.2.1	Grundsätze des Arbeitsschutzes	35
2.2.2	Gefährdungsbeurteilung	35
2.2.3	Sicherheitsmaßnahmen	38
2.2.4	Sicherheitszeichen	38
2.2.5	H- und P-Sätze	39
2.2.6	Am Arbeitsschutz beteiligte Institutionen	40

**3 Steuerungs- und Regelungstechnik**

3.1	Grundlagen	41
3.1.1	Steuerungssysteme	41
3.1.2	Regelungssysteme	42
3.2	Aufbau von Steuer- und Regeleinrichtungen	43
3.2.1	Signale	43
3.2.2	Zahlensysteme	44
3.2.3	Verknüpfungssteuerungen	45
3.2.4	Ablaufsteuerungen	45

**4 Prüftechnik**

4.1	Grundbegriffe der Längenprüftechnik	47
4.1.1	Arten des Prüfens	47
4.1.2	Prüfmittel	47
4.1.3	Einheiten des Messwertes	48
4.1.4	Messabweichungen	48
4.1.5	Messverfahren	49
4.2	Messgeräte	49
4.2.1	Maßverkörperungen	50
4.2.2	Messschieber	50
4.2.3	Messschrauben	52
4.2.4	Messuhr	53
4.2.5	Winkelmeßgeräte	53
4.3	Lehren	54
4.3.1	Maßlehren	54
4.3.2	Formlehren	54
4.3.3	Grenzlehren	54

4.4	Toleranzen und Passungen	55
4.4.1	Zweck der Normung	55
4.4.2	Begriffe	55
4.4.3	Anwendungsbereiche	56
4.4.4	Passungen	56
4.4.5	Toleranzangaben	57
4.4.6	Passungssysteme	57
4.5	Anreißen	58

**5 Fertigungstechnik**

5.1	Einteilung der Fertigungsverfahren	59
5.2	Urformen	60
5.2.1	Gießen	60
5.2.2	Sintern	60
5.2.3	Extrudieren	62
5.2.4	3D-Druck (Additive Manufacturing)	62
5.3	Umformen	64
5.3.1	Biegeumformen	64
5.3.2	Druckumformen	67
5.3.3	Richten	68
5.4	Fügen	69
5.4.1	Einteilung nach dem Zusammenhalt	69
5.4.2	Einteilung nach der Beweglichkeit	70
5.4.3	Einteilung nach der Lösbarkeit	70
5.4.4	Gewinde	71
5.5	Löten	72
5.6	Schweißen	73
5.6.1	Gasschmelzschweißen	74
5.6.2	Lichtbogenschweißen	76
5.6.3	Metallschutzgasschweißen	77
5.7	Kleben	79
5.8	Pressverbindungen	80
5.9	Maschinenelemente	80
5.9.1	Schraubenverbindungen	80
5.9.2	Nieten	85
5.9.3	Stifte	85
5.9.4	Wellen-Nabenverbindungen, Formwellen	86
5.9.5	Wellen-Naben-Sicherungen	87
5.9.6	Gleit- und Wälzlager	88
5.9.7	Zahnräder	93
5.9.8	Umschlingungsgetriebe	94
5.9.9	Kupplungen	96
5.9.10	Gelenkwellen	98
5.9.11	Federn	99
5.9.12	Dichtungen	100
5.9.13	Drahtseile	102
5.10	Beschichten	104
5.10.1	Vorbehandlung von Oberflächen	104
5.10.2	Beschichtungsverfahren (Auswahl)	106
5.11	Korrosionsschutz an Fahrzeugen	107

**6 Werkstofftechnik**

6.1	Werkstoffeigenschaften	109
6.1.1	Physikalische Eigenschaften	109
6.1.2	Technologische Eigenschaften	111
6.1.3	Chemische Eigenschaften	111
6.2	Einteilung der Werkstoffe	113
6.3	Aufbau der metallischen Werkstoffe	114
6.3.1	Kristallgitter der reinen Metalle	115
6.3.2	Kristallgitter von Metalllegierungen	115
6.4	Eisenwerkstoffe	116
6.4.1	Stahl	116
6.4.2	Eisengusswerkstoffe	116

6.4.3 Einfluss der Zusatzstoffe auf die Eisenwerkstoffe ..... 118  
 6.4.4 Bezeichnung der Eisenwerkstoffe ..... 118  
 6.4.5 Einteilung und Verwendung der Stähle ..... 120  
 6.4.6 Handelsformen der Stähle ..... 122  
 6.4.7 Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen ..... 122  
 6.5 Nichteisenmetalle ..... 126  
 6.5.1 Bezeichnung der NE-Metalle ..... 126  
 6.5.2 Schwermetalle ..... 127  
 6.5.3 Leichtmetalle ..... 127  
 6.6 Kunststoffe ..... 128  
 6.6.1 Thermoplaste ..... 128  
 6.6.2 Duroplaste ..... 129  
 6.6.3 Elastomere ..... 130  
 6.7 Verbundwerkstoffe ..... 131  
 6.7.1 Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe ..... 131  
 6.7.2 Faserverstärkte Verbundwerkstoffe ..... 131

**7 Aufbau und Wirkungsweise des Viertaktmotors**

7.1 Einteilung der Verbrennungsmotoren ..... 132  
 7.2 Dieselmotor ..... 133  
 7.2.1 Arbeitsweise des Dieselmotors (Saugmotor) ..... 133  
 7.2.2 Merkmale des Dieselmotors ..... 134  
 7.2.3 Verbrennungsablauf beim Dieselmotor ..... 134  
 7.3 Ottomotor ..... 135  
 7.3.1 Merkmale des Ottomotors ..... 135  
 7.3.2 Arbeitsweise des Ottomotors (Saugmotor) ..... 136  
 7.3.3 Verbrennungsablauf beim Ottomotor ..... 137  
 7.4 Merkmale von Viertaktmotoren (Saugmotoren) ..... 138  
 7.5 Arbeitsdiagramm (p-V-Diagramm) ..... 140  
 7.6 Steuerdiagramm ..... 141  
 7.7 Zylinder nummerierung, Zündfolgen ..... 141  
 7.8 Viermix-Motor ..... 143  
 7.9 Motorkennlinien ..... 145  
 7.10 Hubverhältnis, Hubraumleistung, Leistungsgewicht ..... 146

**8 Otto-Zweitaktmotor**

8.1 Zweitaktmotor ..... 147  
 8.1.1 Aufbau ..... 147  
 8.1.2 Arbeitsweise ..... 147  
 8.1.3 Steuerungsarten ..... 150  
 8.1.4 Bauliche Besonderheiten ..... 151  
 8.1.5 Einsatz von Zweitaktmotoren ..... 153

**9 Motoren für mobile Arbeitsmaschinen**

9.1 Motorbauformen ..... 154  
 9.2 Baugruppen und Bauteile des Dieselmotors ..... 154  
 9.2.1 Zylinderkurbelgehäuse ..... 154  
 9.2.2 Zylinderkopf ..... 156  
 9.2.3 Kurbeltrieb ..... 156  
 9.3 Motorsteuerung – Ventiltrieb ..... 159  
 9.3.1 Anordnung der Nockenwelle ..... 159  
 9.3.2 Nockenwellenantrieb ..... 159  
 9.4 Kompressionsprüfung ..... 160  
 9.5 Motoraufladung ..... 164  
 9.5.1 Abgasturbolader ..... 164  
 9.5.2 Ladeluftkühlung ..... 166  
 9.6 Motorschmierung ..... 166  
 9.7 Motorkühlsystem ..... 168

**10 Gemischbildung**

10.1 Gemischbildung bei Ottomotoren ..... 171  
 10.1.1 Grundlagen ..... 171

10.1.2 Anpassung des Gemisches an die Betriebszustände ... 172  
 10.2 Vergaser ..... 173  
 10.2.1 Grundsätzliche Wirkungsweise ..... 173  
 10.3 Vergaserbauarten ..... 173  
 10.3.1 Schiebervergaser ..... 174  
 10.3.2 Membranvergaser ..... 175  
 10.3.3 Motorgeräte mit elektronischem Membranvergaser ... 177

**11 Gemischbildung bei Dieselmotoren**

11.1 Gemischverteilung/Lambdawerte beim Dieselmotor ... 182  
 11.2 Verbrennungsablauf beim Dieselmotor ..... 183  
 11.3 Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung ..... 183  
 11.4 Arten der Verbrennung ..... 184  
 11.5 Dieseleinspritzverfahren ..... 184  
 11.5.1 Arbeitsdiagramm (p-V-Diagramm) ..... 185  
 11.5.2 Nutzarbeit, mittlerer Arbeitsdruck ..... 185  
 11.6 Starthilfsanlagen ..... 186  
 11.6.1 Glühkerzen ..... 186  
 11.6.2 Heizflansch ..... 188  
 11.6.3 Flammstartanlage ..... 188  
 11.7 Einspritzanlagen für Dieselmotoren ..... 189  
 11.7.1 Elektronische Dieselregelung (EDC) ..... 189  
 11.7.2 Common-Rail-Systeme ..... 191  
 11.8 Pumpe-Leitung-Düse (PLD) ..... 201  
 11.9 Pumpe-Düse-System ..... 202  
 11.10 Axialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VE) ..... 206  
 11.10.1 VE mit mechanischer Steuerung ..... 206  
 11.10.2 VE mit elektronischer Steuerung (VE-EDC) ..... 209  
 11.11 Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VP44) ..... 210  
 11.12 Einspritzanlage mit Reiheneinspritzpumpe ..... 212  
 11.13 Hydraulisch-elektronisches Pumpe-Düse-System (HEUI) ..... 218  
 11.14 Einspritzdüsen ..... 219

**12 Schadstoffminderung**

12.1 Abgaszusammensetzung ..... 221  
 12.2 Emissionsbegrenzung ..... 224  
 12.2.1 Reduzierung der Schadstoffemissionen ..... 224  
 12.2.2 Emissionsgrenzwerte in g/kWh ..... 224  
 12.3 Minderungsmaßnahmen ..... 225  
 12.3.1 Motorische Maßnahmen ..... 226  
 12.3.2 Abgasmachbehandlung ..... 230

**13 Leistungsübertragung**

13.1 Antriebskonzepte ..... 242  
 13.1.1 Mechanische Antriebe ..... 242  
 13.1.2 Hydrostatische Antriebe ..... 242  
 13.1.3 Kombinierte Antriebe ..... 243  
 13.2 Kupplungen an Fahrzeugen ..... 243  
 13.3 Reibkupplungen ..... 243  
 13.3.1 Einscheibenkupplungen ..... 244  
 13.3.2 Doppelkupplungen ..... 244  
 13.3.3 Lamellenkupplungen ..... 246  
 13.3.4 Fliehkraftkupplungen ..... 246  
 13.3.5 Kräfte an der Kupplung ..... 247  
 13.3.6 Kupplungsscheiben ..... 247  
 13.3.7 Kupplungs betätigung ..... 249  
 13.4 Antriebswellen am Fahrzeug ..... 251  
 13.4.1 Antriebswellen mit Gleichlaufgelenken ..... 251  
 13.4.2 Gelenkwellen zwischen Fahrzeugen und Anbaugeräten ..... 253  
 13.4.3 Gelenke ..... 253

13.5	Wechselgetriebe	257	16.1.6	Schaltung von Widerständen	355
13.5.1	Handgeschaltete Wechselgetriebe	257	16.1.7	Messen im elektrischen Stromkreis	356
13.5.2	Planetengetriebe	262	16.1.8	Brückenschaltung von Widerständen	361
13.5.3	Lastschaltgetriebe	265	16.1.9	Wirkungen des elektrischen Stromes	361
13.5.4	Stufenlose Getriebe	274	16.1.10	Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stromes	362
13.5.5	Leistungsverzweigte Getriebe	275	16.1.11	Spannungserzeugung	364
13.5.6	Verteilernetze	280	16.1.12	Wechselspannung und Wechselstrom	367
13.5.7	Achsgetriebe	280	16.1.13	Dreiphasenwechselspannung und Drehstrom	367
13.5.8	Ausgleichsgetriebe (Differenzial)	283	16.1.14	Magnetismus	368
<b>14 Land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen</b>			16.1.15	Selbstinduktion	369
14.1	Einteilung von Zugmaschinen	288	16.1.16	Kondensator	371
14.2	Aufbau einer Zugmaschine	290	16.1.17	Elektrochemie	371
14.2.1	Kabine und Komforttechnik	291	16.1.18	Elektronische Bauelemente	373
14.2.2	Rumpfbauweisen	299	16.1.19	Thyristoren	378
14.2.3	Koppelung Arbeitsgerät – Zugmaschine	300	16.1.20	Magnetfeldbeeinflusste Halbleiterbauelemente/ Hall-Generatoren	380
14.3	Fahrwerk	303	16.1.21	Druckbeeinflusste Halbleiterbauelemente	380
14.3.1	Fahrdynamik	303	16.2	Anwendungen der Elektrotechnik	381
14.3.2	Radaufhängung – Achsen	304	16.2.1	Schaltpläne	381
14.4	Radstellungen	305	16.2.2	Signalgeber	386
14.4.1	Radstand	305	16.2.3	Beleuchtungsanlage	387
14.4.2	Spurweite	305	16.2.4	Spannungsversorgung und Bordnetz	395
14.4.3	Spur	305	16.2.5	Elektrische Motoren	402
14.4.4	Spurdifferenzwinkel	305	16.2.6	Starter	405
14.4.5	Sturz	306	16.2.7	Drehstromgenerator	412
14.4.6	Spreizung	306	16.2.8	Relais	422
14.4.7	Lenkrollradius	306	16.2.9	Elektromagnete	425
14.4.8	Nachlauf	307	16.2.10	Zündanlagen	430
14.5	Grundlagen der Lenkung	308	16.3	Sensorik	442
14.5.1	Drehschemellenkung	308	16.3.1	Sensoren für das Messen physikalischer Größen	447
14.5.2	Achsschenkellenkung	308	16.3.2	Sensoren für die Umfeldwahrnehmung	449
14.5.3	Lenkgetriebe	309	16.3.3	Sensoren für das Erfassen von Position und Bewegung	453
14.5.4	Lenkkarten	310	16.4	Messen, Testen, Diagnose	459
14.5.5	Achsvermessung	311	<b>17 Elektronik</b>		
14.6	Federung	312	17.1	Hochfrequenztechnik	463
14.6.1	Aufgabe der Federung	312	17.1.1	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	468
14.6.2	Wirkungsweise der Federung	312	17.2	Satellitenortungssysteme (GNSS)	470
14.6.3	Federarten	316	17.3	Datenübertragung	474
14.6.4	Schwingungsdämpfer	318	17.3.1	ISOBUS	482
14.7	Bremsen	320	17.4	Präziser Ackerbau – Precision Farming	483
14.7.1	Bremsvorgang	321	<b>18 Fluidtechnik</b>		
14.7.2	Trommelbremse	321	18.1	Grundlagen	492
14.7.3	Scheibenbremse	322	18.1.1	Physikalische Größen in der Fluidtechnik	492
14.7.4	Mechanisch betätigte Bremse	325	18.1.2	Hydrostatik	493
14.7.5	Hydraulische Bremse	326	18.1.3	Fluiddynamik	494
14.7.6	Druckluftbremsanlage (Fremdkraftbremsanlage)	331	18.1.4	Druckgrößen in Fluidanlagen	495
14.7.7	ABS für Druckluftbremsanlagen	339	18.2	Fluidtechnische Symbole	497
<b>15 Räder und Reifen</b>			18.2.1	Bauteilgruppen und ihre Aufgaben	497
15.1	Anforderungen an das Rad-Reifensystem	340	18.2.2	Grundsymbole nach der DIN ISO 1219-1	497
15.2	Reifenbauarten, Reifenbauarten	340	18.2.3	Pneumatische und Hydraulische Symbole nach DIN ISO 1219-1	498
15.3	Reifenabmessungen, Reifenkennzeichnungen	342	18.2.4	Schaltpläne	501
15.3.1	EM-Reifen	344	18.3	Pneumatik	503
15.3.2	Landwirtschaftsreifen	347	18.3.1	Grundlagen	503
<b>16 Elektrotechnik</b>			18.3.2	Pneumatische Anlagen	504
16.1	Grundlagen der Elektrotechnik	350	18.4	Hydraulik	513
16.1.1	Elektrische Spannung	350	18.4.1	Grundlagen	513
16.1.2	Elektrischer Strom	351	18.4.2	Hydraulikflüssigkeiten	514
16.1.3	Elektrischer Widerstand	352	18.4.3	Anforderungen an Hydraulikflüssigkeiten	514
16.1.4	Ohmsches Gesetz	354	18.4.4	Einteilung der Hydraulikflüssigkeiten	514
16.1.5	Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad	355	18.4.5	Eigenschaften von Hydraulikflüssigkeiten	516

18.4.6	Mischbarkeit	517
18.5	Ölbehälter	517
18.6	Hydraulikölfilter	518
18.6.1	Auswirkung der Verschmutzung	518
18.6.2	Schmutzeintrag ins System	519
18.6.3	Verschmutzungsgrad	519
18.6.4	Einteilung der Hydraulikfilter	520
18.6.5	Aufbau eines Filterelementes	521
18.6.6	Filterverfahren	522
18.6.7	Filterfeinheiten	522
18.7	Hydraulikpumpen	523
18.7.1	Einteilung	523
18.7.2	Pumpen-Bauarten	523
18.7.3	Regler für Verstellpumpen	526
18.8	Hydraulikmotoren	530
18.8.1	Einteilung	530
18.8.2	Bauarten	530
18.9	Hydraulikzylinder	534
18.9.1	Einteilung	534
18.9.2	Einzelteile von Hydraulikzylindern	535
18.9.3	Berechnung am Zylinder	537
18.10	Hydraulikventile	538
18.10.1	Wegeventile	538
18.10.2	Druckventile	547
18.10.3	Stromventile	553
18.10.4	Sperrventile	560
18.10.5	Ventilverkettungen	563
18.11	Wärmetauscher	565
18.12	Druckspeicher	566
18.13	Leitungen	569
18.13.1	Verschraubungssysteme	573
18.14	Zubehör	578
18.15	Grundschaltungen der Mobilhydraulik	579
18.16	Hydraulische Steuerungssysteme	584
18.16.1	Lastdruckabhängige Systeme	584
18.16.2	Lastdruckunabhängige Systeme	590
18.17	Hydraulische Lenkanlagen	596
18.17.1	Aufbau einer hydraulischen Lenkanlage	596
18.17.2	Ausführungen von Lenkaggregaten	596
18.17.3	Funktion des Lenkaggregates OC/NR	597
18.17.4	Load Sensing-Lenkanlage	598
18.17.5	Lenksäulen	598
18.18	Hydrostatische Fahrtriebe	599
18.18.1	Aufbau	599
18.18.2	Fahrtrieb einer einachsigen Zugmaschine	599
18.18.3	Fahrtrieb eines zweiachsigen Fahrzeuges	599
18.19	Hubwerksregelung	602
18.19.1	Regelungsarten bei Krafthebern	602
18.19.2	Einteilung der Hubwerksregelungen	602
18.19.3	Hydraulische Hubwerksregelung	603
18.19.4	Elektrohydraulische Hubwerksregelung (EHR)	604

**19 Bodenbearbeitung**

19.1	Aufgaben der Bodenbearbeitung	607
19.2	Wendende Bodenbearbeitung – Pflügen	609
19.2.1	Pflugkörper	609
19.2.2	Wirkungsweise des Pflugs	610
19.2.3	Pflugbauarten	611
19.2.4	Volldrehpflug	612
19.2.5	Arbeitsbreiteneinstellung	614
19.2.6	Fahrweise	614
19.2.7	Straßentransport	615
19.2.8	Aufsattelpflug	616
19.2.9	Traktionserhöhung	617

19.2.10	Überlastsicherungen (Steinsicherungen)	617
19.2.11	Pflugeinstellung	619
19.3	Durchmischende Bodenbearbeitungsgeräte	621
19.3.1	Kreiselege/Kreiselgrubber	621
19.3.2	Bodenfräse	623
19.3.3	Grubber	624
19.3.4	Scheibenegge	625
19.3.5	Spatenrollege	627
19.3.6	Federzinkengrubber/Federzinkenegge	628
19.3.7	Striegel	628
19.3.8	Untergrundpacker	628

**20 Bestelltechnik**

20.1	Saattechnik	630
20.1.1	Säen nach konventioneller Bodenbearbeitung	630
20.1.2	Säen nach konservierender Bodenbearbeitung	631
20.1.3	Direktsaatverfahren	631
20.1.4	Streifensaatverfahren	631
20.2	Sämaschinen	631
20.2.1	Drillmaschinen	631
20.2.2	Einzelkornsämaschinen	637
20.3	Kartoffellegemaschinen	640
20.3.1	Anlegen der Pflanzbeete	640
20.3.2	Arten von Kartoffellegemaschinen	640
20.4	Pflanzensetzmaschinen	643

**21 Düngetechnik und Pflanzenschutz**

21.1	Düngetechnik	644
21.1.1	Düngeverordnung (DüV in D)	644
21.1.2	Gülldüngung	645
21.1.3	Ausbringungssysteme	648
21.1.4	Festmistdüngung	650
21.1.5	Mineraldüngung	650
21.2	Pflanzenschutz	654
21.2.1	Pflanzenschutzrecht	654
21.2.2	Pflanzenschutzmittel	654
21.2.3	Feldspritzen	656
21.2.4	Aufbau und Funktion von Feldspritzen	657
21.2.5	Feldspritzenprüfung, Sicherheits- und Schutzmaßnahmen	698
21.3	Hackgeräte	700

**22 Raufutterernte**

22.1	Arbeitsschritte bei der Raufutterernte	704
22.2	Mähen	704
22.2.1	Schnittarten	704
22.2.2	Fingerbalkenmäherwerk	705
22.2.3	Doppelmessermäherwerk	705
22.2.4	Kreiselmäherwerk	706
22.3	Aufbereitung des Mähgutes	711
22.4	Wenden	712
22.5	Schwaden	713
22.6	Ladewagen	716
22.7	Pressen	721
22.7.1	Hochdruckpresse	721
22.7.2	Quaderballenpresse	725
22.7.3	Rundballenpresse	728
22.8	Ballenwickelgeräte	732
22.9	Feldhäcksler	733
22.9.1	Aufbau eines selbstfahrenden Feldhäckslers	733
22.9.2	Arbeitsweise	734
22.9.3	Erntevorsatz	734

22.9.4	Automatisierung	735
22.9.5	Fahrtrieb	735

### 23 Körnerfrachternte

23.1	Mähdrescher	736
23.1.1	Einteilung	736
23.1.2	Aufbau und Arbeitsweise	736
23.1.3	Erntevorsätze	737
23.1.4	Einzug und Steinsicherung	739
23.1.5	Dreschsysteme	740
23.1.6	Reinigung	744
23.1.7	Korntank	745
23.1.8	Stroh- und Spreuablage	745
23.1.9	Hangausgleich	746
23.2	Leistungsverteilung	748
23.3	Fahrtrieb	748
23.4	Fahrwerk	749
23.5	Bedienung und Automatisierung	749
23.6	Einstellungen	750
23.7	Fernüberwachung	751

### 24 Hackfrachternte

24.1	Kartoffelerntemaschinen	752
24.2	Zuckerrübenertemaschinen	755

### 25 Erdbewegungsgeräte

25.1	Einteilungen	758
25.2	Bagger	758
25.2.1	Grundaufbau	758
25.2.2	Baugruppen eines Baggers	759
25.2.3	Bedienung des Baggers	760
25.2.4	Baugruppen am Unterwagen	760
25.2.5	Baugruppen am Oberwagen	763
25.2.6	Anbaugeräte	766
25.2.7	Grabkurven	770
25.3	Radlader	771
25.3.1	Weitere Lader	776
25.4	Planiermaschinen	777
25.4.1	Planierraupe	777
25.4.2	Grader	780
25.5	Transportfahrzeuge	784
25.5.1	Muldenkipper	784
25.5.2	Knickgelenkter Muldenkipper – Dumper	785
25.5.3	Vorderkipper	786
25.6	Verdichtungstechnik	787
25.6.1	Einteilung der Verdichtungsgeräte	787
25.6.2	Stampfer	787
25.6.3	Vibrationsplatten	787
25.6.4	Walzen	788

### 26 Fördertechnik

26.1	Turmdrehkrane	790
26.1.1	Obendrehender Kran	790
26.1.2	Untendrehender Kran	790
26.1.3	Auslegerarten	791
26.1.4	Spezielle Einrichtungen	792
26.1.5	Funktion der Baugruppen	792
26.1.6	Kranbedienung	794
26.1.7	Traglasttabellen	794
26.1.8	Sicherheitseinrichtungen	795
26.2	Fahrzeugkrane	796
26.2.1	Arten	796

26.2.2	Aufbau eines All-Terrain-Krans	797
26.3	Hubstapler (Gabelstapler)	802
26.3.1	Gegengewichtstapler	802
26.3.2	Seitenstapler	802
26.3.3	Hubeinrichtung	803
26.3.4	Teleskopstapler	804
26.3.5	Antriebe	805
26.4	Straßenfertiger	806
26.4.1	Einteilung	806
26.4.2	Aufbau eines Straßenfertigers	806
26.4.3	Arbeitsweise	807
26.4.4	Einbaubohlen	807
26.4.5	Nivelliereinrichtungen	808
26.5	Kalträsen	809
26.5.1	Einteilung	809
26.5.2	Aufbau einer Kalträse	809
26.5.3	Fräswalzen	810
26.5.4	Fräsmeißel	810
26.5.5	Meißelhalter	811
26.5.6	Arbeitsweise einer Kalträse mit Raupenfahrwerken	811
26.6	Baukompressor	813

### 27 Reinigungsgeräte

27.1	Kehrmaschinen	816
27.1.1	Einteilung	816
27.1.2	Seitlich ablegende Anbaukehrmaschinen	816
27.1.3	Selbstaufnehmende Anbaukehrmaschinen	816
27.1.4	Selbstaufnehmende Aufbaukehrmaschinen	817
27.1.5	Selbstaufnehmende selbstfahrende Kehrmaschinen	818
27.2	Schneepflüge	819
27.2.1	Einteilung	819
27.2.2	Keilpflüge	819
27.2.3	Einscharige Schneepflüge	819
27.2.4	Mehrscharige Schneepflüge	819
27.2.5	Sonderbauformen	819
27.2.6	Schürffleisten	820
27.2.7	Anbausysteme	820
27.3	Streugeräte	822
27.3.1	Einteilung	822
27.3.2	Walzenstreuer	822
27.3.3	Tellerstreuer	822
27.4	Rotierende Schneeräummaschinen	824
27.4.1	Schneeschleudern	824
27.4.2	Schneefräsen	824
27.4.3	Schneefrässchleudern	824
27.4.4	Schneekehrbesen	825
27.5	Motorgeräte	826
27.5.1	Motorgeräte zum Mähen von Rasen- und Grünlandflächen	826

### 28 Forstgeräte

28.1	Forstseilwinden	828
28.2	Holzsägen	831
28.2.1	Kettensägen	831
28.2.2	Rolltischkreissäge	838
28.2.3	Wippkreissäge	838
28.2.4	Säge-Spaltautomaten	839
28.3	Holzspalter	841
28.4	Harvester	842
28.5	Holzrückegeräte	845
28.6	Tragrückeschlepper (Forwarder)	846
28.7	Holz-Rückewagen	848

Sachwortverzeichnis	850
---------------------	-----

# Mobile Arbeitsmaschinen und Geräte

## 1.1 Mobile Arbeitsmaschinen

Nach Richtlinie 97/68/EG sind mobile Arbeitsmaschinen „mobile Maschinen ..., ... oder Fahrzeuge mit oder ohne Aufbau, die nicht zur Beförderung von Personen oder Gütern auf der Straße bestimmt sind und in die ein Verbrennungsmotor ... eingebaut ist.“

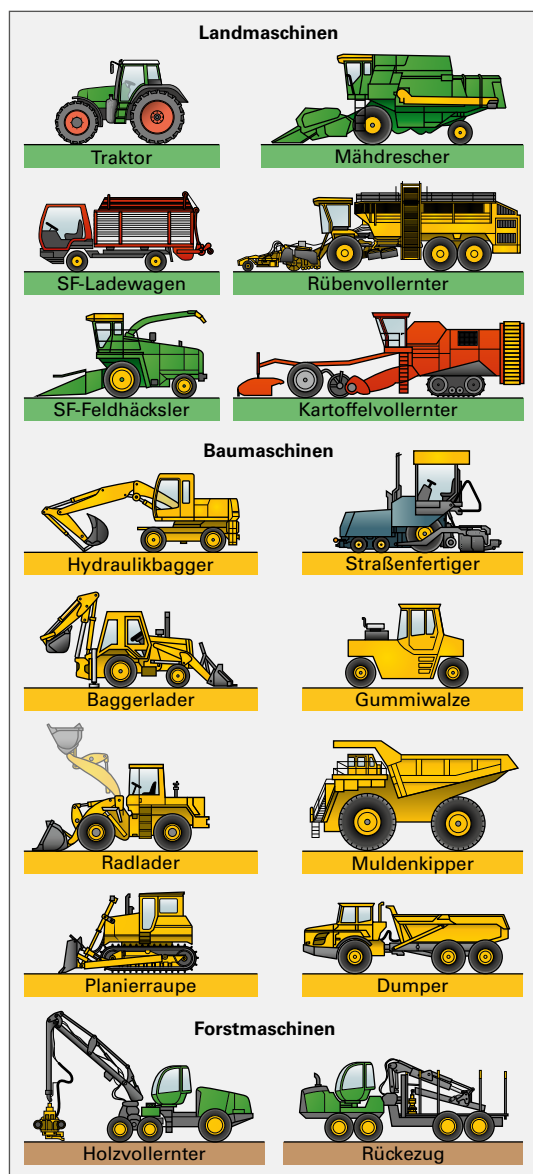


Bild 1: Einteilung mobiler Arbeitsmaschinen

Je nach Branche können unterschieden werden:

- Landmaschinen, z. B. Traktoren, Erntemaschinen, Feldhäcksler
- Baumaschinen, z. B. Bagger, Radlader, Straßenfertiger, Planiermaschinen
- Forstmaschinen, z. B. Holzernter, Rückezug
- Hebe- und Fördermaschinen, z. B. Stapler, Mobilkrane
- Kommunalmaschinen, z. B. Müllsammelfahrzeuge, Straßenreinigungsmaschinen, Mähgeräte

## 1.2 Geräte

Geräte werden ausschließlich für spezielle Aufgaben verwendet.

Beispiele für Geräte in der Land-, Forst-, Bau- und Kommunalwirtschaft sind (**Bild 2**)

- Mähgeräte
- Ladewagen
- Miststreuer
- Motorsensen
- Vibrationsplatten
- Schwader
- Ballenpressen
- Güllefässer
- Rasenmäher
- Wasserpumpen



Bild 2: Geräte

### 1.3 Wartung und Instandhaltung

Zur Erhaltung der Betriebssicherheit eines Fahrzeuges und auch zur Wahrung von Gewährleistungsansprüchen ist fachkundige Wartung und Instandhaltung entsprechend den Hersteller Vorschriften, z.B. durch den Kundendienst, notwendig.

Zur Durchführung werden vom Hersteller **Instandhaltungspläne** und Ersatzteilkataloge bereitgestellt sowie **Reparaturanweisungen** herausgegeben. Diese stehen z.B. als menügesteuerte Computerprogramme für Personalcomputer (PC) zur Verfügung.

**Instandhaltung.** Instandhaltungsarbeiten beinhalten:

- Inspektion, z. B. Prüfen
- Wartung, z. B. Ölwechsel, Schmierien, Reinigen
- Instandsetzung, z. B. Reparieren, Austauschen

**Kundendienst.** Fahrzeughersteller und Werkstätten bieten einen sachkundigen Kundendienst an. So wird beispielsweise eine neue Arbeitsmaschine ordnungsgemäß zur Erstinbetriebnahme dem Kunden zur Übernahme bereitgestellt. Des Weiteren werden durch Fachpersonal Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, die der Betreiber nicht selbst erledigen kann. Die zur Funktions- und Werterhaltung notwendigen Maßnahmen sind vom Hersteller in den Instandhaltungsvorschriften festgelegt. Sie sind für Fahrzeuge in Wartungs- und Instandhaltungsplänen festgehalten.

Es werden folgende Serviceintervalle unterschieden:

- Feste Serviceintervalle (Wartungsplan)
- Flexible Serviceintervalle
- Bedarfsgerechte Servicestrategien

Die Wartungs- und Inspektionsarbeiten sind entsprechend vorgegebener Pläne durchzuführen. Die Ausführung der Arbeiten sind auf dem Inspektionsplan zu kennzeichnen und durch Unterschrift vom ausführenden Mechaniker zu bestätigen.

#### Wartungsplan (Bild 1, Seite 13)

Er gibt Auskunft über die festgelegten Service- bzw. Betriebsstundenintervalle, z.B. soll nach 400 h oder nach 12 Monaten Betriebszeit eine Hauptinspektion durchgeführt werden.

**Inspektionsplan.** Aus ihm ist der vorgeschriebene Umfang der Inspektion zu entnehmen.

#### Flexible Serviceintervalle

Mit modernen Motormanagementsystemen ist es möglich, entsprechend den Betriebsbedingungen eines Fahrzeuges, die Serviceintervalle anzupassen.

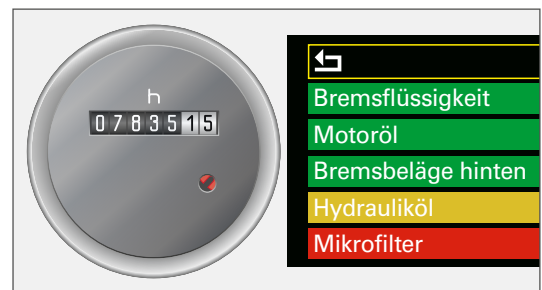
Zur Berechnung des nächsten Inspektionstermins werden neben der Anzahl der Betriebsstunden verschiedene Einflussgrößen aufgezeichnet und in die Berechnung mit einbezogen. Ist der Inspektionstermin erreicht, wird dies dem Fahrer frühzeitig über ein Display mitgeteilt (**Bild 1**). In der Werkstatt wird die Arbeit dann nach Inspektionsplan (**Bild 1, Seite 13**) ausgeführt.

**Ölwechselintervall.** Es kann auf zwei Arten ermittelt werden:

- Auf einer virtuellen Datenbasis, d.h., aus der zurückgelegten Wegstrecke, dem dabei verbrauchten Kraftstoff und dem durchlaufenen Temperaturprofil des Öls ergibt sich ein Maß für den Verschleiß des Motoröls.
- Dem tatsächlichen Ölzustand, d.h., der Ölzustandsensor ermittelt Füllhöhe und Qualität, welche in Verbindung mit den Betriebsstunden und der Motorlast berücksichtigt wird.

**Verschleißzustand Bremsbeläge.** Der Verschleiß der Bremsbeläge wird elektrisch ermittelt. Hat der Bremsbelag die Verschleißgrenze erreicht, wird eine Kontaktschleife im Belag durchtrennt. Aus der Bremshäufigkeit, der Bremsbetätigungszeit sowie den Betriebsstunden wird die theoretisch verbleibende Standzeit ermittelt, das Wechselintervall festgelegt und dem Fahrer angezeigt.

**Verschleißzustand Innenraumfilter.** Die Berechnung der verbleibenden Standzeit des Staub- und Pollenfilters erfolgt auf der Datenbasis von Außenlufttemperatursensor, Heizungsnutzung, Umlufteinstellung, Fahrgeschwindigkeit, Lüfterdrehzahl, Betriebsstunden und Datum.



**Bild 1: Betriebsstundenzähler – Verschleißanzeigen**

**Hydrauliköl** wird u.a. abhängig vom Einsatzgebiet und nach Herstellerangaben gewechselt.

**Betriebsstoffe**, wie Kühl- und Bremsflüssigkeit, werden nach der Betriebszeit, z.B. 2 oder 4 Jahren, gewechselt.

### Bedarfsgerechte Servicestrategien

Bei modernen Land- und Baumaschinen kann auf Basis gesammelter Daten, wie Ist-Zustand der Verschleißteile und Betriebsstoffe sowie der Einsatzbedingungen, der Servicezeitpunkt errechnet werden. Nach dieser bedarfsgerechten Servicestrategie wird nur gewartet, wenn ein Bauteil abgenutzt oder ein Betriebsstoff verbraucht ist.

Der Bordcomputer überträgt online die abgespeicherten Kunden- und Serviceumfangsdaten an die Werkstatt. Dadurch hat die Werkstatt genügend Zeit,

eventuell benötigte Ersatzteile, z.B. Hydraulikfilter, zu bestellen und mit dem Kunden einen passenden Termin zu vereinbaren.

Ausfallbedingte Reparaturen sollen durch frühe Problemerkennung vermieden werden. Weitere Vorteile sind:

- Exakt geplante Termine
- Keine Wartezeiten
- Keine Informationsverluste
- Flexible Serviceleistungen

Baugruppen und auszuführende Arbeiten Die mit „x“ gekennzeichneten Arbeiten sind nur vom Händler auszuführen	Erstinspektion	Vom Kunden auszuführende Wartungsarbeiten		Inspektion laut Wartungsheft oder einmal jährlich		
		10 h	50 h	400 h	800 h	1200 h
<b>Betriebsstundenintervalle</b>	50 h	10 h	50 h	400 h	800 h	1200 h
<b>Motor</b>						
Motorölstand prüfen	x	täglich		täglich		
Motorölwechsel				•	•	•
Motorölfiltreinsatz (-einsätze) wechseln				•	•	•
...						
<b>Kraftstoffanlage, Luftfilter</b>						
Kraftstofffiltereinsatz wechseln	x			•	•	•
Kraftstoffvorfiltereinsatz wechseln	x			•	•	•
Handgas / Fußgas Bowdenzug schmieren	x			x	x	x
Einspritzdüsen prüfen, ggf. wechseln						x
...						
<b>Kühlsystem</b>						
Kühlwasserstand prüfen	x	täglich		täglich		
Kühlerlamellen des Motorkühlers reinigen	prüfen	nach Bedarf		nach Bedarf		
...						
<b>Getriebe-Hinterachse-Kupplung-Bremse-Lenkung-Frontzapfwelle</b>						
Getriebeölstand prüfen	x	täglich		täglich		
Frontzapfwellengetriebeöl wechseln	x			x	x	x
Lenkung, Heckhydraulik, Hitch Funktion prüfen	x			x	x	x
...						
<b>Elektrische Anlage</b>						
Stecker Deutsch Kontaktstifte einfetten	x			x	x	x
Batterieklappen prüfen / reinigen	x			•	•	•
Funktion der Drehstromlichtmaschine prüfen	x			x	x	x
...						
<b>Verschiedenes</b>						
Hubstangen, Oberlenker abschmieren	x		•			
...						
<b>Wartungsdienstheft ausfüllen und abstempeln</b>	x			x	x	x

Bild 1: Wartungsplan für einen Traktor – Auszug

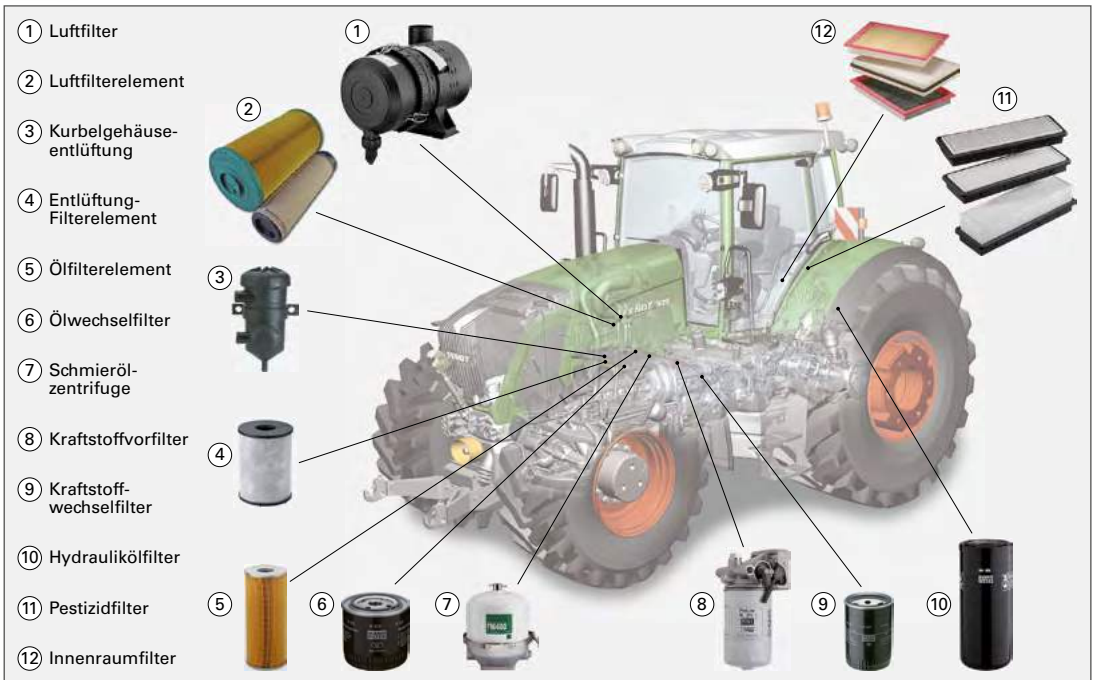


Bild 1: Filter einer Zugmaschine

## 1.4 Filter, Aufbau und Wartung

Die Filter eines Fahrzeugs haben die Aufgabe, Motoren, Bauteile und die Atemluft der Insassen vor Verunreinigungen zu schützen.

Filter in mobilen Arbeitsmaschinen (Bild 1) können nach zwei Kriterien eingeteilt werden. Nach den **Wirkprinzipien** und nach dem zu filternden **Medium**.

**Wirkprinzipien.** Feste Verunreinigungen werden aus strömenden Medien, wie z. B. Luft, Öl, Kraftstoff und Wasser, herausgefiltert durch die:

- Siebwirkung, z. B. Sieb- und Faserfilter
- Haftwirkung, z. B. Nassfilter
- Magnetwirkung, z. B. Magnetabscheider
- Fliehkraftwirkung, z. B. Zentrifugalfilter

**Siebfilter.** Die Filterwirkung wird dadurch erreicht, dass die Abmessungen der Filtermaschen kleiner als die Verunreinigungen sind (Bild 2).

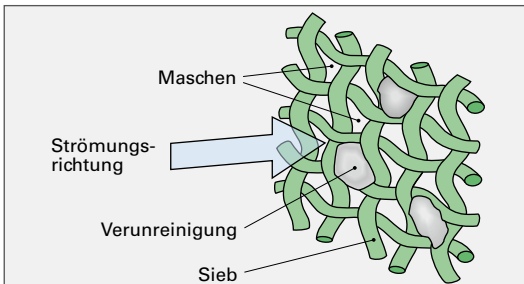


Bild 2: Wirkungsweise eines Siebfilters

**Haftfilter.** Sie sind meist Nassluftfilter. Verunreinigungen, wie Staub, kommen mit der ölbenetzten Filterfläche in Berührung und bleiben dort haften.

**Magnetfilter.** Aus dem vorbeiströmenden Medium werden ferromagnetische Verunreinigungen angezogen, z. B. von der Ölablassschraube.

**Zentrifugalfilter.** Das zu filternde Medium, z. B. Luft, wird in Rotation versetzt. Verunreinigungen werden durch die Fliehkkräfte an die Wand des Filters gedrückt, wo sie sich absetzen.

Filter werden unterschieden nach:

- Luft- und Abgasfilter
- Kraftstofffilter
- Schmierölfilter
- Innenraumfilter
- Hydraulikfilter

### 1.4.1 Luftfilter

Luftfilter sollen die Ansaugluft reinigen und die Ansaugeräusche des Motors dämpfen.

Der Staub in der Luft besteht aus kleinsten Teilchen (0,005 mm bis 0,05 mm). Er führt zum Teil auch Quarz mit sich. Je nach Einsatz des Fahrzeuges (Straße, Baustelle) schwankt die Staubmenge. Diese Staubmenge würde mit dem Schmieröl eine Schleifmasse bilden und starken Verschleiß, besonders an Zylinderlaufbahn, Kolben und Ventilführung, verursachen.

**Luftfilterarten**

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 Dieselmotoren. 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 Ansauggeräusche.

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 Filterelement verschmutzt, so muss es erneuert werden.

**Nassluftfilter.** 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. 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.

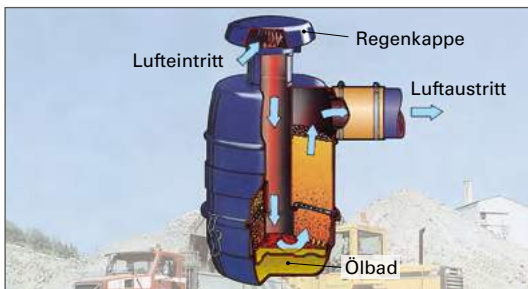


Bild 1: Ölbadluftfilter

**Zyklonvorabscheider.** Sie 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.

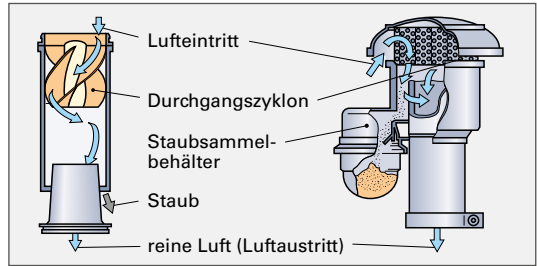


Bild 2: Zyklonluftfilter

**1.4.2 Kraftstofffilter**

Sie schützen die Kraftstoffanlage vor Verunreinigungen und scheiden gegebenenfalls Wasser ab.

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).** Sie 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.

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

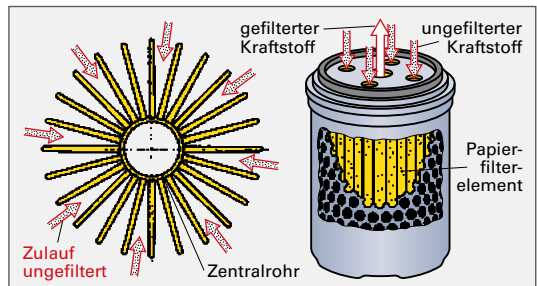


Bild 3: Boxfilter mit Sternfiltereinsatz

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

Zentralrohr gelegt. Die Papierfalten sind oben und unten durch Deckscheiben abgeschlossen. Der Kraftstoff durchfließt das Filter von außen nach innen (radial). Die Schmutzteilchen bleiben an der Filteroberfläche hängen und sinken nach unten ab. Das Wasser kann die feinen Filterporen nicht durchdringen und läuft an der Außenseite des Filterpapiers aufgrund seiner, im Vergleich zum Kraftstoff, höheren Dichte nach unten ab. Es sammelt sich im Wassersammelraum des Filtergehäuses. Der gefilterte Kraftstoff fließt durch die Löcher des Zentralrohres nach innen und dann weiter nach oben ab.

**Wasserabscheider. (Bild 1).** Sie werden in mobilen Arbeitsmaschinen mit Dieselmotor verwendet, um größere Mengen Wasser abzuscheiden. Bei Boxfiltern mit Wasserspeicher kann angesammeltes Wasser durch Verwendung einer durchsichtigen Filterkappe angezeigt werden oder von einem eingebauten Wasserstandsensor (elektronische Leitfähigkeitssonde) erkannt und von einer Warnleuchte in der Instrumententafel angezeigt werden. Eine Ablassschraube am Filtergehäuse ermöglicht das Ablassen von angesammeltem Wasser.

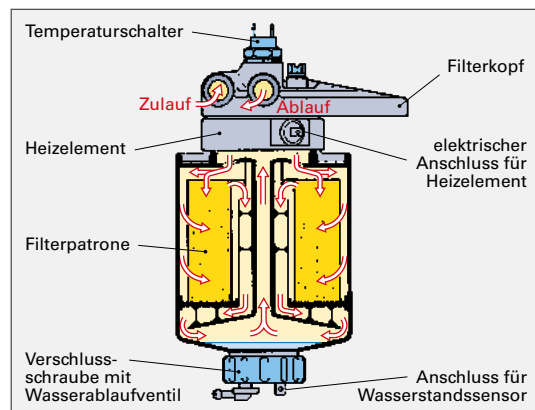


Bild 1: Boxfilter mit Wasserabscheider

### 1.4.3 Ölfilter

Sie vermeiden eine vorzeitige Schmierölverschlechterung, indem sie die vom Schmieröl aufgenommenen Verunreinigungen herausfiltern.

Der Aufbau und die Funktion des Ölfilters ist wie beim Kraftstoffwechselfilter (Bild 3, Seite 15). Die Filtereinsätze entfernen Schmutzteilchen bis etwa 10 µm. Verunreinigungen im Öl, wie z. B. Metallabrieb, Ruß und Staubpartikel, verschlechtern die Qualität des Öls und erhöhen damit den Verschleiß. Durch den Ölfilter verlängern sich die Ölwechselintervalle und die Kühlung des Ölstroms wird verbessert. Ölfilter können jedoch keine flüssigen oder im Öl gelösten Verunreinigungen entfernen. Sie haben auch keinen Einfluss auf chemische oder physikalische Veränderungen des Öls im Motorbetrieb, z. B. durch die Alterung.

### 1.4.4 Hydraulikfilter

Es sind Siebfilter. Sie dienen zur Reinigung der Hydraulikflüssigkeiten, wie z. B. in der Hubwerks-hydraulik, in CVT-Getrieben.

Kunststoffsiebe werden z. B. bei Tankentlüftungsfiltern angewandt. Flache Papierwechselfilter finden z. B. bei Rücklaufiltern Verwendung.

### 1.4.5 Innenraumfilter

Sie filtern die Luft für die Insassen und schützen sie somit vor Staub, Pollen und schädlichen Gasen, z. B. Smog oder Ozon.

**Innenraumfilter (Bild 2).** Sie bestehen aus drei bis vier Lagen. Das Vorfilter hält den groben Schmutz zurück. An dem Mikrofaserfließ, der zweiten Lage, bleiben durch die elektrostatische Aufladung auch kleinste Verunreinigungen der Luft hängen. Die dritte Lage dient als Trägerschicht. Die vierte Lage mit Aktivkohle nimmt gegebenenfalls eindringende gasförmige Schadstoffe, wie Ozon und Abgase, auf. Geruchintensive Substanzen werden hier ebenfalls weitgehend neutralisiert.

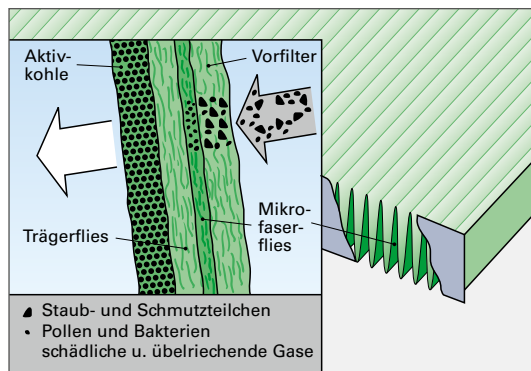


Bild 2: Aufbau eines Innenraumfilters

### 1.4.6 Wartung

#### WARTUNGSHINWEISE

- Filterwechsel nach Herstellerangaben vornehmen (Zeitintervall bzw. Betriebsstunden).
- Die Zeitabstände sind in Wartungsplänen, die durchzuführenden Filterwechsel in Inspektionsplänen festgehalten (vgl. Kap. 1.3).
- Papierfilter müssen gewechselt werden.
- Schaumstofffilter können ausgewaschen und müssen entgegen der Strömungsrichtung ausgeblasen werden.
- Wasser-Kraftstoff-Gemisch aus dem Kraftstofffilter muss umweltgerecht entsorgt werden.

## 1.5 Betriebsstoffe, Hilfsstoffe

**Betriebsstoffe** sind alle Stoffe, die zum Betrieb des Fahrzeuges nötig sind. **Hilfsstoffe** dienen zum Reinigen, Pflegen und Reparieren von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen.

### Betriebsstoffe:

**Flüssige und gasförmige Kraftstoffe**, z.B. Benzine, Dieselmotorkraftstoffe, Erdgas, Wasserstoff. Durch ihre Verbrennung im Motor wird Wärmeenergie erzeugt, die in Bewegungsenergie umgewandelt wird.

**Schmieröle und Schmierstoffe**, z.B. Motorenöle, Schmierfette, Graphit. Sie vermindern Reibung und Verschleiß an gleitenden Teilen.

**Kühlmittel und Gefrierschutzmittel**, z.B. Wasser, Ethylenglykol, Kältemittel. Sie schützen Motoren vor Überhitzung und Frostschäden, oder sie werden für Innenraum- oder Laderaumkühlung eingesetzt.

**Bremsflüssigkeiten**, z.B. Glykolether. Sie übertragen in hydraulischen Bremsanlagen und bei hydraulischen Kupplungsbetätigungen große Drücke und dürfen bei hohen Temperaturen nicht in den gasförmigen Zustand übergehen.

**Flüssigkeiten zur Kraftübertragung**, z.B. ATF-Flüssigkeit, Silikonöl, Hydraulikflüssigkeit. Sie werden in hydrodynamischen Drehmomentwandlern, Servolenkungen, Viscokupplungen oder hydraulischen Hubeinrichtungen verwendet.

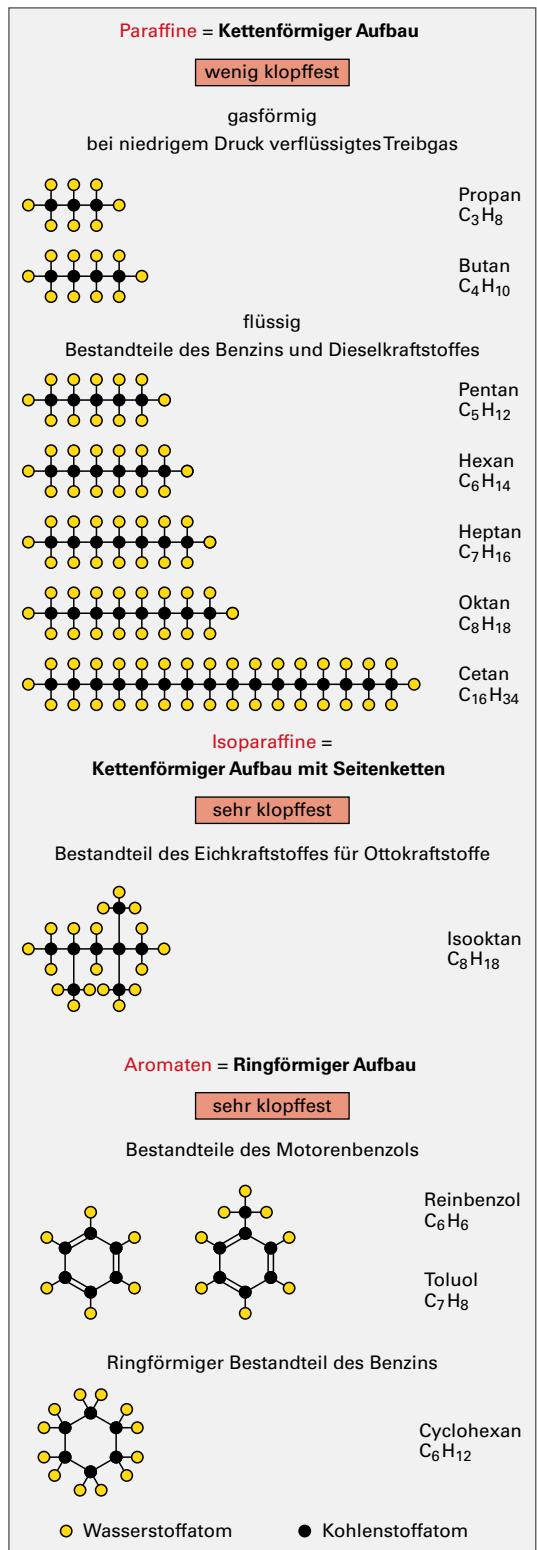
### Hilfsstoffe:

**Reinigungsstoffe für Fahrzeugteile**, z.B. Waschbenzin, Kaltreiniger, Spiritus, Kunststoffreiniger.

**Reinigungs- und Pflegemittel für Fahrzeuge**, z.B. Politur für Lacke, Chrom- und Aluminiumteile, Konservierungsmittel, Scheibenwaschmittel.

### 1.5.1 Kraftstoffe

Alle zurzeit verwendeten Kraftstoffe bestehen aus einem Gemisch unterschiedlicher Kohlenwasserstoff-Verbindungen (**Bild 1**) oder aus reinem Wasserstoff. Bei ihrer Verbrennung werden Wasserstoff- und Kohlenstoffatome der Kraftstoffmoleküle mit Luftsauerstoff zu  $H_2O$  und  $CO_2$  oxidiert. Nur ein Teil der durch diese chemische Reaktion frei werdenden Energie treibt den Motor an. So können zurzeit in Dieselmotoren maximal ca. 46%, in Ottomotoren maximal ca. 35 % als Antriebsenergie genutzt werden. Dies bedeutet, dass der größte Teil der frei werdenden Energie die Umwelt aufheizt. Das bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen frei werdende  $CO_2$  verstärkt als Treibhausgas das Aufheizen der Atmosphäre. Deshalb werden verstärkt Alternativen zum herkömmlichen Verbrennungsmotor gesucht.



**Bild 1: Aufbau der Kohlenwasserstoffmoleküle**

**Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen**

Die Eigenschaften der Kohlenwasserstoffmoleküle werden durch die Größe der Moleküle, dem Verhältnis der Anzahl der Kohlenstoffatome zur Anzahl der Wasserstoffatome und durch ihren Aufbau bestimmt (**Bild 1, Seite 17**).

Während Stoffe, die aus kurzen Ketten bestehen, z.B. Propan  $C_3H_8$ , gasförmig vorliegen, sind Stoffe, die aus langen Ketten bestehen, z.B. Cetan  $C_{16}H_{34}$ , flüssig. Dabei nimmt die Viskosität mit der Anzahl der C-Atome zu.

Der Aufbau der Kohlenwasserstoffmoleküle ist entweder ketten- oder ringförmig.

Paraffine (**Bild 1, Seite 17**) oder Olefine, das sind Paraffine mit einer Zweifachbindung zwischen zwei C-Atomen, sind Moleküle mit einfacher Kettenform. Mit zunehmender Länge dieser Ketten steigt die Zündwilligkeit. Diese Eigenschaft macht sie als Kraftstoff für Dieselmotoren geeignet. Für den Einsatz bei Ottomotoren sind lange Paraffinketten ungeeignet, weil sie eine klopfende Verbrennung auslösen.

Moleküle mit kurzen Seitenketten (Isoparaffine) oder ringförmige Moleküle (Aromate, Cycloparaffine) sind klopfest. Das heißt, sie sind für die Verwendung in Ottomotoren geeignet. Für die Verwendung in Dieselmotoren sind diese Moleküle auf Grund ihrer geringen Zündwilligkeit ungeeignet.

Die extrem klopfesten Aromate, z.B. Benzol  $C_6H_6$ , sind krebserregend. Sie dürfen je nach Stoff entweder gar nicht oder nur in begrenzter Menge für den Betrieb von Motoren verwendet werden.

**Tabelle 1: Kohlenwasserstoffe**

Stoff (in jeweils flüssiger Form)	Dichte $g/cm^3$	Klopfestigkeit ROZ
Butan $C_4H_{10}$	0,60	93,8
Pentan $C_5H_{12}$	0,63	61,7
Hexan $C_6H_{14}$	0,66	24,8
Heptan $C_7H_{16}$	0,68	0
Benzol $C_6H_6$	0,88	99,0

**Kraftstoffgewinnung aus Erdöl**

Der wichtigste Ausgangsstoff für die Kraftstoffgewinnung ist das Erdöl. Dieses besteht aus einer Vielzahl verschiedener Kohlenwasserstoffverbindungen, wobei die Zusammensetzung je nach Herkunft des Erdöls unterschiedlich ist. Auf Grund der Vielfalt der vorhandenen Kohlenwasserstoffe mit völlig unterschiedlichen Eigenschaften müssen die einzelnen Verbindungen voneinander getrennt werden.

Die gewonnenen Zwischenprodukte werden teilweise zu motortauglichen Kraftstoffen weiterverarbeitet. Dies geschieht, weil der Anteil der ursprünglich im Rohöl enthaltenen hochwertigen Kraftstoffe gering ist.

Bei der Verarbeitung des Erdöls unterscheidet man:

- Trennverfahren, z.B. Filtern, Destillieren, Raffinieren
- Umwandlungsverfahren, z.B. Cracken, Reformieren, Isomerisieren

**Filtern**

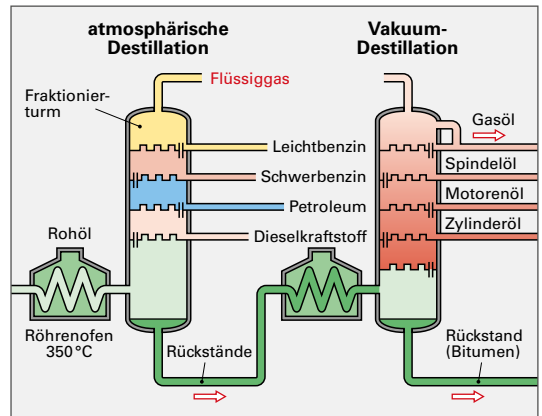
Grobe Verunreinigungen, wie Sand, Wasser und Salze, werden aus dem Rohöl entfernt, bevor die eigentliche Verarbeitung beginnt.

**Destillieren**

**Atmosphärische Destillation (Bild 1).** Das Erdöl wird unter Luftabschluss erhitzt. Bereits bei etwa 20°C scheiden sich Methan und Ethan (**LPG = Liquefied Petroleum Gas** = englische Bezeichnung für Flüssiggas) ab. Die innerhalb eines Siedebereiches bis etwa 180°C verdampfenden Bestandteile ergeben beim Kondensieren die Leichtkraftstoffe, vorwiegend Benzine. Diese setzen sich aus Normalparaffinen (unverzweigte Ketten) und Cycloparaffinen (ringförmig) zusammen. Der Siedebereich von 180°C bis etwa 280°C liefert die mittelschweren Kraftstoffe (Gasturbinenkraftstoff, Kerosin, Petroleum). Im Bereich von 210°C bis etwa 360°C werden die Schwerkraftstoffe für Dieselmotoren erzeugt. Die noch verbleibenden Rückstände werden einer Vakuumdestillation zugeführt.

**Vakuumdestillation (Bild 1).** Bei ihr werden die Rückstände aus der atmosphärischen Destillation unter Vakuum nochmals erhitzt. Durch diese Maßnahme werden die Siedepunkte herabgesetzt. Damit wird verhindert, dass bei weiter steigenden Temperaturen die verbleibenden großen Moleküle unkontrolliert zerfallen. Durch die Vakuumdestillation wird Gasöl gewonnen, das hauptsächlich zu Diesel oder Heizöl weiterverarbeitet wird. Weiterhin werden die Grundöle für die Herstellung verschiedener Schmieröle gewonnen.

Dieses Sammeln der Kraftstoffe nach ihren Siedebereichen nennt man auch fraktionierende Destillation (**Bild 1**).



**Bild 1: Destillieren von Rohöl**

Der bei der Destillation anfallende Anteil an Kraftstoff ist für den heutigen Bedarf viel zu gering.

Durch Crackverfahren kann der Anteil der zur Benzinherstellung tauglichen Grundstoffe erhöht werden (**Tabelle 1**). Auch sind die gewonnenen Crack-Komponenten mit einer ROZ von 88 ... 92 gegenüber den durch die Destillation gewonnenen Rohbenzinen (ROZ = 62 ... 64) relativ klopfest.

Um motortaugliche Kraftstoffe zu erhalten, werden die erzeugten Zwischenprodukte weiteren speziellen Umwandlungsverfahren unterzogen (**Tabelle 2**).

**Tabelle 1: Ausbeute einer Raffinerie**

Erzeugte Produkte	Anteile
Flüssiggas (Propan, Butan)	3 %
Rohbenzin, Naphtha	9 %
Benzin (Ottokraftstoff)	24 %
Flugturbinenkraftstoff, Kerosin	4 %
Dieselmotorkraftstoff	21 %
leichtes Heizöl	21 %
schweres Heizöl	11 %
Bitumen	3 %
Schmierstoffe	2 %
sonstige Produkte, Eigenverbrauch, Verluste	2 %

### Nachbehandlungsverfahren

Die so hergestellten klopfesten Benzine werden durch eine Raffination noch nachbehandelt. Dabei wird die Reinheit des Benzins (Abscheiden von gasförmigen Resten, Schwefel und Harzlösungen) erhöht. Durch Mischen verschiedener Benzine und Zugabe von Ad-

ditiven werden bestimmte Benzinqualitäten (Super plus, Super, Benzin) erreicht und gezielt die Eigenschaften der Ottokraftstoffe verbessert.

### 1.5.2 Ottokraftstoffe

Ottokraftstoffe sind leicht siedende Kraftstoffe. Sie gehören der Gefahrenklasse A I an, weil sie hoch entzündlich sind (Flammpunkt unter 21 °C). Außerdem sind sie giftig und umweltgefährlich. Deshalb sind beim Umgang mit ihnen die entsprechenden Hinweise auf besondere Gefahren (H-Sätze) und Sicherheitsratschläge (P-Sätze) unbedingt einzuhalten.

Die für die Verwendung in Motoren wichtigsten Eigenschaften der Ottokraftstoffe werden durch die DIN EN 228 beschrieben und festgelegt.

#### Siedeverlauf

Beim Ottomotor muss der Kraftstoff leicht und vollständig vergasen, da nur gasförmiger Kraftstoff verbrannt werden kann. Die Vergasbarkeit des Kraftstoffs wird in einer Siedekurve dargestellt (**Bild 1, Seite 20**).

#### Kaltstartverhalten

Damit ein kalter bzw. noch nicht betriebswarmer Motor bei niedrigen Temperaturen sicher anspringt und im Leerlauf rund läuft, benötigt er einen Kraftstoff mit niedriger Siedekurve. Dies bedeutet, dass bei niedrigen Temperaturen bereits ein erheblicher Anteil des Kraftstoffs verdampft sein muss.

**Tabelle 2: Umwandlungsverfahren zur Kraftstoffgewinnung**

Cracken (engl. to crack = zerbrechen)	Abbau von Großmolekülen der höher siedenden Schwerkraftstoffe durch Zerlegen in leichtere und klopfeste Isoparaffine und Olefine (Olefine unterscheiden sich von Paraffinen durch eine Doppelbindung zwischen 2 C-Atomen). Es bleiben schwer siedende Bestandteile übrig, die weiterverarbeitet werden können. Unterschieden werden die Verfahren: Thermisches Cracken, Katalytisches Cracken und Hydrocracken.	ROZ 88 ... 92
Reformieren	Kettenförmige Paraffine aus der Destillation werden mit Katalysatoren (z. B. Platin: Platforming-Verfahren) in klopfeste Isoparaffine und Aromate umgewandelt.	ROZ 93 ... 98
Polymerisieren	Die beim Cracken und Reformieren entstandenen gasförmigen Kohlenwasserstoffe werden über Katalysatoren zu größeren Molekülen zusammengeballt, hauptsächlich zu Isoparaffinen. Werden geradkettige Paraffine in Isoparaffine umgewandelt, so nennt man diesen Vorgang Isomerisieren.	ROZ 95 ... 100
Hydrieren	Anlagerung von Wasserstoffatomen an ungesättigte Olefine zu stabilen, klopfesten Isoparaffinen.	ROZ 92 ... 94
Alkylieren	Olefine und Paraffine werden miteinander zur Reaktion gebracht, sodass Isoparaffine mit hoher Klopfestigkeit entstehen.	ROZ 92 ... 94
MTBE (Methyl-Tertiär-Buthylether)	Durch Umwandlungsprozesse kann Isobutan erzeugt werden. Durch Hinzufügen von Methanol wird daraus ein Ether (MTBE) gewonnen, der extrem klopfest ist.	ROZ 113 ...

Der Anteil des Kraftstoffs, der bei niederen Temperaturen vergast ist, wird entweder durch den **E70-Punkt** (evaporated = verdampfter Anteil bei 70°C) oder durch den **T10-Punkt** (Temperatur, bei dem 10% des Kraftstoffs verdampft sind) beschrieben.

Für einen sicheren Kaltstart müssen bei 40°C ... 50°C mindestens 10% des Kraftstoffs verdampft sein.

### Heißstartverhalten

Bei einem betriebswarmen oder heißen Motor sowie im Sommer besteht die Gefahr der Dampfblasenbildung im Kraftstoffsystem. Die Kraftstoffe dürfen erst bei höheren Temperaturen zu sieden beginnen. Sie müssen schwerflüchtiger sein, d. h., eine höhere Siedekurve besitzen. Dies erreicht man durch einen bestimmten Anteil an schwersiedenden Kraftstoffen, diese haben zusätzlich einen höheren Energiegehalt.

Die hochsiedenden Anteile werden durch den **E180-Punkt** (verdampfter Anteil bei 180°C) oder durch den **T90-Punkt** (Temperatur, bei der 90% des Kraftstoffs verdampft sind) beschrieben.

Ein zu hoher Anteil an schwersiedenden Kraftstoffen führt bei kaltem Motor zu Kraftstoffkondensation an den Zylinderwänden und zu Schmierölverdünnung.

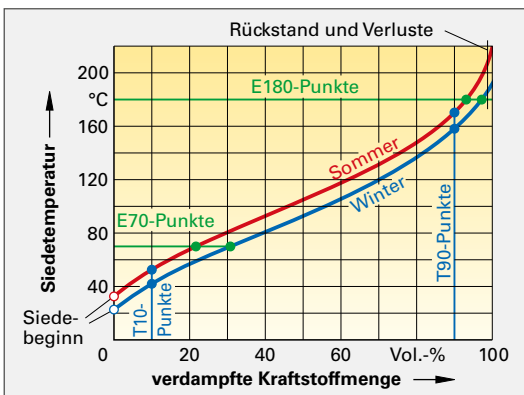


Bild 1: Siedekurven von Ottokraftstoffen

### Klopffestigkeit (ROZ, MOZ)

Die geringe Neigung eines Kraftstoffs, sich unter hohen Temperaturen und Drücken selbst zu entzünden, wird als Klopffestigkeit bezeichnet.

Das Maß für die Klopffestigkeit sind die Research-Oktanzahl (ROZ) und die Motor-Oktanzahl (MOZ).

Beide Oktanzahlen werden weltweit in sogenannten Einzylinder-CFR-Motoren bestimmt. Der zu prüfende Kraftstoff wird durch Vergleich mit einem Bezugs-kraftstoff, der aus einer Mischung aus Isooktan (ROZ = 100) und Normalheptan (ROZ = 0) besteht, ermittelt. Ein zu untersuchender Kraftstoff hat z. B. die Oktanzahl 95, wenn seine Klopffestigkeit so groß ist wie die einer Mischung aus 95% Isooktan und 5% Normalheptan.

Die MOZ weicht von der ROZ ab, da sie bei höherer Drehzahl und Gemischvorwärmung auf ca. 150°C ermittelt wird (Tabelle 1).

In der Praxis zeigt es sich, dass für die meisten Serienmotoren beim Beschleunigen mit Vollgas und niedriger Drehzahl (Beschleunigungsklopfen) die ROZ die aussagekräftigere Größe ist. Mit steigender Drehzahl und Vollast (Hochgeschwindigkeitsklopfen) gewinnt die MOZ an Bedeutung.

Tabelle 1: Prüfbedingungen ROZ – MOZ

	Motor-drehzahl 1/min.	Ansaug-luft-temp. °C	Gemisch-vor-wärmung °C	Zünd-ein-stellung °KW v. OT
ROZ	600	51,7	–	13
MOZ	900	38	140 ... 160	14 ... 26

Da die aus Erdöl gewonnenen Benzine zu geringe Klopffestigkeit besitzen, wird ihre Klopffestigkeit durch Zugabe von Klopfbremsen (Antiklopfmittel) erhöht.

**Metallhaltige Klopfbremsen.** Sie werden in Deutschland wegen ihrer giftigen Verbrennungsprodukte (Blei, Scavengers = Brom- und Chlorverbindungen) nicht mehr verwendet.

**Metallfreie Klopfbremsen.** Aromate, wie Benzol, Toluol und Xylol, liegen in einem Oktanzahlbereich von ROZ 108 ... 112 und erhöhen durch Beimischen die Gesamtoktanzahl des Kraftstoffes. Benzol ist wegen der krebserzeugenden Wirkung auf 1 Vol.-% begrenzt.

**Organische Sauerstoffverbindungen als Klopfbremse.** Alkohole (Methanol, Ethanol), Phenole, Ether haben den Nachteil, dass sie im Kraftstoff schlecht löslich sind, durch Geruch belästigen und weniger wirtschaftlich durch ihren geringeren Energieinhalt sind.

**MTB (Methyl-Tertiär-Buthylether) als Klopfbremse.** Er kann durch seinen hohen Oktanzahlbereich von ROZ 110 ... 115 die Gesamtoktanzahl erheblich beeinflussen. Durch seinen niedrigen Siedepunkt von 55°C wird die Klopffestigkeit des Kraftstoffes besonders im unteren Siedebereich verbessert. Zuzugabe ca. 10% ... 15% zum Kraftstoff.

### 1.5.3 Dieseldieselkraftstoffe

Dieseldieselkraftstoffe sind schwersiedende Kraftstoffe. Sie gehören der Gefahrengruppe A III an (Flammpunkt > 55°C). Sie sind gesundheitsschädlich und umweltschädlich.

Dieseldieselkraftstoffe bestehen hauptsächlich aus einem Gemisch von Olefinen und Paraffinen (kettenförmige, gesättigte Kohlenwasserstoffe). Der Siedebereich der einzelnen Verbindungen liegt zwischen 170°C und 380°C (Bild 1, Seite 21). Die für die Verwendung in Motoren wichtigsten Eigenschaften der Dieseldieselkraftstoffe werden durch die DIN EN 590 festgelegt.