



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Kraftfahrzeugtechnik

# Fachkunde Land- und Baumaschinen- technik

**2. 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
Petersen, Malte	Oberstudienrat	Jübek
Huber, Georg	Fachlehrer	Klosterbeuren
Mann, Jochen	Dipl.-Gwl., Studiendirektor	Schorndorf – Stuttgart
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor	München
van Huet, Achim	Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
Lohuis, Rainer	Dipl.-Ingenieur, Oberstudienrat	Hückelhoven – Köln
Wimmer, Alois	Oberstudienrat a.D.	Berghülen

Für die Mitarbeit an der 1. und 2. Auflage dieses Buches bedankt sich der Arbeitskreis Land- und Baumaschinentechnik bei den Autoren des Arbeitskreises Kraftfahrzeugtechnik.

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.

2. Auflage 2019

Druck 5 4 3

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

ISBN 978-3-8085-2099-4

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](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: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

## Vorwort zur 2. 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.

Dem Gesellen, Meister und Techniker des Land- und Baumaschinenhandwerks, sowie dem 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, Schadstoffminderung. In der Landmaschinentechnik sind Bodenbearbeitung, Bestelltechnik, Pflanzenschutz, Erntetechnik und in der Baumaschinentechnik sind Erdbewegungstechnik und Fördertechnik wichtige Schwerpunkte. Im forstwirtschaftlichen Bereich werden mobile Arbeitsgeräte für die Holzernte und Bearbeitung beschrieben. Im kommunalen Bereich bilden Reinigungsgeräte wie Kehrmaschinen und Schneepflüge Schwerpunkte.

Die **2. Auflage** wurde aktualisiert und durch weitere Themenbereiche ergänzt wie Umschlingungsgetriebe, Düngetechnik, Motorgeräte.

Die bilder des Buches sowie weitere Darstellungen von hydraulischen und elektrischen Schaltplänen finden Sie in unserem virtuellen Medienregal EUROPATHEK (siehe Buchanfang).

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.

Die nachfolgend genannten Firmen haben die Autoren mit Bild- und Informationsmaterial unterstützt. Es wird Ihnen hierfür recht herzlich gedankt.

- Aebi + Co. AG Maschinenfabrik**, Burgdorf, Schweiz, Seiten: 268/3; 308/2
- AEBI Schmidt Deutschland GmbH**, St. Blasien, Seiten: 798/1,3; 799/3,4,5; 800/1,3,4,5; 801/1,2,3,4; 802/1,2; 803/3; 804/3,4; 805/1,2,3,4; 806/2,4; 807/4,6
- AGCO GmbH (Fendt)**, Marktoberdorf, Seiten: 256/1; 290/1; 290/Tbb.1; 291/1; 295/1-4; 307/2; 308/3; 309/1; 310/1; 310/2; 310/3; 311/1; 311/2; 312/1; 319/1; 319/2; 411/2; 412/1; 479/1; 487/2; 604/3; 717/4; 718/2; 719/3; 719/5; 720/4; 725/1; 726/3; 726/4; 726/5; 727/1; 727/2; 727/3; 727/4; 727/5; 727/6; 728/4; 728/5; 730/1; 730/3; 730/2; 731/1; 732/1; 732/4
- Agria-Werke GmbH**, Möckmühl, Seite: 809/3
- Agrifac Machinery B.V.**, Steenwijk, Niederlande, Seite: 655/2a,2b
- Agrotop GmbH**, Obertraubling, Seiten: 669/1,2; 673/1; 682/1,2,3
- Allison**, Sliedrecht, Niederlande, Seite: 299/2-3
- Altek GmbH**, Rottenburg, Seiten: 645/1-3; 646/1; 658/3; 659/3; 660/1
- Amazonen-Werke**, Seiten: 592/1; 593/1; 597/4; 606/1; 606/2; 607/1; 607/3; 607/5; 609/3; 610/4; 611/1; 617/1; 617/2; 617/3; 618/2; 618/3; 618/4; 619/1; 621/1; 622/2; 622/3; 623/2; 623/3; 623/4; 624/1; 624/2; 624/3; 635/Tabelle1; 636/1; 638/4; 641/Tab.1; 648/2,3; 649/2,3; 650/1-3; 655/1; 656/2,3; 657/1,3,4; 658/1,2; 659/1; 661/3; 662/1-4; 664/1-5; 668/1,2; 671/4; 678/3,4,5; 679/1; 681/3; 683/1
- Atlas Copco (Schweiz) AG**, Studen, Schweiz, Seiten: 749/5; 750/1-4; 751/1-4; 757/2; 796/1
- AUDI AG**, Ingolstadt-Neckarsulm, Seite: 154/1
- Baertschi Agrartecnic AG**, Hüsliwil, Schweiz, Seite: 308/1
- Basrijs, BV**, Rijsbergen, Niederlande, Seite: 615/3
- Baumann**, Cavaion, Italien, Seite: 784/3
- Behr Hella Service GmbH**, Schwäbisch Hall, Seiten: 187/1; 188/4; 251/1; 311/3; 313/1; 316/1; 317/1; 317/2; 317/3
- BERCO SpA, Thyssen Krupp, Voigt Werkzeugmaschinen e.K.**, Remscheid, Seiten: 92/1; 92/5
- Bosch Rexroth AG**, Lohr am Main, Seiten: 505/2,3; 506/1,2; 507/1; 510/2,3,4; 511/1,2,3,4; 512/1,2,3,4; 513/1,2,3,4; 514/1,4; 515/2,4; 516/1,4; 517/3,4,5; 518/1,2,3; 519/1,2,3; 520/1,2; 522/4; 523/1,2,3,4; 524/1,2,3; 525/4,5; 528/1,2,3; 529/1,2; 530/1,2; 531/2,3; 532/1,2; 533/1,2; 534/1,2; 535/1,2,4,5; 536/2; 537/2; 539/1,2,3; 540/1,2; 541/1,2; 543/2; 544/1,2; 545/1,4; 546/5,6; 547/1,3,4; 548/1,2,3; 549/2,3,4; 550/1,3; 551/1,2,3; 552/1,2; 553/1; 554/2
- BSA GmbH**, Marktschorgast, Seite: 630/2
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)**, Bonn, Seite: 639/1
- Carl Geringhoff GmbH**, Ahlen, Seiten: 719/2; 719/4; 720/1
- CLAAS KGaA mbH**, Harsewinkel, Seiten: 308/4; 318/1,3; 318/2; 318/3; 320/2; 320/3; 413/2; 414/2; 487/1; 688/1
- CNH Industrial Österreich GmbH**, St. Valentin, Österreich, Seiten: 276/1-2; 296/1-3; 297/1-4; 298/1-2; 307/3; 307/4; 465/1
- Continental Reifen Deutschland GmbH**, Hannover, Seiten: 359/1; 360/2; 360/3; 361/1
- Dieci**, Montecchio Emilia, Italien, Seiten: 786/5; 787/1; 787/3
- DLG e.V. – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft**, Frankfurt/M., Seite: 653/Tbb.1
- Elbe Holding GmbH & Co. KG**, Bietigheim-Bissingen, Seite: 258/6
- Ernst Herbst Prüftechnik e.K.**, Hirschbach, Seiten: 646/2; 683/2
- Fantagu at de.wikipedia**, Seite: 647/2
- Fendt – AGCO GmbH**, Marktoberdorf, Seite: 366/1
- Fiedler Maschinenbau**, Schmölln-Putzkau, Seite: 804/1,2
- Fonds der chemischen Industrie im Verband der chemischen Industrie e.V.**, Frankfurt am Main, Seite: 639/2
- Fritz Hintermayr-Bing-Vergaser-Fabrik**, Nürnberg, Seite: 194/1
- GKN Land Systems**, Lohmar, Seiten: 259/2; 270/1-4; 271/1-5; 272/1-4; 273/Tbb.1; 320/5; 321/1
- Grimme GmbH & Co. KG**, Damme, Seiten: 615/2; 625/1; 625/3; 626/1; 626/2; 626/4; 627/1; 627/3; 734/1; 734/2; 734/3; 734/4; 735/1; 735/2; 736/1; 736/2; 736/3; 736/4; 736/5; 737/2; 737/3; 737/4; 737/5; 737/6; 738/1; 738/2; 739/1; 739/2; 739/3; 739/4; 739/5; 739/6
- Growi Maschinenbau**, Oberthingau, Seiten: 823/2; 824/1; 830/1; 830/3; 830/4
- GVS Agrar AG**, Schaffhausen, Schweiz, Seiten: 262/1; 280/2
- HAHN+KOLB Werkzeuge GmbH**, Ludwigsburg, Seite: 57/1
- HAMM AG**, Tirschenreuth, Seiten: 770/6; 771/1,2,3,4
- HARDI GmbH**, Wedemark-Mellendorf, Seiten: 643/1,2; 644/1,2; 651/4; 653/2; 673/2
- HBM NOBAS Baummaschinen**, Nordhausen, Seite: 762/1-3
- Hella GmbH & Co. KGaA**, Lippstadt, Seiten: 414/1; 414/3; 419/1; 419/2
- Herbert Dammann GmbH**, Buxtehude-Hedendorf, Seiten: 641/Tbb.1; 660/3
- Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH**, Emsbüren, Seiten: 758/1; 768/2
- Hetronic Swiss AG**, Härkingen, Schweiz, Seite: 776/2
- HORSCH Maschinen GmbH**, Schwandorf, Seite: 665/4
- Hunger Maschinenfabrik GmbH**, München und Kaufering, Seiten: 92/2; 92/3; 92/4
- Hydraulik Nord Fluidtechnik GmbH & Co. KG**, Parchim, Seiten: 582/2,3; 583/2,3; 590/2
- IXION Maschinenfabrik Otto Häfner GmbH & Co.**, Hamburg-Wandsbek, Seite: 87/1
- John Deere GmbH & Co. KG**, Bruchsal, Seiten: 646/3; 647/1; 648/1; 652/1,3; 653/1; 658/4; 661/4; 662/1; 663/1,2,4; 674/1-3; 677/2,3,4; 678/1,2; 680/3,4
- Julius Kühn Institut**, Quedlinburg, Seiten: 671/2; 681/2; 683/3
- Jungheinrich AG**, Hirschthall, Schweiz, Seiten: 784/1-2; 785/1-4; 786/1-4
- KAESER KOMPRESSOREN SE**, Coburg, Seite: 795/1
- Kemper GmbH**, Stadtlohn, Seiten: 714/1; 714/2
- Kfz-tech.de**, Seite: 259/1
- Knott GmbH**, Eggstädt, Seiten: 343/3; 344/1; 344/2; 345/2; 347/5
- Komatsu Forest GmbH**, Vöhringen, Seite: 824/2
- Komatsu**, Hannover, Seiten: 758/3; 759/1; 760/3,4;
- Kramer-Werke GmbH**, Pfullendorf, Seite: 754/2
- Krone Maschinenfabrik**, Spelle, Seiten: 256/1; 688/4; 688/5; 689/1; 689/3; 690/2; 690/4; 691/2; 691/4; 691/5; 692/2; 692/3; 693/3; 693/4; 693/5; 694/1; 694/3; 694/4; 695/3; 695/4; 695/5; 697/1; 697/2; 697/3; 697/4; 698/2; 699/5; 700/2; 706/3; 707/1; 707/2; 707/3; 708/1; 712/5; 713/1; 713/2; 714/3; 714/4; 715/1; 716/1; 716/2; 716/4
- Kronos**, Kronoby, Finnland, Seite: 612/3
- Kuhn Maschinen-Vertrieb GmbH**, Genthin-Schoppsdorf, Seiten: 593/1; 603/3; 608/2; 608/5; 611/2; 656/1; 659/2; 681/1; 695/1
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V.**, Groß-Umstadt, Seite: 819/2
- Kverneland Group Deutschland GmbH**, Soest, Seiten: 596/2; 615/1; 623/1; 713/3; 651/1-3; 657/2; 662/4; 665/1,2; 677/1
- Lechler GmbH**, Metzingen, Seiten: 661/1,2; 666/2,3; 670/2,3; 671/1; 673/3; 675/1,Tab.1; 676/2
- Lely International N. V.**, Maassluis, Niederlande, Seiten: 702/2; 704/4; 704/5;
- Lemken GmbH & Co. KG**, Alpen, Seiten: 592/3; 593/1; 594/1; 594/2; 594/4; 595/1; 596/3; 596/4; 596/5; 597/3; 599/3; 600/1; 600/2; 600/4; 600/5; 601/1; 601/3; 601/4; 601/5; 602/2; 602/3; 604/4; 605/4; 609/2; 610/2; 610/3; 613/1; 613/4; 614/1; 614/2; 614/4; 617/4; 641/Tbb.1; 649/1; 663/1; 667/4; 672/4;
- Liebherr – Werk Biberach GmbH**, Biberach an der Riss, Seiten: 767/3; 774/1-4; 775/1-2; 776/1,2-4
- Liebherr – Werk Ehingen GmbH**, Ehingen, Seiten: 754/1; 757/1; 758/2; 778/2-4; 779/1-2; 780/1-5; 781/1-3; 782/1-4; 783/1-2
- Liebherr – Werk Telfs GmbH**, Telfs, Österreich, Seite: 744/1-7
- Liebherr Lagerungen**, Nussbaumen, Schweiz, Seiten: 775/3-4; 780/6
- Liebherr-Baummaschinen AG**, Reiden, Schweiz, Seiten: 299/1; 740/Tbb.1; 740/1; 741/1; 742/1-3; 743/3,4; 745/1; 746/1; 747/1-3; 748/1-3; 749/1-4;
- LuK Schaeffler Automotiv**, Bühl/Baden, Seiten: 260/1; 261/1; 261/2; 263/1; 264/1,3; 265/1
- Mahler AG**, Obfelden, Schweiz, Seite: 787/2

**Mann und Hummel, Filterwerke,** Ludwigsburg, Seiten: 508/4; 509/1,2,3,4

**Maschinenfabrik Schmotzer GmbH,** Bad Windsheim, Seiten: 641/Tbb.1; 642/1; 654/1

**Menzi Muck AG,** Widnau, Schweiz, Seite: 825/2,3

**Michelin Reifenwerke KGaA,** Karlsruhe, Seiten: 359/2; 360/1; 360/4; 364/1; 364/Tbb.3; 366/2; 367/1; 367/2; 367/3; 368/4

**New Holland, MBA AG Baumaschinen,** Basserdorf, Schweiz, Seite: 753/5

**NH Agriculture,** Niederwenigen, Schweiz, Seiten: 276/1-2; 296/1-3; 297/1-4; 298/1-2

**NovoNox,** Markröningen, Seite: 258/5

**Optibelt GmbH,** Höxter, Seiten: 274/2,3,Tbb.

**Otto Boge GmbH & Co.KG,** Bielefeld, Seite: 795/2

**Parker Hanifin GmbH,** Offenburg, Seiten: 555/1; 558/1,2,4,5; 559/1,2; 556/2/1

**Pfanzelt Maschinenbau GmbH,** Rettenbach a. Auerberg, Seiten: 810/1,2; 827/1-3; 828/2; 828/2; 831/1-3

**Porsche AG,** Stuttgart-Zuffenhausen, Seite: 144/3

**Pöttinger Maschinenfabrik,** Grieskirchen, Österreich, Seiten: 256/1; 595/2; 595/3; 595/4; 597/2; 599/2; 601/2; 604/2; 617/6; 621/2; 687/3; 690/1; 690/3; 691/1; 691/3; 692/4; 693/2

**Reform Werke,** Wels, Österreich, Seiten: 686/1; 686/4; 695/2;

**Robert Bosch GmbH,** Stuttgart, Seiten: 505/2,3; 506/1,2; 507/1; 510/2,3,4; 511/1,2,3,4; 512/1,2,3,4; 513/1,2,3,4; 514/1,4; 515/2,4; 516/1,4; 517/3,4,5; 518/1,2,3; 519/1,2,3; 520/1,2; 522/4; 523/1,2,3,4; 524/1,2,3; 525/4,5; 528/1,2,3; 529/1,2; 530/1,2; 531/2,3; 532/1,2; 533/1,2; 534/1,2; 535/1,2,4,5; 536/2; 537/2; 539/1,2,3; 540/1,2; 541/1,2; 543/2; 544/1,2; 545/1,4; 546/5,6; 547/1,3,4; 548/1,2,3; 549/2,3,4; 550/1,3; 551/1,2,3; 552/1,2; 553/1; 554/2; 568/1; 581/1

**Schärmüller GmbH & Co. KG,** Fornach, Österreich, Seiten: 320/1; 320/2; 320/3; 320/4

**SKF Kugellagerfabriken GmbH,** Schweinfurt, Seiten: 149/1; 150/2

**Stahlgruber GmbH,** Poing, Seiten: S.29/1; 93/6

**Walter Stauffenberg GmbH & Co. KG,** Werdohl, Seiten: 556/1,4,5; 558/1,2,4; 559/2

**Stihl AG & Co. KG,** Waiblingen, Seiten: 813/1-3; 815/1-4; 816/1-5; 817/1-3; 818/1-3

**Stirnemann AG,** Olten, Seiten: 772/1; 773/1-5; 777/1; 778/1; 779/3

**Suva,** Luzern, Schweiz, Seite: 819/1

**Swardman GmbH,** Freital, Seiten: 809/1; 809/2

**TeeJet Technologies,** Ludwigsburg, Seiten: 652/2a,2b; 654/2; 655/Tbb.1; 660/2; 666/1,4; 667/1-3,Tbb.1; 668/Tbb.1; 669/3; 670/1; 671/3,4; 672/1-3; 673/4; 674/4; 675/2,Tbb.2; 676/1; 679/2; 680/1

**Valmet Forstmaschinen,** Finnland, Seite: 825/1

**VARTA Autobatterien GmbH,** Hannover, Seite: 421/2

**Väderstad GmbH,** Werder, Seite: 635/Tbb.1;

**Vogel & Noot Landmaschinen GmbH & Co. KG,** Wartberg, Österreich, Seite: 680/2

**Vögele,** Ludwigsburg, Seiten: 788/1,2,3; 789/1,2,3,4; 790/1,2

**Voith GmbH & Co KG,** Heidenheim, Seiten: 286/1; 287/1; 288/1

**Wacker Neuson Linz GmbH,** Hörsching, Österreich, Seiten: 505/1; 769/1,2,3,4; 770/1; 743/1-2

**Wallner Maschinen- Bau und Handel,** Roßbach-Münchsdorf, Seite: 613/3

**Welte Fahrzeugbau GmbH,** Umkirch, Seiten: 824/2; 828/1,3

**Wirtgen GmbH,** Windhagen, Seiten: 791/1,2; 792/1,2,3,4; 793/1,2,3; 794/1,2,3

**WMS Wagner GmbH,** Wallersdorf, Seite: 330/3

**WS Wieländer und Schill GmbH&CoKG,** Tuningen, Seite: 79/4

**Zeppelin Baumaschinen GmbH, Garching bei München**

Seiten: 236/1; 363/1; 760/1-4; 766/1,3

**ZF Zahnradfabrik Friedrichshafen AG,** Friedrichshafen/Schwäbisch Gmünd, Seite: 144/2

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

Nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung und durch Informationsmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

**Alfred Kärcher GmbH & Co. KG,** Winnenden

**Aral AG,** Bochum

**BEHR GmbH & Co.,** Stuttgart

**bema GmbH,** Voltlage-Weese

**BLACK HAWK,** Kehl

**Bomag,** Boppard am Rhein

**Bostik GmbH,** Oberursel/Taunus

**Bressel und Lade Maschinenbau GmbH**  
**Visselhövede OT,** Schwitschen

**Carl Freudenberg,** Weinheim/Bergstraße

**Christiansen's Bioland-Hof,** Esperstoff-Feld

**Continental Teves AG & Co. OHG,** Frankfurt

**Dataliner Richtsysteme,** Ahlerstedt

**Deutsche BP AG,** Hamburg

**Deutz AG,** Köln-Porz

**Dipl.-Ing. Tietjen GmbH,** Bücken

**DUNLOP GmbH & Co. KG,** Hanau/Main

**EMM Motoren Service,** Lindau

**ESSO AG,** Hamburg

**Flötzingler Gerätetechnik GmbH,** Polling

**G. Auwärter GmbH & Co. (Neoplan),** Stuttgart

**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

**H. Dreyer GmbH & Co. KG,** Hasbergen-Gaste

**HAMEG GmbH,** Frankfurt/Main

**Hazet-Werk,** Hermann Zerver, Remscheid

**Hengst Filterwerke,** Nienkamp

**Hydac,** Sierning, Österreich

**IBM Deutschland,** Böblingen

**J. Eberspächer,** Esslingen

**Joseph Vögele AG,** Ludwigshafen

**Jurid-Werke,** Essen

**Knecht Filterwerke GmbH,** Stuttgart

**Knorr-Bremse GmbH,** München

**Kolbenschmidt AG,** Neckarsulm

**KS Gleitlager GmbH,** St. Leon-Rot

**Kühnle, Kopp und Kausch AG,** Frankenthal/Pfalz

**Landwirtschaftliches Technologiezentrum**  
**Augustenberg,** Außenstelle Stuttgart

**Lemmerz-Werke,** Königswinter

**MAHLE GmbH,** Stuttgart

**MAN Maschinenfabrik,** München

**Mannesmann Sachs AG,** Schweinfurt

**Metzeler Reifen GmbH,** München

**MOBIL OIL AG,** Hamburg

**NGK/NTK Europe GmbH,** Ratingen

**OMV AG,** Wien, Österreich

**OSRAM AG,** München

**Pierburg GmbH,** Neuss

**Pirelli AG,** Höchst im Odenwald

**Potain Manitowoc,** Lieusaint, Frankreich

**Rapid Technic AG,** Killwangen, Schweiz

**SATA Farbspritztechnik GmbH & Co.,** Kornwestheim

**Schäffler Automotive,** Langen

**SEKURIT SAINT-GOBAIN Deutschland**  
**GmbH,** Aachen

**SOLO Kleinmotoren GmbH,** Sindelfingen

**Stahlwille E. Wille,** Wuppertal

**Steyr-Daimler-Puch AG,** Graz, Österreich

**Suco, Robert Scheuffele GmbH,** Bietigheim

**SUN Elektrik Deutschland,** Mettmann

**UNIWHEELS GmbH,** Bad Dürkheim

**Wabco Westinghouse GmbH,** Hannover

**Webasto GmbH,** Stockdorf

**ZF Getriebe GmbH,** Saarbrücken

**ZF Sachs AG,** Schweinfurt

**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	Ölfilter	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	Dieselmotorkraftstoffe	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	34
2.2.1	Grundsätze des Arbeitsschutzes	34
2.2.2	Gefährdungsbeurteilung	34
2.2.3	Sicherheitsmaßnahmen	37
2.2.4	Sicherheitszeichen	37
2.2.5	H- und P-Sätze	38
2.2.6	Am Arbeitsschutz beteiligte Institutionen	39

**3 Steuerungs- und Regelungstechnik**

3.1	Grundlagen	40
3.1.1	Steuerungssysteme	40
3.1.2	Regelungssysteme	41
3.2	Aufbau von Steuer- und Regeleinrichtungen	42
3.2.1	Signale	42
3.2.2	Zahlensysteme	43
3.2.3	Verknüpfungssteuerungen	44
3.2.4	Ablaufsteuerungen	44
3.3	Energieformen	46
3.3.1	Mechanik	46
3.3.2	Hydraulik	46
3.3.3	Pneumatik	47
3.3.4	Elektrik	50

**4 Prüftechnik**

4.1	Grundbegriffe der Längenprüftechnik	51
4.1.1	Arten des Prüfens	51
4.1.2	Prüfmittel	51
4.1.3	Einheiten des Messwertes	52
4.1.4	Messabweichungen	52
4.1.5	Messverfahren	53
4.2	Messgeräte	53
4.2.1	Maßverkörperungen	54
4.2.2	Messschieber	54
4.2.3	Messschrauben	56

4.2.4	Messuhr	57
4.2.5	Winkelmessgeräte	57
4.3	Lehren	58
4.3.1	Maßlehren	58
4.3.2	Formlehren	58
4.3.3	Grenzlehren	58
4.4	Toleranzen und Passungen	59
4.4.1	Zweck der Normung	59
4.4.2	Begriffe	59
4.4.3	Anwendungsbereiche	60
4.4.4	Passungen	60
4.4.5	Toleranzangaben	61
4.4.6	Passungssysteme	61
4.5	Anreißen	62

**5 Fertigungstechnik**

5.1	Einteilung der Fertigungsverfahren	63
5.1.1	Hauptgruppen von Fertigungsverfahren	63
5.1.2	Gliederung der Hauptgruppen	63
5.2	Urformen	65
5.2.1	Gießen	65
5.2.2	Sintern	66
5.3	Umformen	68
5.3.1	Biegeumformen	69
5.3.2	Zugdruckumformen	70
5.3.3	Druckumformen	71
5.3.4	Richten	73
5.3.5	Blechbearbeitungsverfahren	73
5.4	Trennen durch Spanen	77
5.4.1	Grundlagen der spanenden Formung	77
5.4.2	Spanende Formung von Hand	77
5.4.3	Grundlagen der spanenden Formung mit Werkzeugmaschinen	84
5.5	Trennen durch Zerteilen	93
5.5.1	Scherschneiden	93
5.6	Fügen	94
5.6.1	Einteilung der Fügeverbindungen	94
5.6.2	Gewinde	95
5.6.3	Schraubverbindungen	96
5.6.4	Stiftverbindungen	101
5.6.5	Nietverbindungen	102
5.6.6	Durchsetzfügen (Clinchen)	103
5.6.7	Welle-Nabe-Verbindungen	104
5.6.8	Pressverbindungen	105
5.6.9	Schnappverbindungen	105
5.6.10	Löten	106
5.6.11	Schweißen	107
5.6.12	Kleben	114
5.7	Beschichten	115
5.8	Korrosionsschutz an Fahrzeugen	117
5.9	Fahrzeuglackierung	118

**6 Werkstofftechnik**

6.1	Werkstoffeigenschaften	122
6.1.1	Physikalische Eigenschaften	122
6.1.2	Technologische Eigenschaften	124
6.1.3	Chemische Eigenschaften	124
6.2	Einteilung der Werkstoffe	126
6.3	Aufbau der metallischen Werkstoffe	127
6.3.1	Kristallgitter der reinen Metalle	128
6.3.2	Kristallgitter von Metalllegierungen	128
6.4	Eisenwerkstoffe	129
6.4.1	Stahl	129

6.4.2	Eisengusswerkstoffe	129
6.4.3	Einfluss der Zusatzstoffe auf die Eisenwerkstoffe	131
6.4.4	Bezeichnung der Eisenwerkstoffe	131
6.4.5	Einteilung und Verwendung der Stähle	133
6.4.6	Handelsformen der Stähle	135
6.4.7	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	135
6.5	Nichteisenmetalle	139
6.5.1	Bezeichnung der NE-Metalle	139
6.5.2	Schwermetalle	140
6.5.3	Leichtmetalle	140
6.6	Kunststoffe	141
6.6.1	Thermoplaste	141
6.6.2	Duroplaste	142
6.6.3	Elastomere	143
6.7	Verbundwerkstoffe	144
6.7.1	Teichenverstärkte Verbundwerkstoffe	144
6.7.2	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	144

**7 Reibung, Schmierung, Lager, Dichtungen**

7.1	Reibung	145
7.2	Schmierung	146
7.3	Lager	147
7.4	Dichtungen	150

**8 Aufbau und Wirkungsweise des Viertaktmotors**

8.1	Ottomotor	151
8.1.1	Arbeitsweise des Ottomotors	152
8.1.2	Merkmale des Ottomotors	153
8.1.3	Verbrennungsablauf Ottomotor	153
8.2	Dieselmotor	154
8.2.1	Merkmale des Dieselmotors	154
8.2.2	Arbeitsweise des Dieselmotors	155
8.2.3	Verbrennungsablauf Dieselmotor	156
8.3	Merkmale von Viertaktmotoren	156
8.4	Arbeitsdiagramm ( <i>p-V</i> -Diagramm)	158
8.5	Steuerdiagramm	160
8.6	Zylinder Nummerierung, Zündfolgen	160
8.7	Viermix-Motor	162
8.8	Motor kennlinien	164
8.9	Hubverhältnis, Hubraumleistung, Leistungsgewicht	165

**9 Otto-Zweitaktmotor**

9.1	Zweitaktmotor	166
9.1.1	Aufbau	166
9.1.2	Arbeitsweise	166
9.1.3	Steuerungsarten	169
9.1.4	Bauliche Besonderheiten	170
9.1.5	Einsatz von Zweitaktmotoren	172

**10 Motoren für mobile Arbeitsmaschinen**

10.1	Motorbauformen	173
10.2	Aufbau des Dieselmotors	173
10.2.1	Zylinderkurbelgehäuse	173
10.2.2	Zylinderkopf	175
10.2.3	Kurbeltrieb	175
10.3	Motorsteuerung – Ventiltrieb	178
10.3.1	Anordnung der Nockenwelle	178
10.3.2	Nockenwellenantrieb	178
10.4	Kompressionsprüfung	179
10.5	Motoraufladung	183
10.5.1	Abgasturbolader	183

10.5.2	Ladeluftkühlung	185
10.6	Motorschmierung	185
10.7	Motor Kühlsystem	187

**11 Gemischbildung**

11.1	Gemischbildung bei Ottomotoren	190
11.1.1	Grundlagen	190
11.1.2	Anpassung des Gemisches an die Betriebszustände	191
11.2	Vergaser	192
11.2.1	Grundsätzliche Wirkungsweise	192
11.3	Vergaserbauarten	192
11.3.1	Einfachvergaser	193
11.3.2	Schiebervergaser	194
11.3.3	Membranvergaser	195

**12 Gemischbildung bei Dieselmotoren**

12.1	Gemischverteilung/Lambdawerte beim Dieselmotor	197
12.2	Verbrennungsablauf beim Dieselmotor	198
12.3	Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung	198
12.4	Arten der Verbrennung	199
12.5	Dieseleinspritzverfahren	199
12.5.1	Arbeitsdiagramm ( <i>p-V</i> -Diagramm)	200
12.5.2	Nutzarbeit, mittlerer Arbeitsdruck	200
12.6	Starthilfsanlagen	201
12.6.1	Glühkerzen	201
12.6.2	Heizflansch	203
12.6.3	Flammstartanlage	203
12.7	Einspritzanlagen für Dieselmotoren	204
12.7.1	Elektronische Dieselregelung (EDC)	204
12.7.2	Common-Rail-Systeme	206
12.8	Pumpe-Leitung-Düse (PLD)	216
12.9	Pumpe-Düse-System	217
12.10	Axialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VE)	221
12.10.1	VE mit mechanischer Steuerung	221
12.10.2	VE mit elektronischer Steuerung (VE-EDC)	224
12.11	Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VP44)	225
12.12	Einspritzanlage mit Reiheneinspritzpumpe	227
12.13	Hydraulisch-elektronisches Pumpe-Düse-System (HEUI)	233
12.14	Einspritzdüsen	234

**13 Schadstoffminderung**

13.1	Abgaszusammensetzung	236
13.2	Emissionsbegrenzung	239
13.2.1	Maßnahmen zur Luftreinhaltung	239
13.2.2	Emissionsgrenzwerte (Stage/TIER)	239
13.3	Minderungsmaßnahmen	240
13.3.1	Motorische Maßnahmen	241
13.3.2	Abgasnachbehandlung	245

**14 Leistungsübertragung**

14.1	Antriebskonzepte	257
14.1.1	Mechanische Antriebe	257
14.1.2	Hydrostatische Antriebe	257
14.1.3	Kombinierte Antriebe	258
14.2	Kupplungen	258
14.3	Reibkupplungen	259
14.3.1	Einscheibenkupplungen	259
14.3.2	Doppelkupplungen	260
14.3.3	Lamellenkupplungen	261
14.3.4	Fliehkraftkupplungen	262
14.3.5	Kräfte an der Kupplung	262

14.3.6	Kupplungsscheiben	263
14.3.7	Kupplungsbetätigung	265
14.4	Antriebswellen am Fahrzeug	267
14.4.1	Gelenkwellen	267
14.4.2	Antriebswellen mit Gleichlaufgelenken	268
14.5	Gelenkwellen zwischen Fahrzeugen und Anbaugeräten	270
14.5.1	Anschlussgabeln	270
14.5.2	Gelenke	270
14.5.3	Rohre	272
14.5.4	Schutzvorrichtungen an Gelenkwellen	272
14.5.5	Kupplungen an Gelenkwellen	273
14.6	Umschlingungsgetriebe	274
14.6.1	Aufbau	274
14.6.2	Riementriebe	274
14.6.3	Gelenkkettentriebe	275
14.7	Wechselgetriebe	276
14.7.1	Handgeschaltete Wechselgetriebe	276
14.7.2	Planetengetriebe	281
14.7.3	Lastschaltgetriebe	284
14.7.4	Stufenlose Getriebe	293
14.7.5	Leistungsverzweigte Getriebe	294
14.7.6	Verteilergetriebe	299
14.7.7	Achsgetriebe	299
14.7.8	Ausgleichsgetriebe (Differenzial)	302

## 15 Land- oder forstwirtschaftliche (lof) Zugmaschinen

15.1	Einteilung von lof-Zugmaschinen	307
15.2	Aufbau der Zugmaschine	309
15.2.1	Kabine und Komforttechnik	310
15.2.2	Rumpfbauweise	318
15.2.3	Koppelung Arbeitsgerät – Zugmaschine	319
15.3	Fahrwerk	322
15.3.1	Fahrdynamik	322
15.3.2	Radaufhängung – Achsen	323
15.4	Radstellungen	324
15.4.1	Radstand	324
15.4.2	Spurweite	324
15.4.3	Spur	324
15.4.4	Spurdifferenzwinkel	324
15.4.5	Sturz	325
15.4.6	Spreizung	325
15.4.7	Lenkrollradius	325
15.4.8	Nachlauf	326
15.5	Grundlagen der Lenkung	327
15.5.1	Drehschemellenkung	327
15.5.2	Achsschenkellenkung	327
15.5.3	Lenkgetriebe	328
15.5.4	Lenkkarten	329
15.5.5	Achsvermessung	330
15.6	Federung	331
15.6.1	Aufgabe der Federung	331
15.6.2	Wirkungsweise der Federung	331
15.6.3	Federarten	335
15.6.4	Schwingungsdämpfer	337
15.7	Bremsen	339
15.7.1	Bremsvorgang	340
15.7.2	Trommelbremse	340
15.7.3	Scheibenbremse	341
15.7.4	Mechanisch betätigte Bremse	344
15.7.5	Hydraulische Bremse	345
15.7.6	Druckluftbremsanlage (Fremdkraftbremsanlage)	350
15.7.7	ABS für Druckluftbremsanlagen	358

## 16 Räder und Reifen

16.1	Anforderungen an das Rad-Reifensystem	359
16.2	Reifenaufbau, Reifenbauarten	359
16.3	Reifenabmessungen, Reifenkennzeichnungen	361
16.3.1	EM-Reifen	363
16.3.2	Landwirtschaftsreifen	366

## 17 Elektrotechnik

17.1	Grundlagen der Elektrotechnik	369
17.1.1	Elektrische Spannung	370
17.1.2	Elektrischer Strom	370
17.1.3	Elektrischer Widerstand	372
17.1.4	Ohmsches Gesetz	374
17.1.5	Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad	374
17.1.6	Schaltung von Widerständen	375
17.1.7	Messungen im elektrischen Stromkreis	376
17.1.8	Wirkungen des elektrischen Stromes	384
17.1.9	Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stromes	385
17.1.10	Spannungserzeugung	387
17.1.11	Wechselspannung	389
17.1.12	Dreiphasenwechselspannung und Drehstrom	390
17.1.13	Magnetismus	390
17.1.14	Selbstinduktion	392
17.1.15	Kondensator	393
17.1.16	Elektrochemie	393
17.1.17	Elektronische Bauelemente	395
17.2	Anwendungen der Elektrotechnik	406
17.2.1	Schaltpläne	406
17.2.2	Signalgeber	411
17.2.3	Beleuchtungsanlage	412
17.2.4	Spannungsversorgung und Bordnetz	420
17.2.5	Elektrische Motoren	427
17.2.6	Starter	430
17.2.7	Drehstromgenerator	437
17.2.8	Relais	447
17.2.9	Elektromagnete	450
17.2.10	Zündanlagen	453
17.2.11	Hochfrequenztechnik	465
17.2.12	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	470
17.2.13	Sensoren	472
17.3	Datenübertragung	479
17.4	Messen, Testen, Diagnose	488

## 18 Hydraulik

18.1	Grundlagen	492
18.1.1	Hydraulische Größen	492
18.1.2	Hydrostatik	493
18.1.3	Hydrodynamik	494
18.1.4	Reibung und Druckverlust in Leitungen	494
18.1.5	Strömungsarten in Leitungen	494
18.1.6	Druckgrößen in Hydraulikanlagen	495
18.2	Hydrauliksymbole	496
18.2.1	Bauteilgruppen und ihre Aufgaben	496
18.2.2	Grundsymbole	496
18.2.3	Hydrauliksymbole	497
18.3	Schaltpläne	500
18.4	Hydraulikflüssigkeiten	501
18.4.1	Anforderungen an Hydraulikflüssigkeiten	501
18.4.2	Einteilung der Hydraulikflüssigkeiten	501
18.4.3	Eigenschaften von Hydraulikflüssigkeiten	503
18.4.4	Mischbarkeit	504
18.5	Ölbehälter	504
18.6	Hydraulikfilter	505



18.6.1	Auswirkung der Verschmutzung	505
18.6.2	Schmutzeintrag ins System	506
18.6.3	Verschmutzungsgrad	506
18.6.4	Einteilung der Filter	507
18.6.5	Aufbau eines Filterelementes	508
18.6.6	Filterverfahren	509
18.6.7	Filterfeinheiten	509
18.7	Hydraulikpumpen	510
18.7.1	Einteilung	510
18.7.2	Pumpen-Bauarten	510
18.7.3	Regler für Verstellpumpen	513
18.8	Hydraulikmotoren	517
18.8.1	Einteilung	517
18.8.2	Bauarten	517
18.9	Hydraulikzylinder	521
18.9.1	Einteilung	521
18.9.2	Einzelteile von Zylindern	522
18.9.3	Dichtungen, Führungsringe, Abstreifer	523
18.9.4	Endlagendämpfung	524
18.9.5	Berechnung am Zylinder	524
18.10	Hydraulikventile	525
18.10.1	Wegeventile	525
18.10.2	Druckventile	532
18.10.3	Stromventile	538
18.10.4	Sperrventile	545
18.10.5	Ventilverkettungen	548
18.11	Wärmetauscher	550
18.12	Druckspeicher	551
18.13	Leitungen	554
18.13.1	Verschraubungssysteme	558
18.14	Zubehör	563
18.15	Grundschaftungen der Mobilhydraulik	564
18.16	Hydraulische Steuerungssysteme	569
18.16.1	Lastdruckabhängige Systeme	569
18.16.2	Lastdruckunabhängige Systeme	575
18.17	Hydraulische Lenkanlagen	581
18.17.1	Aufbau einer hydraulischen Lenkanlage	581
18.17.2	Ausführungen von Lenkaggregaten	581
18.17.3	Funktion des Lenkaggregates DC/NR	582
18.17.4	Load Sensing-Lenkanlage	583
18.17.5	Lenksäulen	583
18.18	Hydrostatische Fahrtriebe	584
18.18.1	Aufbau	584
18.18.2	Fahrtrieb einer einachsigen Zugmaschine	584
18.18.3	Fahrtrieb eines zweiachsigen Fahrzeuges	584
18.19	Hubwerksregelung	587
18.19.1	Regelungsarten bei Krafthebern	587
18.19.2	Einteilung der Hubwerksregelungen	587
18.19.3	Hydraulische Hubwerksregelung	588
18.19.4	Elektrohydraulische Hubwerksregelung (EHR)	589

**19 Bodenbearbeitung**

19.1	Aufgaben der Bodenbearbeitung	592
19.2	Wendende Bodenbearbeitung – Pflügen	594
19.2.1	Der Pflugkörper	594
19.2.2	Wirkungsweise des Pflugs	595
19.2.3	Bauarten	596
19.2.4	Der Vollandpflug	597
19.2.5	Arbeitsbreiteinstellung	599
19.2.6	Fahrweise	599
19.2.7	Straßentransport	600
19.2.8	Der Aufsattelpflug	601
19.2.9	Traktionserhöhung	602
19.2.10	Überlastsicherungen (Steinsicherungen)	602

19.2.11	Die Pflugeinstellung	604
19.3	Durchmischende Bodenbearbeitungsgeräte	606
19.3.1	Kreiselegege/Kreiselgrubber	606
19.3.2	Bodenfräse	608
19.3.3	Grubber	609
19.3.4	Scheibenegge	610
19.3.5	Spatenrollege	612
19.3.6	Federzinkengrubber/Federzinkenegge	613
19.3.7	Striegel	613
19.3.8	Untergrundpacker	613

**20 Bestelltechnik**

20.1	Saattechnik	615
20.1.1	Säen nach konventioneller Bodenbearbeitung	615
20.1.2	Säen nach konservierender Bodenbearbeitung	616
20.1.3	Direktsaatverfahren	616
20.1.4	Streifensaatverfahren	616
20.2	Sämaschinen	616
20.2.1	Drillmaschinen	616
20.2.2	Einzelkornsämaschinen	622
20.3	Kartoffellegemaschinen	625
20.3.1	Anlegen der Pflanzbeete	625
20.3.2	Arten von Kartoffellegemaschinen	625
20.4	Pflanzensetzmaschinen	628

**21 Düngetechnik und Pflanzenschutz**

21.1	Düngetechnik	629
21.1.1	Düngeverordnung (DüV in D)	629
21.1.2	Gülldüngung	630
21.1.3	Ausbringsysteme	633
21.1.4	Festmistdüngung	635
21.1.5	Mineraldüngung	635
21.2	Pflanzenschutz	639
21.2.1	Pflanzenschutzrecht	639
21.2.2	Pflanzenschutzmittel	639
21.2.3	Feldspritzen	641

**22 Raufutterernte**

22.1	Arbeitsschritte bei der Raufutterernte	685
22.2	Mähen	685
22.2.1	Schnittarten	685
22.2.2	Fingerbalkenmäherwerk	686
22.2.3	Doppelmessermäherwerk	686
22.2.4	Kreiselmäherwerk	687
22.3	Aufbereitung des Mähgutes	692
22.4	Wenden	693
22.5	Schwaden	694
22.6	Ladewagen	697
22.7	Pressen	702
22.7.1	Hochdruckpresse	702
22.7.2	Quaderballenpresse	706
22.7.3	Rundballenpresse	709
22.8	Ballenwickelgeräte	713
22.9	Feldhäcksler	714
22.9.1	Aufbau eines selbstfahrenden Feldhäckslers	714
22.9.2	Arbeitsweise	715
22.9.3	Erntevorsatz	715
22.9.4	Automatisierung	716
22.9.5	Fahrtrieb	716

**23 Körnerfruchternte**

23.1	Mähdrescher	717
23.1.1	Einteilung	717
23.1.2	Aufbau und Arbeitsweise	717
23.1.3	Erntevorsätze	718
23.1.4	Einzug und Steinsicherung	720
23.1.5	Dreschsysteme	721
23.1.6	Reinigung	725
23.1.7	Korntank	726
23.1.8	Stroh- und Spreuablage	726
23.1.9	Hangausgleich	727
23.2	Leistungsverteilung	729
23.3	Fahrtrieb	729
23.4	Fahrwerk	730
23.5	Automatisierung	730
23.6	Einstellung	732
23.7	Fernüberwachung	733

**24 Hackfruchternte**

24.1	Kartoffelerntemaschinen	734
24.2	Zuckerrübenerntemaschinen	737

**25 Erdbewegungsgeräte**

25.1	Einteilungen	740
25.2	Bagger	740
25.2.1	Grundaufbau	740
25.2.2	Baugruppen eines Baggers	741
25.2.3	Bedienung des Baggers	742
25.2.4	Baugruppen am Unterwagen	742
25.2.5	Baugruppen am Oberwagen	745
25.2.6	Anbaugeräte	748
25.2.7	Grabkurven	752
25.3	Radlader	753
25.3.1	Weitere Lader	758
25.4	Planiermaschinen	759
25.4.1	Planierraupe	759
25.4.2	Grader	762
25.5	Transportfahrzeuge	766
25.5.1	Muldenkipper	766
25.5.2	Dumper (= Knickgelenkter Muldenkipper)	767
25.5.3	Vorderkipper	768
25.6	Verdichtungstechnik	769
25.6.1	Einteilung der Verdichtungsgeräte	769
25.6.2	Stampfer	769
25.6.3	Vibrationsplatten	769
25.6.4	Walzen	770

**26 Fördertechnik**

26.1	Turmdrehkrane	772
26.1.1	Obendrehender Kran	772
26.1.2	Untendrehender Kran	772
26.1.3	Auslegerarten	773
26.1.4	Spezielle Einrichtungen	774
26.1.5	Funktion der Baugruppen	774
26.1.6	Kranbedienung	776
26.1.7	Traglasttabellen	776
26.1.8	Sicherheitseinrichtungen	777
26.2	Fahrzeugkrane	778
26.2.1	Arten	778
26.2.2	Aufbau eines All-Terrain-Krans	779
26.3	Hubstapler (Gabelstapler)	784
26.3.1	Gegengewichtsstapler	784

26.3.2	Seitenstapler	784
26.3.3	Hubeinrichtung	785
26.3.4	Teleskopstapler	786
26.3.5	Antriebe	787
26.4	Straßenfertiger	788
26.4.1	Einteilung	788
26.4.2	Aufbau eines Straßenfertigers	788
26.4.3	Arbeitsweise	789
26.4.4	Einbaubohlen	789
26.4.5	Nivelliereinrichtungen	790
26.5	Kaltfräsen	791
26.5.1	Einteilung	791
26.5.2	Aufbau einer Kaltfräse	791
26.5.3	Fräswalzen	792
26.5.4	Fräsmeißel	792
26.5.5	Meißelhalter	793
26.5.6	Arbeitsweise einer Kaltfräse mit Raupenfahrwerken	793
26.6	Baukompressor	795

**27 Reinigungsgeräte**

27.1	Kehrmaschinen	798
27.1.1	Einteilung	798
27.1.2	Seitlich ablegende Anbaukehrmaschinen	798
27.1.3	Selbstaufnehmende Anbaukehrmaschinen	798
27.1.4	Selbstaufnehmende Aufbaukehrmaschinen	799
27.1.5	Selbstaufnehmende selbstfahrende Kehrmaschinen	800
27.2	Schneepflüge	801
27.2.1	Einteilung	801
27.2.2	Keilpflüge	801
27.2.3	Einscharige Schneepflüge	801
27.2.4	Mehrscharige Schneepflüge	801
27.2.5	Sonderbauformen	801
27.2.6	Schürfleisten	802
27.2.7	Anbausysteme	802
27.3	Streugeräte	804
27.3.1	Einteilung	804
27.3.2	Walzenstreuer	804
27.3.3	Tellerstreuer	804
27.4	Rotierende Schneeräummaschinen	806
27.4.1	Schneeschleudern	806
27.4.2	Schneefräsen	806
27.4.3	Schneefrässchleudern	806
27.4.4	Schneekehrbesen	807
27.5	Motorgeräte	808
27.5.1	Motorgeräte zum Mähen von Rasen- und Grünlandflächen	808

**28 Forstgeräte**

28.1	Forstseilwinden	810
28.2	Holzsägen	813
28.2.1	Kettensägen	813
28.2.2	Rolltischkreissäge	820
28.2.3	Wippkreissäge	820
28.2.4	Säge-Spaltautomaten	821
28.3	Holzspalter	823
28.4	Harvester	824
28.5	Holzrückegeräte	827
28.6	Tragrückeschlepper (Forwarder)	828
28.7	Holz-Rückewagen	830

<b>Sachwortverzeichnis</b>	832
----------------------------	-----

# Mobile Arbeitsmaschinen und Geräte

## 1.1 Mobile Arbeitsmaschinen

### MERKE

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.“

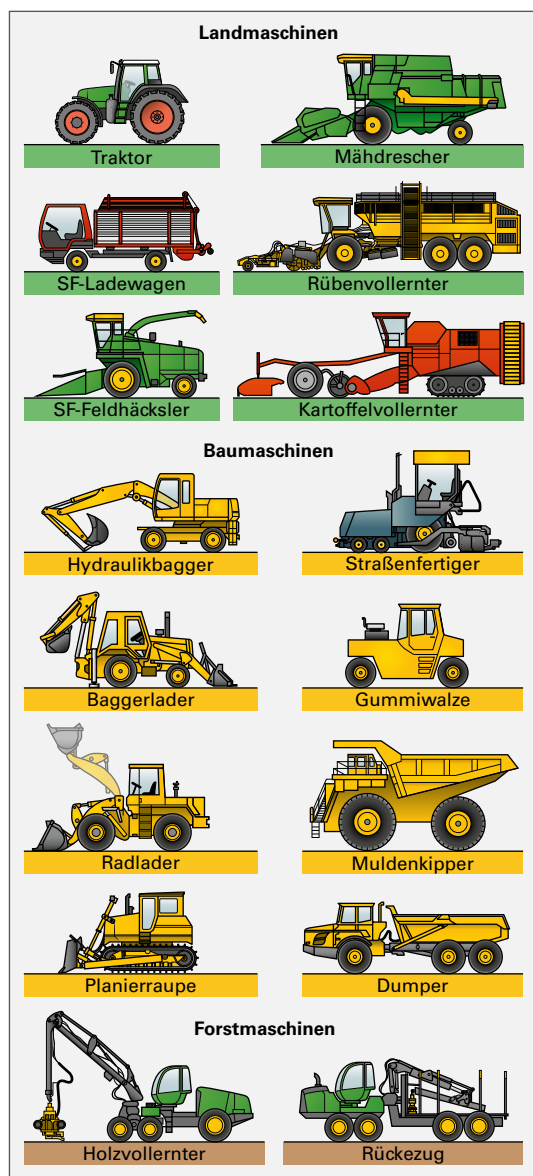


Bild 1: Einteilung mobiler Arbeitsmaschinen

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

### MERKE

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

### MERKE

Zur Erhaltung der Betriebssicherheit eines Fahrzeuges und auch zur Wahrung von Gewährleistungsansprüchen ist fachkundige Wartung und Instandhaltung entsprechend den Herstellervorschriften, 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

### MERKE

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 Service-Intervalle

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

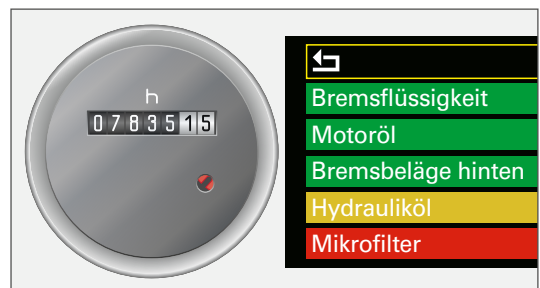
Zur Berechnung des nächsten Inspektionstermins werden neben der Anzahl der Betriebsstunden verschiedene Einflussgrößen aufgezeichnet und in die Berechnung mit einbezogen. Ist der Inspektionstermin erreicht, wird dies dem Fahrer frühzeitig über ein Display mitgeteilt (**Bild 1**). In der Werkstatt wird 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				•	•	•
Motorölfiltereinsatz (-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

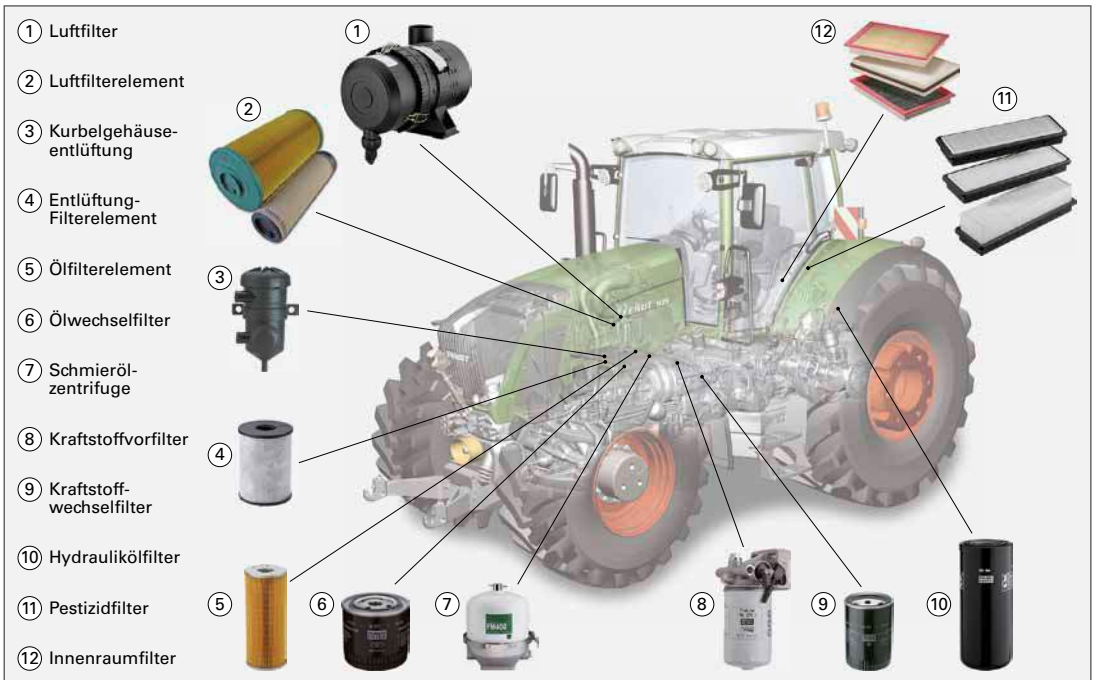


Bild 1: Filter einer Zugmaschine

## 1.4 Filter, Aufbau und Wartung

### MERKE

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).

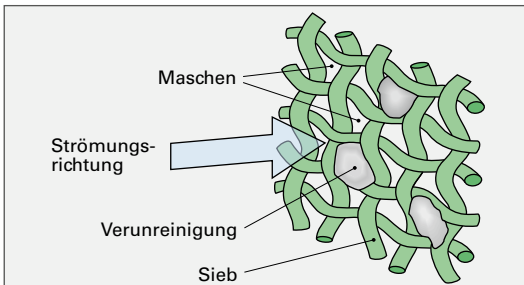


Bild 2: Wirkungsweise eines Siebfilters

**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 Ölblassschraube.

**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

#### MERKE

Luftfilter sollen die Ansaugluft reinigen und die Ansauggeräusche 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.

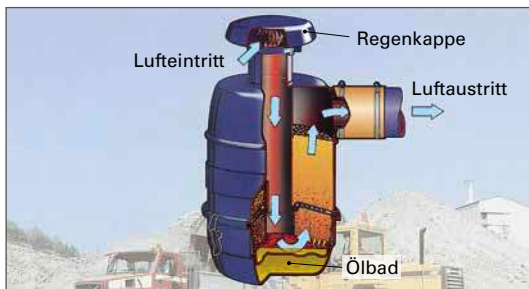


Bild 1: Ölbadluftfilter

**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.

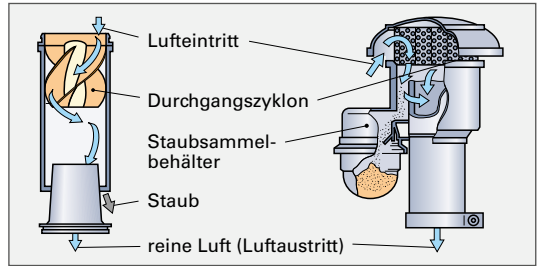


Bild 2: Zyklonluftfilter

**1.4.2 Kraftstofffilter**

**MERKE**

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.

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

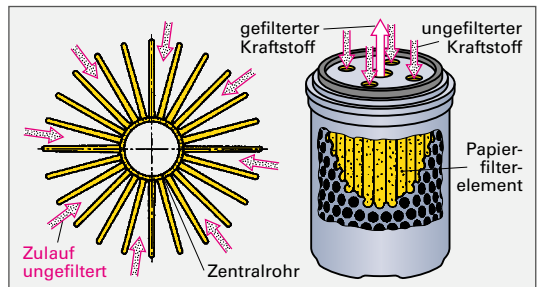


Bild 3: Boxfilter mit Sternfiltereinsatz

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

1

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 ggf. 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 Wasserstandssensor (elektronische Leitfähigkeitssonde) erkannt und von einer Warnleuchte in der Instrumententafel angezeigt werden. Eine Ablassschraube am Filtergehäuse ermöglicht das Ablassen von angesammeltem Wasser.

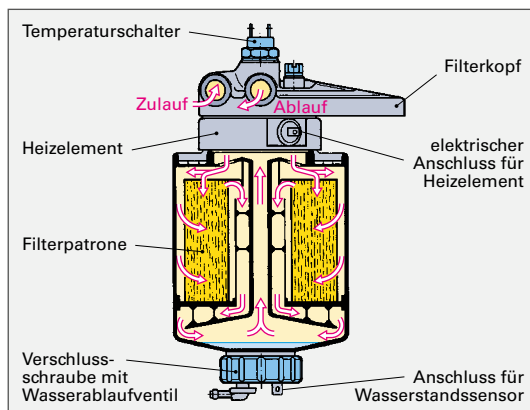


Bild 1: Boxfilter mit Wasserabscheider

### 1.4.3 Ölfilter

#### MERKE

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 Rücklauffiltern Verwendung.

### 1.4.5 Innenraumfilter

#### MERKE

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.

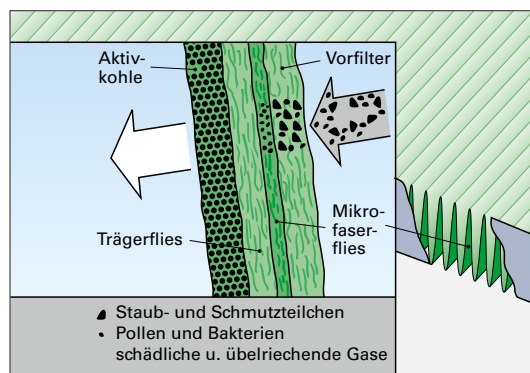


Bild 2: Aufbau eines Innenraumfilters

### 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

### MERKE

**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.

**Bremsschmierstoffe**, 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.

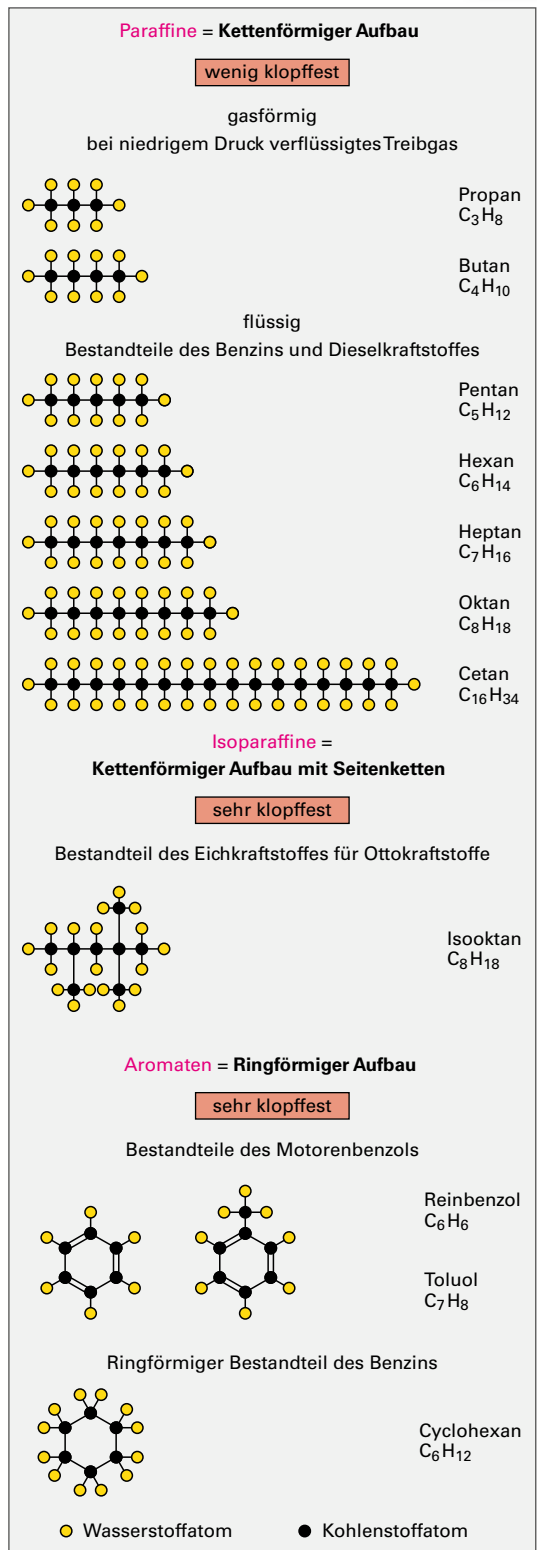
### Hilfsstoffe:

**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 Kohlenwasserstoffverbindungen (**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

### MERKE

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  $20^\circ C$  scheiden sich Methan und Ethan (**LPG = Liquefied Petroleum Gas** = englische Bezeichnung für Flüssiggas) ab. Die innerhalb eines Siedebereiches bis etwa  $180^\circ C$  verdampfenden Bestandteile ergeben beim Kondensieren die Leichtkraftstoffe, vorwiegend Benzine. Diese setzen sich aus Normalparaffinen (unverzweigte Ketten) und Cycloparaffinen (ringförmig) zusammen. Der Siedebereich von  $180^\circ C$  bis etwa  $280^\circ C$  liefert die mittelschweren Kraftstoffe (Gasturbinenkraftstoff, Kerosin, Petroleum). Im Bereich von  $210^\circ C$  bis etwa  $360^\circ C$  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.

### MERKE

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

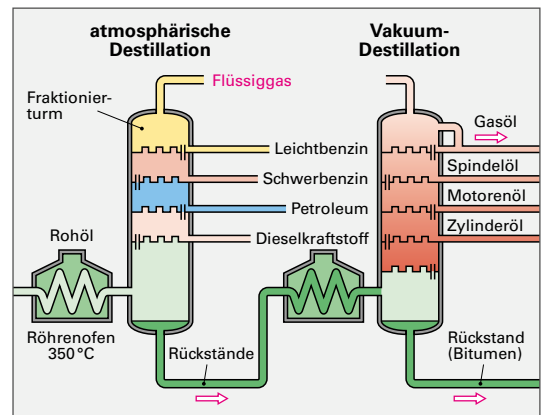


Bild 1: Destillieren von Rohöl

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 (Otto-Kraftstoff)	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

#### MERKE

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 schweresiedende 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.

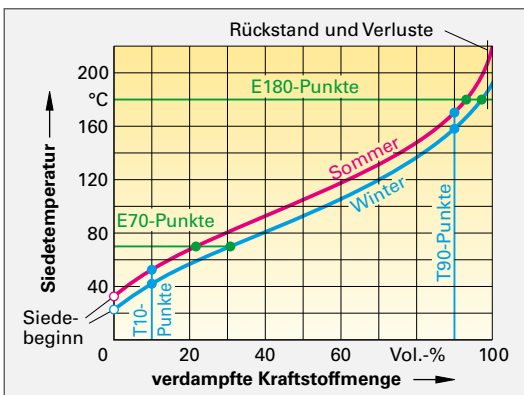


Bild 1: Siedekurven von Ottokraftstoffen

### 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 Bezugskraftstoff, 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 Volllast (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 Dieselkraftstoffe

#### MERKE

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.