

Hans Kleffe

Das Auto

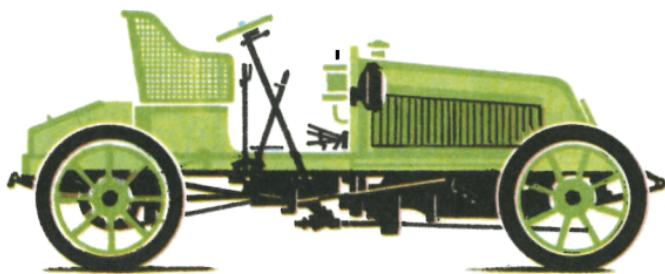
seine Technik und Geschichte



Regenbogenreihe

Hans Kleffe
Das Auto –
seine Technik und Geschichte

Der Kinderbuchverlag Berlin



Illustrationen von Karl-Heinz Wieland



© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1978

Lizenz-Nr. 304-270/126/78-(40)

**Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb
Leipzig – III/18/97**

1. Auflage

LSV 7821

Für Leser von 10 Jahren an

Bestell-Nr. 629 699 4

DDR 3,- M

Wie es zur Dampfkutsche kam

„Ich gratuliere dir zu deinem neuen Schlitten“, sagte neulich jemand auf der Straße zu einem jungen Mann, der freudestrahlend seinem Trabant entstieg. Offensichtlich hatte er ihn soeben erst erstanden. Das Auto hat heute verschiedene Spitznamen. Die einen nennen es ihren fahrbaren Untersatz, die anderen sprechen vom Straßenkreuzer, und manche sagen auch halb respektlos, halb liebevoll Schlitten zu ihrem komfortablen Gefährt. Eine Art Schlitten war übrigens der früheste Vorfahre des Autos, denn das älteste und einfachste Land-Transportmittel war die Schleife. So hieß sie, weil man sie über den Boden schleifte wie einen Schlitten, allerdings nicht nur bei Schnee und Eis, sondern auch auf trockenem Boden. Ähnlich wie der Schlitten bestand die Schleife aus zwei glatt behauenen Baumstämmen oder Brettern, die als Kufen dienten. Quer darüber waren Hölzer befestigt. Sie bildeten die Ladefläche.

Wieviel Kraft dazu gehörte, eine Schleife zu ziehen, ahnen wir, wenn wir bei einer winterlichen Schlittenpartie zwischendurch eine schnee- und eisfreie Stelle passieren. Dann wird der Schlitten plötzlich scharf gebremst. Die Kraft, die ihn bremst, nennt man in der Physik Reibung. Der Erdboden ist nicht glatt wie ein Spiegel, sondern hat sehr viele kleine Erhöhungen und Vertiefungen. Auch die Schlittenkufen, die – mit bloßem Auge betrachtet – ideal glatt erscheinen, zeigen, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet, ungezählte feine Unebenheiten. Gleiten zwei Körper aufeinander, so hemmen die Unebenheiten ihrer Oberflä-

chen die Bewegung. Sie erzeugen eine starke Gleitreibung.

Irgendwann in früher Zeit fiel es den Menschen auf, daß sich ein schön gerade gewachsener und glatt behauener Baumstamm viel leichter über den Boden rollen als in seiner Längsrichtung wie eine Kufe schleifen läßt. Beim Rollen tritt nämlich nur die Rollreibung auf, die wesentlich geringer als die Gleitreibung ist. Wenn nämlich ein Körper auf einem anderen abrollt, nähern sich die feinen Unebenheiten beider Körper einander in ähnlicher Weise wie die Zähne zweier benachbarter Zahnräder und entfernen sich auch ebenso wieder. Dabei werden die Unebenheiten viel leichter überwunden als beim Gleiten.

Mit der Entdeckung, daß sich walzenförmige Körper leichter rollen als schleifen lassen, war man der Erfindung des Rades, einer der bedeutendsten Erfindungen der Menschheitsgeschichte überhaupt, schon einen Schritt näher gekommen. Denn nur infolge der stark herabgesetzten Reibung wurde es möglich, schwere Lasten mit verhältnismäßig geringem Kraftaufwand und hoher Geschwindigkeit auf dem Landwege zu befördern.

Aber so schnell ging es in der Geschichte der Technik nicht voran. Bevor man lernte, das Rad zu nutzen, wurden schwere Lasten erst einmal durch Unterlegen von Baumstämmen transportiert. So gelangten die schweren Steine, aus denen die ägyptischen Pyramiden erbaut sind, ebenso wie die großen Decksteine der Hünengräber an Ort und Stelle. Panzerschränke bewegt man noch heute mittels untergelegter Rundeisen. Das

geht recht langsam und mühselig. Während die Last über die Walzen hinwegrollt, werden diese hinten nach und nach freigegeben und müssen jeweils vorn wieder vorgelegt werden.

Das Rad war erfunden, als man auf die Idee kam, von einem Baumstamm Scheiben abzuschneiden und in der Mitte mit einem Loch zu versehen, durch das eine Achse gesteckt werden konnte. In Ägypten gab es einachsige Karren mit zwei Rädern schon um 1500 vor unserer Zeitrechnung (v. u. Z.). Später wurden die primitiven Scheibenräder durch solche mit Felge und Speichen ersetzt. Da die Achse und die Räder das ganze Gewicht des Fahrzeugs, seiner Beladung sowie des Fahrers und der Fahrgäste zu tragen haben, kann die Achse bei zu schwerer Last brechen, und ist der Boden weich und tief, sinken die Räder ein. Baut man einen Wagen mit zwei Achsen und vier Rädern, so wird jede Achse und jedes Rad im Vergleich zu einem einachsigen Karren mit zwei Rädern nur mit dem halben Gewicht belastet. Der vierrädrige Wagen war ein weiterer Fortschritt auf dem Wege zu leistungsfähigen Land-Transportfahrzeugen. Schwerlastkraftwagen haben heute drei oder vier, Eisenbahnwagen für besonders große Lasten sogar vier und mehr Achsen.

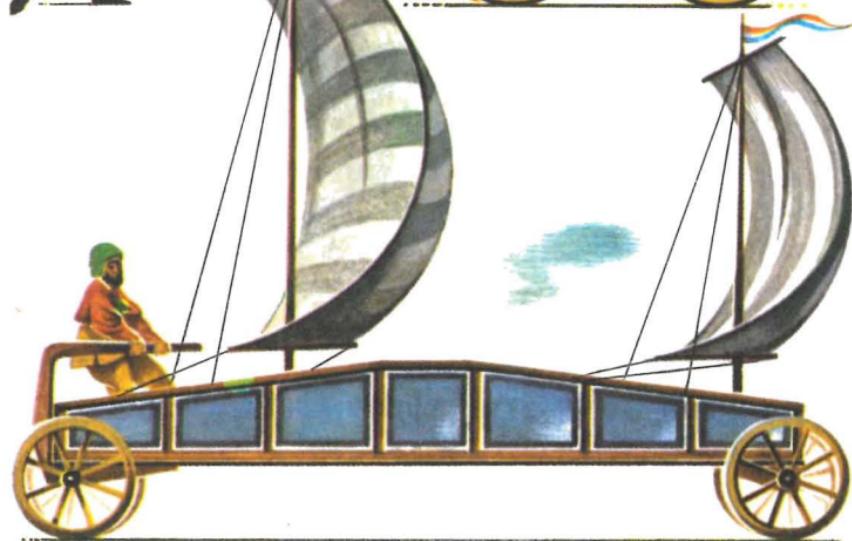
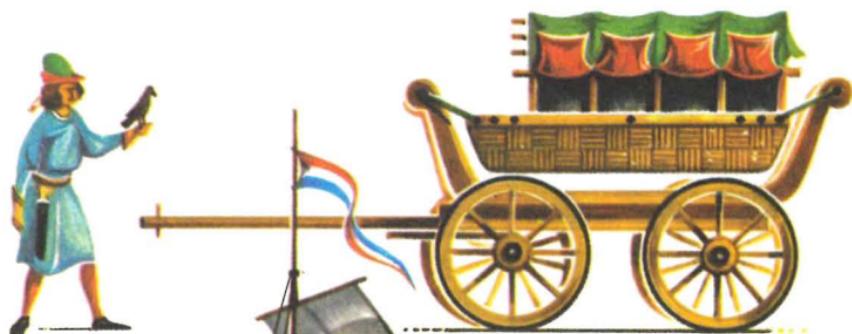
Die Römer fuhren keine Kurven

Für einen leistungsfähigen Landverkehr genügen Fahrzeuge allein aber nicht. Ebenso wichtig ist ein Netz von Straßen mit fester Fahrbahndecke. Straßen aber entstehen nicht von Natur aus. Man muß sie bauen und laufend instand halten. Wenn wir uns eine Landkarte

der ältesten europäischen Staaten ansehen, dann fällt etwas Merkwürdiges auf. Fast alle größeren Siedlungen liegen an den Küsten oder Flussläufen, nur einige wenige im Landesinnern. Der Grund dafür ist sehr einfach: Es gab noch kein gut ausgebautes Straßennetz. Ohne Straßen aber konnte man zum Beispiel die großen Mengen Nahrung, die eine auf kleinem Raum beisammen wohnende Stadtbevölkerung zum Leben benötigt, nicht heranschaffen. Nur an den Küsten und auf den Flüssen war das Problem des Massengütertransports zu lösen. Denn dort gab es einen Verkehrsweg, den man nicht zu bauen brauchte und mit verhältnismäßig geringem Aufwand instand halten konnte: das Wasser. Schiffe fuhren an den Küsten und auf den Flüssen entlang und beförderten die lebensnotwendigen Güter.

Erst die Römer errichteten ein hochentwickeltes Straßensystem. Allerdings geschah das nicht in erster Linie zur sicheren Versorgung der Bevölkerung, sondern aus militärischen Gründen. Das Römische Reich beherrschte und unterdrückte viele fremde Völker, die weitab von Rom lebten. Erhoben sich die Unterdrückten gegen die Fremdherrschaft, so konnten die Römer die Aufstände leichter niederschlagen, wenn es gelang, schnell große Truppenverbände dorthin zu bringen. Für den Vormarsch der römischen Legionen wurden befestigte Straßen gebaut, die sich bis zum Süden des

Von oben nach unten: Persischer Wagen, um 600 v. u. Z.; Korbwagen, um 1350; Segelwagen, 16. Jh.



heutigen Großbritannien, nach Spanien und zum Persischen Golf erstreckten.

Diese Straßen hatten eine merkwürdige Besonderheit. Sie verliefen nur geradeaus. Berge und andere Hindernisse wurden nicht durch Kurven umgangen, sondern geradewegs überquert. Kreuzende Straßen in den Städten waren im rechten Winkel angelegt. Kurios ist die Ursache dieser eigenartlichen Straßenführung. Die Römer verfügten nämlich noch nicht über Fahrzeuge mit drehbarer Vorderachse. Sie konnten daher nur geradeaus, aber keine Kurven fahren. Sollte an einer Kreuzung die Fahrtrichtung geändert werden, so mußten die Vorder- oder Hinterräder vom Boden abgehoben und das Fahrzeug gedreht werden. Die Dreh-schemel-Lenkung, bei der die Vorderachse auf ein Gestell montiert ist, das sich wie ein Schemel drehen läßt, wurde erst später erfunden.

Per „Hafermotor“ mit 6 km/h

Eine neue Bedeutung erlangten Straßen, als in der frühkapitalistischen Zeit der Handel einen spürbaren Aufschwung nahm und verbesserte Land-Verkehrswege erforderte. Aber an ein Straßennetz, wie wir es heute kennen, war auch damals noch nicht zu denken. In welchem Zustand sich zum Beispiel noch im Jahre 1635 die Straßen befanden, läßt ein Bericht über damalige Verkehrsunfälle ahnen. Überhöhte Geschwindigkeit stand zu dieser Zeit noch nicht in der Spitzengruppe der

Oben: Postkutsche, um 1870

Unten: Pferdeomnibus, um 1880



Unfallursachen, obwohl auch das vorkam; auf abschüssigen Straßen konnte das Gefährt manchmal nicht mehr gebremst werden und überschlug sich. Die größte Gefahr barg damals der Straßenzustand. So starben nach dem erwähnten Bericht auf der kurzen Strecke zwischen Frankfurt am Main und Darmstadt innerhalb von nur zwei Monaten 21 Menschen durch Umstürzen der Kutschwagen im Morast. Ein großer Teil der Opfer kam dadurch ums Leben, daß sie im Sumpf versanken und erstickten.

Um diese Zeit wurden die Wagen von Pferden gezogen. Aber auch das war nicht von Anfang an so. Im Altertum konnten Pferde nur kleine, leichte Wagen ziehen. Schwer beladene Fahrzeuge mußten von Ochsen gezogen werden. Sie kamen natürlich nur langsam voran. Wollte man schnell vorwärts kommen, so brauchte man ein Pferd zum Reiten. Als Zugtier für schwere Wagen schied es aus, weil man ihm zunächst das gleiche Geschirr anlegte wie dem Rind, ohne den anderen Körperbau des Pferdes zu berücksichtigen. Das Rindergeschirr schnürte dem Pferd die Luftröhre zu, sobald es kräftig ziehen mußte. Erst im 10. Jahrhundert kamen für Pferde geeignete Geschirre auf. Nun begann allmählich die Zeit des „Hafermotors“, wie man das Pferd scherhaft nennt, weil es Hafer frißt und dafür Zugkraft liefert.

Im 15. Jahrhundert schließlich baute man außer schweren Wagen für den Gütertransport auch kleine, leichte Rollwagen, die schneller fuhren, als der Mensch zu Fuß vorankam. Freilich war die Benutzung solcher Kutschen ziemlich teuer, so daß arme Leute sich Reisen

nicht leisten konnten. Über die Fahrzeiten gibt ein sächsisches Kursbuch von 1706 Aufschluß. Eine Fahrt von Berlin nach Leipzig dauerte 32 Stunden. Von Leipzig nach Warschau reiste man fünf Tage. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit betrug 6 bis 7 Kilometer je Stunde (km/h).

Als die Dampfmaschine erfunden war, versuchte man, sie auch zum Antrieb von Straßenfahrzeugen anzuwenden. Lange bevor es Eisenbahnen mit Dampflokomotiven gab, wurden Dampfautos gebaut. Die ersten beiden Dampfwagen konstruierte der Franzose Nicolas Joseph Cugnot 1765 bis 1770. Das war vorerst aber nicht mehr als ein Experiment, denn sie erreichten eine Geschwindigkeit von nur 4 km/h. Brauchbare Dampfwagen entstanden viel später. Die ersten Schienenfahrzeuge wurden dagegen nicht von Dampfmaschinen getrieben, sondern von Pferden gezogen. Ende der zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts verkehrten auf der 120 km langen Straße zwischen London und Bath Dampfkutschen, die mit einer Geschwindigkeit von 16 bis 30 km/h fuhren und bis zu 50 Personen beförderten. In Berlin verkehrte noch 1880 versuchsweise eine Dampfkutsche zwischen dem Tiergarten und der Charlottenburger Chaussee. Sie verbrauchte je Kilometer 4 kg Koks und erreichte eine Geschwindigkeit von 35 km/h. Damit war sie immerhin wesentlich schneller als die Pferde-Omnibusse.

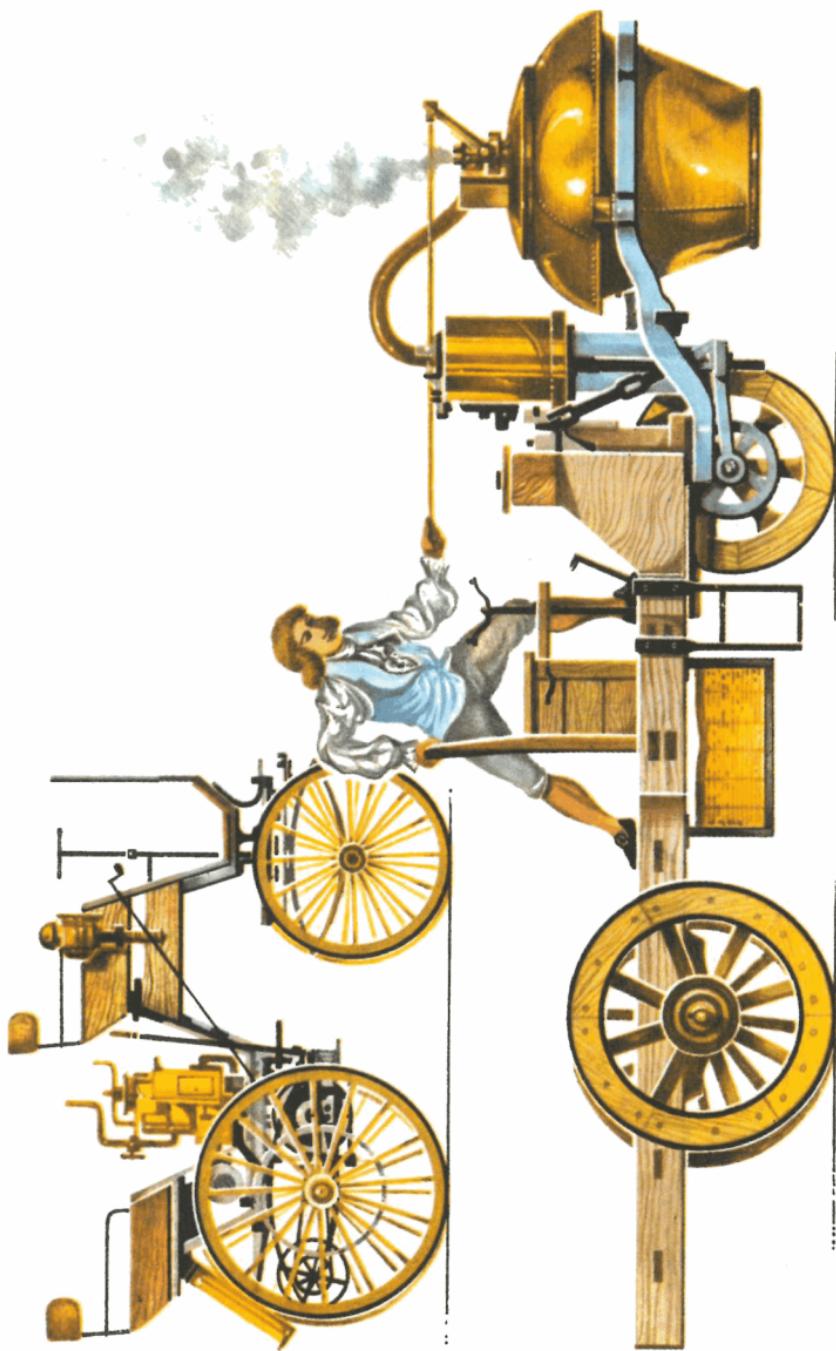
Als Antriebsmittel eines Straßenfahrzeugs konnte sich die Dampfmaschine letztlich jedoch nicht durchsetzen. Dafür war sie zu groß und zu schwer. Auf nicht ganz fester Straßendecke sanken die Räder der Dampfkut-

sche hilflos ein. Die Räder eines so schweren Fahrzeugs brauchen einen festen Grund, wie ihn das Eisenbahn-gleis mit seinem Unterbau darstellt. Für Straßenfahrzeuge ist ein Triebwerk erforderlich, das bei hoher Leistung klein und leicht ist.

1860 konstruierte der Franzose Jean Joseph Étienne Lenoir einen Motor, in dem Leuchtgas verbrannte. Diesen Gasmotor entwickelten Nikolaus Otto, der eigentlich Kaufmann von Beruf war und sich nur aus Liebhaberei mit der Technik beschäftigte, und sein Mitarbeiter Eugen Langen später weiter. Noch heute werden die nach diesem Grundprinzip funktionierenden Triebwerke Ottomotoren genannt. Fast alle Personenkraftwagen (Pkw) haben Ottomotoren. Daraus darf man aber nicht schließen, daß die heutigen Kraftfahrzeugmotoren denen gleichen, die Otto in den sechziger und siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts konstruierte.

Zunächst wurde der Ottomotor nicht anders als der von Lenoir mit Leuchtgas betrieben und war schon deshalb nur für den ortsfesten Betrieb, nicht aber für Fahrzeuge geeignet. Otto führte seinen Gasmotor 1867 auch auf der Pariser Weltausstellung vor. Er funktionierte für damalige Verhältnisse so verblüffend gut, daß die Experten Verdacht schöpften, der Erfinder hätte einen faulen Trick angewandt. Erst als sie das Fundament unter dem Motor aufgemeißelt und nachgesehen hatten, daß alles mit rechten Dingen zging und der

Erster Dampfwagen von Cugnot, 1769
Oben links: Daimlerwagen, 1885



Motor von selbst so gut funktionierte, waren sie überzeugt. Der Motor erhielt als „beste Gasmaschine der Welt“ eine Goldmedaille.

Um 1876 begann Otto Experimente mit einem neuen Kraftstoff; er baute den ersten Benzинmotor. Das Zeitalter des Autos begann damit aber immer noch nicht. Der Motor lief zu langsam, mit zu geringer Umdrehungszahl. Erst Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach verbesserten 1883 den Ottomotor so weiter, daß er bei einer Leistung von 1,5 PS 800 bis 900 Umdrehungen je Minute (U/min) erzielte. (Was unter dem Kurzzeichen PS zu verstehen ist, wird auf Seite 86 erläutert.) Im Vergleich zu den Triebwerken heutiger Pkw – der Wartburgmotor erreicht zum Beispiel 5000 U/min – war das zwar noch nicht viel, doch für den Anfang reichte es.

Es begann mit einem „Feuerstuhl“

Das Sammeln kleiner Modelle alter Autotypen – man nennt sie heute Oldtimer – ist mittlerweile vielen zum Hobby geworden. Originale sehr alter Autotypen findet man als wohlgehütete Schätze in Museen. Einige Oldtimer können sogar noch heute fahren. Sie werden von ihren Besitzern liebevoll gepflegt und gelegentlich bei Rundfahrten öffentlich vorgeführt. Die Geschichte der Motorisierung begann aber gar nicht mit einem Auto, sondern mit einem Motorrad.

Es war in dem kleinen württembergischen Städtchen Bad Cannstatt, und man schrieb das Jahr 1885, als in dem Gartenhäuschen von Gottlieb Daimler merkwürdige Dinge vor sich gingen. Sein Gärtner und Haus-

diener Weinbuch beobachtete mit wachsender Sorge, wie es hinter verhängten Fenstern und verschlossenen Türen Tag für Tag hämmerte, knallte und polterte. Manchmal dauerte das seltsame Treiben bis tief in die Nacht. Sollte sich der feine Herr Daimler dort eine Falschmünzer-Werkstatt eingerichtet haben? Heimlich machte sich der Gärtner auf den Weg zur Polizei und meldete die verdächtigen Geräusche. Ebenso heimlich schllichen sich daraufhin eines Nachts, als die Cannstatter noch fest schliefen, Polizisten zum Gartenhaus und öffneten die Tür mit einem von Weinbuch gelieferten Nachschlüssel. Offen wagte niemand, den angesehenen Bürger Daimler der Falschmünzerei zu verdächtigen.

Was die Polizisten vorfanden, waren allerdings nur vielerlei Räder und Maschinenteile, die sich zum Stanzen und Prägen von Münzen nicht eigneten. Also konnte man gegen die seltsame Beschäftigung Daimlers vorerst nichts unternehmen. Eines Tages lüftete sich dann das Geheimnis dessen, was in dem Gartenhaus vor sich gegangen war. Auf der Straße erschien neben der Pferdebahn, den Pferdekutschen und den Fahrrädern, die damals noch ein sehr großes Vorder- und ein sehr kleines Hinterrad hatten, ein neues Verkehrsmittel: das Motorrad. Knatternd und ratternd fuhr der erste „Feuerstuhl“ der Welt mit einer Geschwindigkeit von 12 km/h über die Straße, ohne daß man wie beim Fahrrad die Pedale zu treten brauchte.

Der Petroleum-Reitwagen

Daimlers Motorrad hatte einen Rahmen aus Eichenholz,

der mit Stahlbeschlägen verstärkt war, und eisenumreifte Holzräder. Als Sitz diente ein sattelähnlich gebogenes Blech, das nur mit Leder bezogen und weder gepolstert noch gefedert war. Um ein Umkippen des Zweirades zu verhindern, hatte Daimler neben dem Hinterrad zwei kleine Stützräder angeordnet. Petroleum-Reitwagen wurde dieses Gefährt in der Patenturkunde Nr. 36423 vom 29. August 1885 offiziell genannt.

Unter dem reichlich harten Sitz befand sich der Motor von 0,5 PS. Zum Ingangsetzen der Maschine diente eine Handkurbel. Die Kraftübertragung vom Motor auf das Hinterrad erfolgte mittels eines Zweigang-Riemengetriebes. Um vom ersten in den zweiten Gang überzuwechseln oder umgekehrt, das heißt die Geschwindigkeit zu verändern, mußte man anhalten und den Lederriemen mit der Hand auf eine andere Riemenscheibe umlegen. Der Gangwechsel war vor allem dafür bestimmt, sich der unterschiedlichen Straßenbeschaffenheit anpassen zu können. Auf schlechter Straße fuhr man im ersten Gang mit 6 km/h, auf guter Straße im zweiten mit 12 km/h.

Scheu wichen die Leute zurück, als sie erfuhren, daß dieses Gefährt mit dem „ungeheuer gefährlichen Benzin“ betrieben wurde. Es galt damals als so gefährlich, daß man nicht gewagt hätte, sich einem Benzinmotor mit brennender Zigarette zu nähern!

Schon im nächsten Jahr, 1886, bereitete Daimler den Cannstatter Bürgern eine neue Sensation. Er hatte inzwischen einen Motor von 1,5 PS in eine vierrädrige Kutsche zwischen der vorderen und hinteren Sitzreihe

eingebaut. Dieser Motorwagen erreichte die beachtliche Geschwindigkeit von 18 km/h. Die Kraftübertragung vom Motor auf die Hinterräder erfolgte wie bei Daimlers Zweirad mit einem Zweigang-Riemengetriebe. Für heutige Verhältnisse kurios war die Zündanlage. Da die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches durch einen elektrischen Funken noch nicht in der erforderlichen schnellen Aufeinanderfolge möglich war, benutzte Daimler – wie auch schon bei seinem Motorrad – ein Rohr. Es wurde durch eine außerhalb des Motors ständig brennende offene Flamme glühend gehalten, ragte in den Verbrennungsraum des Motors und entzündete dort den Kraftstoff. Diese Glührohr-Zündung war recht feuergefährlich. Außerdem ging die Flamme bei größerer Geschwindigkeit durch den Fahrtwind leicht aus.

Auf der Heimkehr von den Probefahrten mußte das Gefährt nicht selten geschoben oder von Pferden oder Rindern gezogen werden. Der Motor hatte noch viele Mücken. Aber Daimler ließ sich dadurch nicht entmutigen, sondern ergründete die Ursachen der Pannen und beseitigte eine nach der anderen durch Verbesserungen der Konstruktion.

Ohne Daimler zu kennen und von seinen Versuchen zu wissen, hatte in Mannheim auch der Maschinenbauer Karl Benz zu gleicher Zeit einen „automobil“, das heißt sich von selbst bewegenden Wagen gebaut. Am 4. Juni 1886 berichtete die „Neue Badische Landeszeitung“ von einem dreirädrigen Fahrzeug, das ohne Pferde durch einen Motor getrieben wird, „der trotz seiner Zierlichkeit annähernd eine Pferdekraft macht“.

Während Daimler sich zunächst damit begnügt hatte, seinen Motor in einen gewöhnlichen Kutschwagen einzubauen, konstruierte Benz von vornherein ein ganz neues Fahrgestell. Es hatte einen leichten Rohrrahmen. Dadurch entstand ein günstigeres Verhältnis der Motorleistung zur Eigenmasse des Fahrzeugs. So kam er mit einem Motor aus, der nur 0,6 PS Leistung und 250 bis 300 U/min brachte.

Das Auto von Benz hatte anfangs nicht einmal einen Tank. Der gesamte Benzinvorrat von ungefähr 1,5 l wurde im Vergaser mitgeführt. Wie Daimlers Motorwagen hatte auch der von Benz nur einen äußerst einfachen Oberflächenvergaser. Das war eine Art mit Benzin gefüllter Topf, in den ein Luftstrahl geblasen wurde, der von der Oberfläche des Benzinvorrats einige Tröpfchen mitriß. Das ergab eine recht unregelmäßige Kraftstoffzufuhr in den Motor, der deshalb leicht stehlenblieb. Außerdem war der kleine Benzinvorrat schnell verbraucht. Einer der Söhne von Benz rannte deshalb mit einer Flasche Benzin, das es damals nur in Apotheken zu kaufen gab, hinter dem Auto her, damit der Vergaser wieder gefüllt werden konnte.

Natürlich hatte auch Benz' Motorwagen häufig Pannen. Wenn der Fahrer dann mit seinen Werkzeugen vor dem reglos auf der Straße stehenden Wagen kniete, standen die Leute um ihn herum und bedachten ihn mit beißendem Spott, oder – wenn sie ihm freundlich gesinnt waren – sie bedauerten den „armen Mann“ wegen der „verrückten Ideen“, die doch zu nichts führen könnten, zumal es genug Pferde auf der Welt gab!

Noch mehr Schwierigkeiten als mit den anfänglichen

Mucken seines Motors bekam Benz mit der Obrigkeit. Als vor dem lärmenden Gefährt eines Tages Pferde auf der Straße scheuten, verbot die Behörde kurzerhand weitere Versuchsfahrten des „Hexenfuhrwerks“. Damit Benz das Verbot nicht durchbrechen konnte, wurden Polizeiposten vor der Ausfahrt seiner Werkstatt aufgestellt. Aber er ließ sich dadurch nicht unterkriegen. Hinter der Werkstatt entfernte er ein Stück aus dem Gartenzaun, schob den Wagen quer über den angrenzenden Acker und setzte auf dem nächsten Feldweg die Fahrversuche fort.

Man milderte schließlich das Verbot dahingehend, daß Benz mit dem Motorwagen innerhalb der Stadt nicht schneller als 6 km/h und außerhalb des Ortes höchstens 12 km/h fahren durfte. Um auch dieses Verbot, das die Überprüfung und weitere Entwicklung des Autos unmöglich machte, zu überwinden, griff Benz zu einer List. Er lud die hohen Herren von der Landesbehörde zu einem Besuch seiner Werkstatt ein und ließ sie mit dem Motorwagen vom Bahnhof abholen. Dem Fahrer schärfte er ein, auch auf der Landstraße nicht schneller als 6 km/h zu fahren. Er dachte, daß den Herren die langsame Fahrt schließlich zu langweilig werden dürfte und sie den Fahrer auffordern würden, doch einmal zu zeigen, was der Wagen kann. So kam es denn auch prompt. Als selbst ein simpler Milchwagen ansetzte, das dahinkriechende Auto zu überholen, feuerten die Beamten den Fahrer an. Der berief sich nun auf die Vorschrift. Da hoben die gestrengen Herrn höchstpersönlich das Verbot auf und fanden an der flotten Fahrt schnell riesigen Spaß.

Die Erfindung mit dem Gartenschlauch

Komfortabel wie heute waren die ersten Automobile nicht. Sie hatten zum Beispiel keine luftgefüllten Reifen, sondern – wie Pferdekutschen – mit Eisen beschlagene Holzräder oder Vollgummireifen. Autobusse mit Vollgummireifen verkehrten übrigens noch in den dreißiger Jahren in Berlin. Wenn ein solches Vehikel über die Straße fuhr, klirrten in den Häusern die Tassen im Schrank. So stark wurde der Boden durch die Stöße der harten Bereifung in Erschütterung versetzt. Das Prinzip der Luftbereifung wurde an sich schon 1887 von dem schottischen Tierarzt Dr. John Dunlop erfunden und 1888 zum Patent angemeldet.

Es störte nämlich den Doktor, daß sein kleiner Sohn mit dem vollgummibereiften Kinder-Dreirad im Rasen tiefe Spurrinnen erzeugte. Beim Rasensprengen mit dem Gummischlauch kam ihm die Idee, anstelle des Vollgummis einen luftgefüllten Gummischlauch auf den Holzscheibenräder zu befestigen. Er wickelte aus Gummituch Reifen, setzte ein Ventil ein und befestigte die Reifen auf den Rädern. Jetzt hinterließen sie keine tiefen Spuren mehr.

Im Jahre 1895 wurde der luftgefüllte Reifen, mit dem Fahrräder inzwischen ausgestattet waren, für das Kraftfahrzeug entwickelt.

Rennwagen mit 22 km/h Spitze

Das erste Autorennen der Welt fand 1894 zwischen Paris und Rouen statt. Dabei ging es noch recht merkwürdig zu. Die „rasenden“ Autos wurden von Pferdewagen und Radfahrern begleitet, die mit gleicher Ge-

schwindigkeit nebenherfuhren. Auch die Zeitungsreporter blieben den „Rennwagen“ mit Fahrrädern dicht auf der Spur. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 21,9 km/h. Als im selben Jahr ein Österreicher eine 939 km lange Autoreise von Böhmen nach Frankreich und zurück glücklich überstand, war das eine Sensation, über die alle Zeitungen berichteten.

Doch die Entwicklung des Pkw ging schnell voran. 1901 erreichte anlässlich der Rennwoche in Nizza der erste Mercedes mit einem 35-PS-Motor bereits eine Spitzengeschwindigkeit von 86 km/h und schlug damit spielend alle Fahrzeuge der Konkurrenz. 1906 wurde die Leistung auf 120 PS, 1908 auf 150 PS und 1909 sogar auf 200 PS gesteigert. Der Weltrekord lag bei einer Geschwindigkeit von 205 km/h. Er konnte 1911 auf 228,1 km/h verbessert und bis 1924 nicht mehr überboten werden. Freilich waren das nur Spitztleistungen. Die technischen Daten und Leistungen normaler Pkw blieben weit darunter.

Neben der Steigerung der Geschwindigkeit machte auch die Zuverlässigkeit und Tauglichkeit des Autos für Langstreckenfahrten gute Fortschritte. 1909 legte ein Pkw der Russisch-Baltischen Waggonfabrik Riga die 500 km lange Strecke von Petersburg, dem heutigen Leningrad, bis Riga in nur acht Stunden zurück. Für die damaligen Straßenverhältnisse war das eine außerordentliche Leistung. Ohne Autobahnen zu benutzen, kann selbst ein moderner Pkw diese Entfernung kaum in kürzerer Zeit bewältigen.

Eine nennenswerte Bedeutung für den Verkehr hatte der Pkw trotzdem vorerst nicht. Autofahren war ledig-

lich ein Sport, und zwar einer, den sich nur sehr reiche Leute leisten konnten. Der Anschaffungspreis eines normalen Pkw lag bei 10000 Mark, die jährlichen Betriebskosten für eine Fahrstrecke von rund 20 000 km betrugen ungefähr 9000 Mark. Man brachte zwar auch billigere Autos heraus, die bei ähnlicher Karosserie einen wesentlich schwächeren Motor und deshalb Höchstgeschwindigkeiten um nur 20 km/h erreichten. Aber auch diese Pkw kosteten noch 4000 Mark. Das Durchschnittseinkommen eines Industriearbeiters betrug 1909 bis 1914 demgegenüber nur 1456 Mark im Jahr. Das reichte nicht einmal für das Lebensnotwendigste, denn das sogenannte Existenzminimum, der Geldbetrag, den man bei einfachster Lebensweise unbedingt braucht, um sich zu ernähren und zu kleiden, lag um dieselbe Zeit für eine Familie mit drei Kindern bei 1617 Mark. Das Auto war für die Menschen aus dem Volk daher etwas, wovon sie nicht einmal zu träumen wagten.

Einen Lastkraftwagen (Lkw) baute Daimler 1892. Doch er fand mit ihm anfangs kaum Interesse. Pkw wurden von einer begüterten Oberschicht als Luxusartikel gekauft, ohne viel nach Preis und Wirtschaftlichkeit zu fragen. Der Lkw dagegen konnte nicht zur Befriedigung eines Luxusbedürfnisses dienen. Er mußte von Anfang an in Anschaffungs- und Betriebskosten sowie in der Schnelligkeit mit dem Gütertransport durch Eisenbahn oder Pferdefuhrwerk konkurrieren können, um gekauft zu werden. Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Gütertransport brachten die ersten Lkw aber so gut wie nicht.

Der Siegeszug des Omnibusses

Günstiger war die Lage für den Omnibus. Gegenüber der Eisenbahn und innerhalb der Großstädte auch gegenüber den elektrischen Straßenbahnen hatte er den Vorteil, daß man nicht erst Schienen zu verlegen brauchte, um eine neue Strecke einzurichten. Man konnte daher ohne großes Risiko Omnibuslinien versuchsweise einführen. Wurden sie ausreichend benutzt, behielt man sie bei. Erwies sich das Verkehrsbedürfnis als zu gering, so gab man sie wieder auf, ohne daß durch den Bau einer unnötigen Gleisanlage ein Verlust entstanden war.

In ländlichen Gebieten ohne Bahnverbindung wurden bis zum Anfang unseres Jahrhunderts noch Postkutschenschenlinien mit Pferden betrieben. Jetzt löste sie der Kraftomnibus (KOM) vorteilhaft ab. Bis 1914 gab es auf dem Territorium des damaligen Deutschlands 143 Omnibuslinien der Post und zahlreiche weitere privater Transportunternehmen. Freilich waren die Omnibusse damals noch viel einfacher gebaut als heute. Im Triebwagen fanden 16 bis 20 Personen Platz, im Anhänger 10 bis 18. Viele Omnibusse waren offen, die geschlossenen sahen den damaligen Straßenbahnen ähnlich.

Einen großen Fortschritt für Lkw wie für Omnibusse brachten die erstmals 1923 auf einer Automobilausstellung gezeigten Fahrzeuge mit sogenannten Riesenluftreifen. Sie zeichneten sich durch einen verringerten Rollwiderstand aus und ermöglichen so den Transport größerer Nutzlasten bei hoher Fahrgeschwindigkeit. Dadurch stieg bis zum Jahre 1929 die Anzahl der von der Post und von privaten Unternehmen betriebenen

Omnibuslinien auf 3339. Die Länge ihres Streckennetzes übertraf mit insgesamt 59 391 km bereits das der Eisenbahn, da es im Unterschied zur Bahn nunmehr auch zahlreiche kleinere Orte erfaßte.

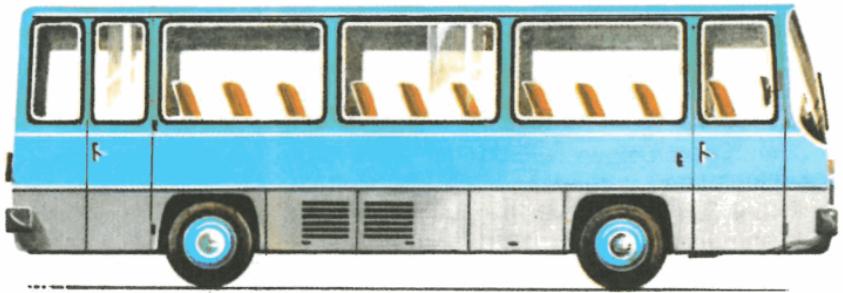
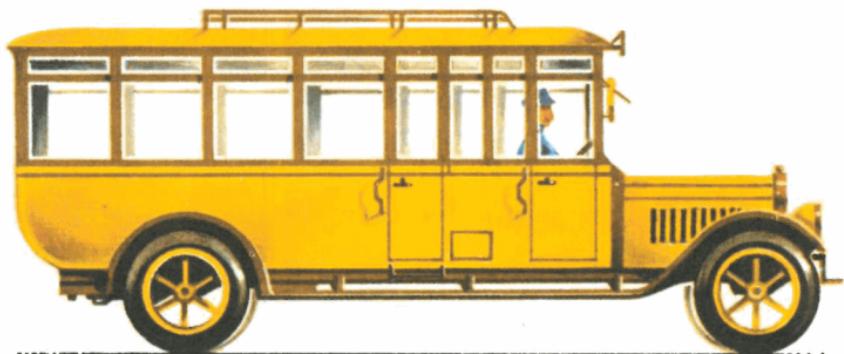
Doch damit genug der Geschichte; schauen wir uns nun ein modernes Auto genauer an!

Wie der Motor funktioniert

Wenn wir einem modernen Pkw unter die Motorhaube schauen, müssen wir den Motor manchmal fast suchen – so viele andere technische Einrichtungen erfordert heute ein Auto. Viele davon sind mit im Motorraum untergebracht. Doch lassen wir sie vorerst beiseite und beschäftigen uns nur mit dem Motor. Es gibt zwei Arten gebräuchlicher Kraftfahrzeug-Triebwerke: Otto- und Dieselmotoren. (Auch der Dieselmotor ist nach seinem Erfinder benannt.) Bei beiden Motoren unterscheidet man nach dem Arbeitsverfahren nochmals zwei Unterarten, Zwei- und Viertaktmotoren.

Einen Zweitakt-Ottomotor haben die in der DDR hergestellten Pkw Trabant und Wartburg sowie die früher produzierten Typen P 70 und F 9; mit Viertakt-Ottomotoren sind die aus den befreundeten sozialistischen Ländern importierten Pkw Škoda, Moskwitsch, Lada, Polski-Fiat, Dacia, Wolga, Tatra und Tschaika ausgerüstet. Dieselmotoren findet man hauptsächlich in Omnibussen und größeren Lkw sowie bei der Eisenbahn (Dieselloks) und in der Schiffahrt (Schiffs-dieselmotoren).

Omnibusse von 1904, 1925 und 1975



Zylinder – Kolben – Hubraum

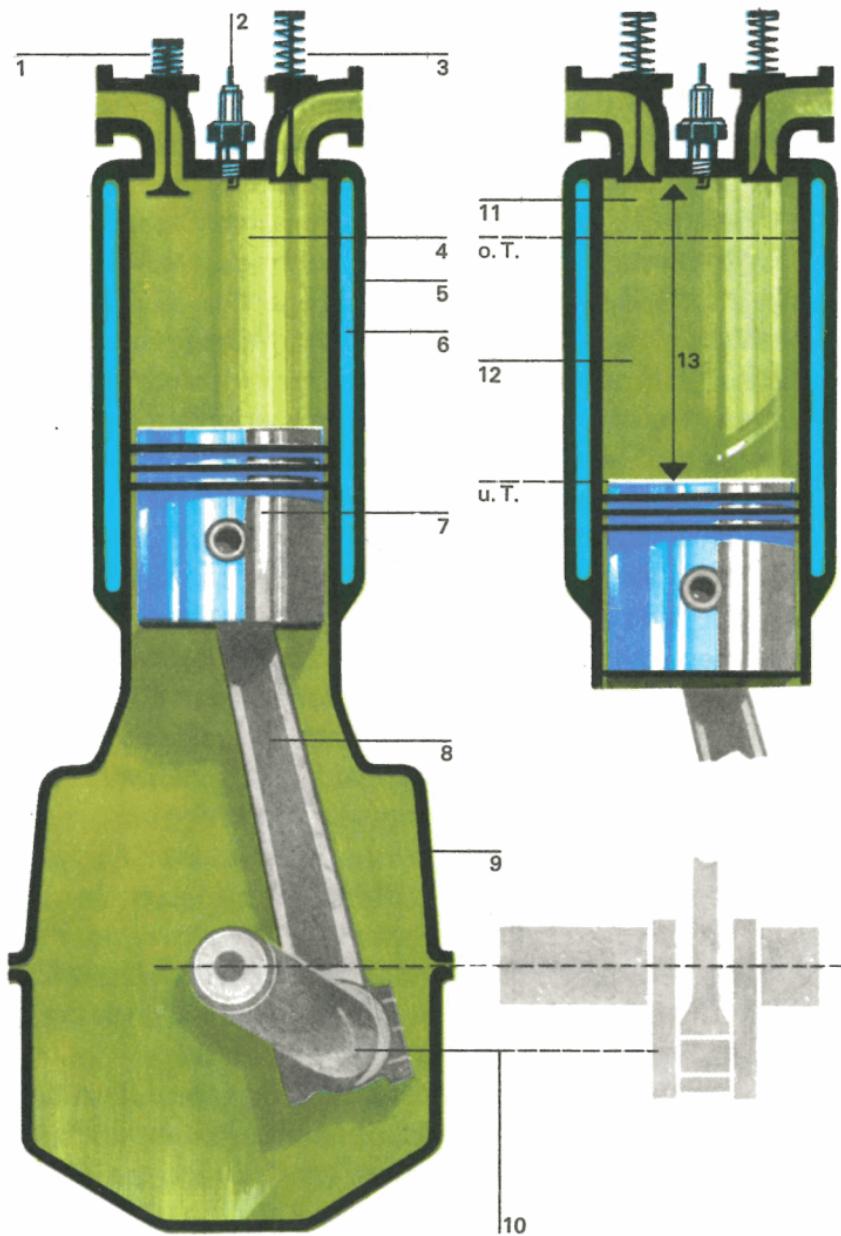
Allen Kraftfahrzeugmotoren ist gemeinsam, daß sie zylinderförmige Hohlräume enthalten; es sind die in der Fachsprache so oft erwähnten Zylinder. In jedem Zylinder bewegt sich ein Kolben. Es gibt Motoren mit ein, zwei, drei, vier und mehr Zylindern. Mopeds haben kleine Einzylinder-, Motorräder überwiegend Ein- oder Zweizylinder-Motoren. Der Trabant-Motor hat zwei, der des Wartburgs drei, die Motoren der meisten aus dem Ausland eingeführten Pkw haben vier Zylinder. Nach der Anordnung der Zylinder unterscheidet man verschiedene Bauarten des Motors. Beim Reihenmotor sind die Zylinder hintereinander in einer Reihe angeordnet, beim V-Motor stehen je zwei Zylinder V-förmig nebeneinander, beim Gegenläufer, auch Boxermotor genannt, stehen sich die Zylinder gegenüber.

In der Kraftfahrersprache heißen die Zylinder auch „Töpfe“. Tatsächlich haben sie mit einem Topf etwas gemeinsam: Sie umschließen einen zylindrischen Hohlräum. Obenauf sitzt als „Deckel“ der Zylinderkopf, allerdings nicht lose wie auf einem Topf, sondern fest angeschraubt. Den Kolben im Zylinder könnte man mit dem Boden des Topfes vergleichen, nur sitzt er nicht fest, sondern kann sich auf und ab bewegen.

Das Bild zeigt einen Längsschnitt durch den Zylinder

Schnitt durch einen Zylinder des Viertaktmotors:

1 Einlaßventil, 2 Zündkerze, 3 Auslaßventil, 4 Zylinder, 5 Kühlmantel, 6 Kühlwasser, 7 Kolben, 8 Pleuelstange, 9 Kurbelgehäuse, 10 Kurbel, 11 Verdichtungsraum, 12 Hubraum, 13 Hub, o. T. Oberer Totpunkt, u. T. Unterer Totpunkt



eines Viertaktmotors. Wir sehen, daß an die Wandung des Zylinders nach außen nochmals ein Hohlraum grenzt; er wird von Kühlwasser durchströmt, das einen großen Teil der Wärme abführt, die beim Betrieb des Motors entsteht. Andernfalls würde der Motor zu heiß werden. Bei luftgekühlten Motoren, zum Beispiel dem des Trabants, sind anstatt des Kühlmantels Metallrippen an die Zylinderwandung angegossen. Sie vergrößern die Oberfläche und damit die Wärmeabgabe an die Luft, die zwischen den Kühlrippen hindurchströmt. Hat ein Motor mehrere Zylinder, so bilden sie einen zusammenhängenden Block. Dieser Zylinderblock umschließt alle zylinderförmigen Hohlräume des Motors. Im Zylinderkopf befinden sich je ein Einlaß- und Auslaßventil. Ventile sind Vorrichtungen, durch die sich ein Gas oder eine Flüssigkeit nur in einer Richtung bewegen kann. Durch das Einlaßventil kann Luft mit darin enthaltenen Kraftstofftröpfchen, das Kraftstoff-Luft-Gemisch, nur von außen nach innen, also in den Zylinder, hineinströmen. Durch das Auslaßventil können umgekehrt die gasförmigen Verbrennungsrückstände, die Abgase, nur von innen nach außen, also aus dem Zylinder in die Auspuffanlage, strömen. Ferner ragt durch den Zylinderkopf eine Zündkerze in den Zylinder. Sie erzeugt elektrische Funken, die das Kraftstoff-Luft-Gemisch zur Entzündung bringen und damit den Verbrennungsvorgang einleiten.

Der Durchmesser des Kolbens ist sehr genau dem des zylindrischen Hohlraumes angepaßt. An den Berührungsflächen zwischen Kolben und Zylinderwänden befindet sich zur Verringerung der Reibung eine dünne

Schmierölschicht, ein Schmierölfilm, wie man sagt. Auf dem Ölfilm gleitet mit sehr geringer Reibung der Kolben zwischen einem oberen und einem unteren Endpunkt hin und her wie ein Fahrstuhl zwischen Dachgeschoß und Keller. Die beiden Endpunkte der Bewegung nennt man den oberen und den unteren Totpunkt, kurz o. T. und u. T. Die Wegstrecke zwischen o. T. und u. T. heißt Hub. Der vom o. T. und u. T. begrenzte Hohlraum des Zylinders ist der Hubraum. Ein Vierzylinder-Motor von 1200 Kubikzentimeter (cm³) Hubraum hat also in jedem seiner Zylinder einen Hubraum von $1200 \text{ cm}^3 : 4 = 300 \text{ cm}^3$. Je größer der Gesamthubraum eines Motors, desto stärker seine Leistung. Der Zweitaktmotor des Trabants hat rund 600 cm³, der des Wartburgs rund 1000 cm³ Hubraum. — Den oberhalb des o. T. verbleibenden Raum innerhalb des Zylinders nennt man Verdichtungsraum.

Pleuel und Kurbelwelle

Der Kolben kann sich nicht beliebig weit nach oben und unten bewegen, weil er durch eine Pleuelstange – kurz Pleuel genannt – mit der Kurbelwelle verbunden ist, die sich im unteren Teil des Motors, im Kurbelgehäuse, befindet. Verbunden ist der Pleuel mit dem Kolben und der Kurbelwelle durch ein Gelenk. Das obere, kolbenseitige Ende des Pleuels, der Pleuelkopf, umfaßt einen quer durch den Kolben gesteckten Bolzen. Dieser Kolbenbolzen steckt in zwei Öffnungen des Kolbens, die man Kolbenaugen nennt. Das untere Ende des Pleuels, der Pleuelfuß, umfaßt den Pleuellagerzapfen der Kurbelwelle.

Mittels Pleuelstange und Kurbelwelle wird die geradlinig hin- und herlaufende Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung umgewandelt. Das ist wichtig, weil eine geradlinige und noch dazu oszillierende (hin- und hergehende) Bewegung nicht direkt zum Antrieb eines Autos geeignet ist. Man muß sie erst in eine rotierende (drehende) Bewegung umwandeln, weil ja auch die Räder des Fahrzeugs in Drehbewegung versetzt werden müssen.

Diese Umwandlung der oszillierenden Kolbenbewegung in eine rotierende Bewegung der Kurbelwelle geschieht ähnlich wie beim Drehen einer Kurbel mit unseren Armen und Händen. Den Oberarm können wir dabei mit dem Kolben, das Ellenbogengelenk mit der Umfassung des Kolbenbolzens am Pleuelkopf, Unterarm und Hand mit der Pleuelstange vergleichen. Auf das Handgelenk können wir in unserem Vergleich verzichten und Unterarm und Hand als starr verbunden betrachten. Die gekrümmten Finger unserer Hand umschließen den Kurbelgriff ähnlich wie der Pleuelfuß das Pleuellager der Kurbelwelle. Wenn wir den Oberarm strecken, bewegen Unterarm und Hand die Kurbel zwangsläufig um eine halbe Umdrehung. Wenn wir ihn wieder anziehen, bewegt sich die Kurbel um die nächste halbe Umdrehung und so fort.

Die Elemente einer Kurbel finden wir bei der Kurbelwelle wieder (siehe Bild auf Seite 35, oben!). Sie ist keine geradlinig von einem zum anderen Ende durchlaufende Welle, sondern enthält ebenso viele auswärts abgewinkelte Teilstücke, wie der Motor Zylinder hat. Diese Teilstücke nennt man Kröpfungen. Die in unse-

rem Bild senkrecht verlaufenden Teilstücke der Welle entsprechen dem Kurbelarm. Die kurzen waagerechten Teilstücke, die je zwei senkrechte verbinden und das Pleuellager enthalten, entsprechen dem Kurbelgriff. Auf diese Weise teilen sich die vier Kolben die Arbeit des Drehens der Kurbelwelle gewissermaßen.

Da dieser komplizierte Mechanismus nur erforderlich ist, um die oszillierende Bewegung in eine rotierende umzuwandeln, drängt sich die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, einen Motor zu konstruieren, der von vornherein eine rotierende Bewegung erzeugt. Ein solcher Motor ist die Turbine. Wir können sie grob mit einer Spielzeug-Windmühle vergleichen. Bläst der Wind gegen die Flügel, so rotieren sie. Der Wind wird bei der Turbine durch sich schnell ausdehnende gasförmige Verbrennungsprodukte eines Kraftstoffes ersetzt. Autos mit Turbinenantrieb hat man versuchsweise schon gebaut, sie konnten sich aber wegen vieler anderer Nachteile nicht durchsetzen.

Günstiger stehen die Aussichten für den Kreiskolbenmotor, nach seinem Erfinder auch Wankelmotor genannt. Er erzeugt ebenfalls von vornherein eine Rotationsbewegung. Das Bild auf Seite 35, unten, zeigt seinen Schnitt. Der Kolben, als Läufer bezeichnet, dreht sich in einem Gehäuse mit arenaähnlicher Innenkontur, das an die Stelle des Zylinders tritt. Der Läufer bewegt sich exzentrisch (abweichend vom Mittelpunkt) um die durch die Mitte des Gehäuses verlaufende Welle und bewirkt dadurch gleichfalls alle zum Lauf eines Motors erforderlichen Arbeitstakte. Wegen einiger technischer Spezialprobleme, die noch nicht ganz befriedigend

gelöst sind, hat der Wankelmotor derzeitig aber noch keine größere Verbreitung gefunden.

Ansaugen – Verdichten – Verbrennen – Ausstoßen

Bevor wir uns mit dem Zusammenspiel der einzelnen Zylinder eines Ottomotors beschäftigen, wollen wir die Vorgänge, die in einem Zylinder ablaufen, genauer betrachten. Im Bild ist der Zylinder eines Viertaktmotors in seinen vier Arbeitsphasen dargestellt. Man nennt die Phasen Takte. Das Bild zeigt links den Zylinder während des ersten Taktes. Zylinder, Zylinderkopf und Kolben funktionieren jetzt wie eine Pumpe. Der Kolben bewegt sich vom o. T. zum u. T. Dadurch entsteht im Zylinder ein luftverdünnter Raum. Das Einlaßventil ist während des ersten Taktes geöffnet. Da innerhalb des Zylinders jetzt ein geringerer Luftdruck herrscht als außerhalb, strömt durch das geöffnete Ventil Luft in den Zylinder. Dabei werden aus dem Vergaser feine Kraftstofftröpfchen mitgerissen. Es wird gewissermaßen ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinderraum gesaugt. Man nennt den ersten Takt deshalb Ansaugtakt.

Beim zweiten Takt bewegt sich der Kolben wieder aufwärts, vom u. T. zum o. T. Dabei sind sowohl das Einlaß- als auch das Auslaßventil geschlossen. Das angesaugte Kraftstoff-Luft-Gemisch kann daher nicht aus dem Zylinder entweichen. Da sich der Kolben trotzdem zum o. T. bewegt, wird das Gemisch auf einen

Oben: Taktfolge eines Vierzylinder-Viertaktmotors

1 Kurbelwelle, 2 Schwungscheibe

Unten: Schnitt durch einen Kreiskolbenmotor

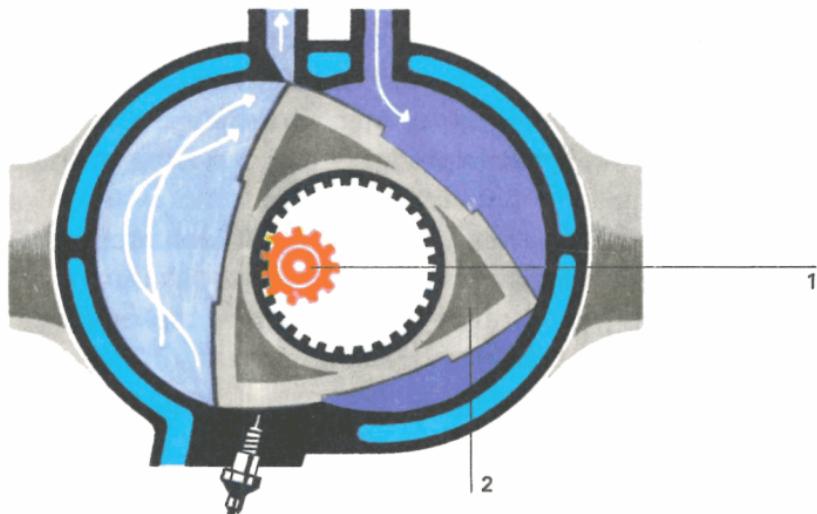
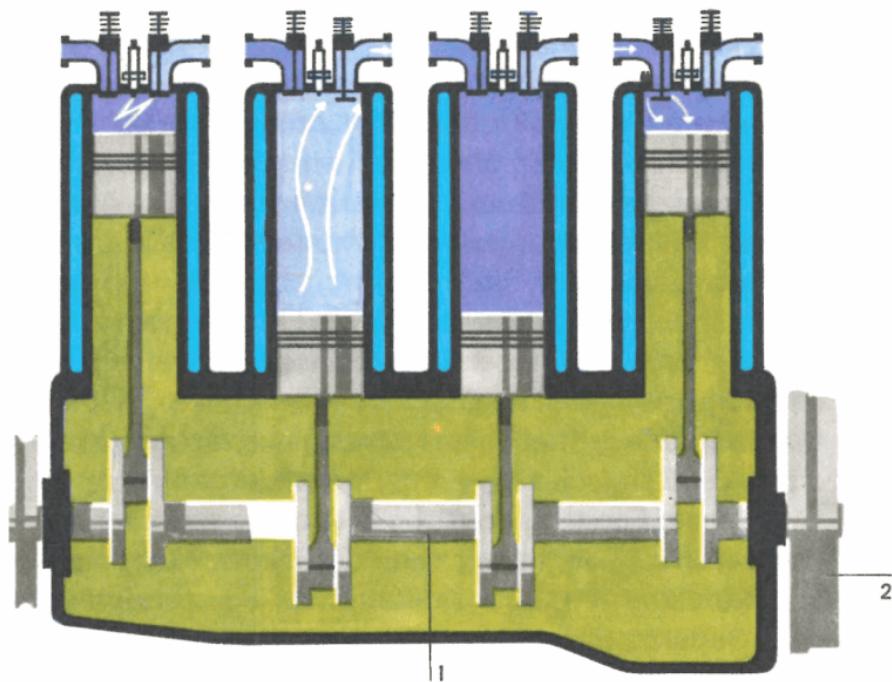
1 Exzenterwelle, 2 Läufer

Zünden und
Ausdehnen

Ausschieben

Verdichten

Ansaugen



Bruchteil seines ursprünglichen Volumens (Rauminhalt) zusammengedrückt, man sagt auch verdichtet oder komprimiert. Der zweite Takt heißt daher Verdichtungstakt. Wie stark das Kraftstoff-Luft-Gemisch komprimiert wird, gibt das Verdichtungsverhältnis an. Beträgt es zum Beispiel 8 : 1, so wird das Gemisch auf ein Achtel des Volumens zusammengedrückt, das es bei der Kolbenstellung am u. T. hatte. Würde man das Gemisch ohne Verdichtung sofort nach dem Ansaugen verbrennen, so erzeugte der Motor bei gleichem Kraftstoffverbrauch nur einen Bruchteil seiner erreichbaren Leistung.

Während des dritten Taktes wird das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch verbrannt. Diesen Vorgang leitet ein elektrischer Funken der in den Zylinder ragenden Zündkerze ein; er springt an den beiden Elektroden der Kerze über. Die komprimierte Kraftstoffwolke verbrennt mit dem Sauerstoff der ebenfalls verdichteten Luft. Dabei entstehen sehr heiße Verbrennungsgase. Sie beanspruchen einen wesentlich größeren Raum als die flüssigen Kraftstofftröpfchen und die verdichtete Luft. Die Gase dehnen sich daher sehr schnell aus und treiben dabei den Kolben vor sich her. Er wird mit großer Kraft zum u. T. bewegt. Man nennt diesen dritten Takt Zünden und Verbrennen oder auch den eigentlichen Arbeitstakt.

Damit wieder neues Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt, verdichtet und verbrannt werden kann, müssen zuvor die Verbrennungsgase, die Abgase, aus dem Zylinder entfernt werden. Das geschieht im vierten Takt. Der Kolben bewegt sich vom u. T. zum o. T. und

schiebt dabei die Abgase vor sich her. Da jetzt das Auslaßventil geöffnet (und das Einlaßventil geschlossen) ist, strömen sie in die Auspuffanlage. Der vierte Takt ist der Ausstoßtakt.

Soll der Motor einwandfrei funktionieren, müssen zu den genau richtigen Zeitpunkten die Ventile geöffnet und geschlossen sowie die Zündfunken erzeugt werden. Dafür sorgt eine Nockenwelle, die über Zahnräder oder ein Kettengetriebe von der Kurbelwelle angetrieben wird. Damit besteht eine feste zeitliche Koppelung zwischen den einzelnen Phasen der Umdrehung der Kurbel- und der Nockenwelle. Nach dem gleichen Prinzip steuert die Umdrehung der Kurbelwelle auch die Zündzeitpunkte der einzelnen Zylinder. Das geschieht mittels eines Zündverteilers, der ebenfalls mit der Kurbelwelle mechanisch gekoppelt ist. Sowohl die Ventil- als auch die Zündeneinstellung verschieben sich im Laufe der Zeit etwas; sie müssen deshalb ab und zu korrigiert werden. Das erfolgt normalerweise bei den Durchsichten, die jeweils nach einer bestimmten Fahrstrecke des Fahrzeugs vorgenommen werden.

Vier Zylinder im Zusammenspiel

Von den vier Kolbenbewegungen während eines vollständigen, vier Takte umfassenden Arbeitsspiels des Motors wird nur eine durch die Verbrennung des Kraftstoffs und die Ausdehnung der Verbrennungsgase hervorgerufen. Woher kommt dann die Kraft, die den Kolben während der übrigen drei Takte in Bewegung setzt? Erinnern wir uns noch einmal an den Vergleich mit dem Drehen einer Handkurbel! Stellen wir uns vor,

wir versetzen mit der Kurbel eine große, schwere Schwungscheibe in Drehung. Beispielsweise können wir eine große Schleifscheibe als Schwungscheibe auffassen. Haben wir sie mit unserer Muskelkraft erst einmal zur Rotation gebracht, so dreht sie sich mit großem Schwung von selbst weiter; dabei schiebt die Kurbel unseren Oberarm zwangsläufig wieder zurück, ohne daß wir für diese Bewegung des Oberarms Muskelkraft aufzuwenden brauchen. Ist die Schwungscheibe in schneller Bewegung, so genügt es daher vollauf, wenn wir bei nur jeder vierten Bewegung unseres Oberarms die Muskeln anstrengen und die Kurbel mit Kraft weiterdrehen. Die übrigen drei Bewegungen des Oberarms werden ohne Muskelkraft, allein durch die Schwungkraft der Scheibe bewirkt. Das entspricht den physikalischen Verhältnissen, wie sie auch der Funktion eines Viertaktmotors zugrunde liegen.

Der Viertaktmotor hat ebenfalls eine Schwungscheibe (siehe Bild1). Sie ist mit der Kurbelwelle verbunden und rotiert ebensooft wie diese. Je größer und schwerer sie ist, desto mehr Schwung liefert sie. Je mehr Zylinder jedoch der Motor hat, desto kleiner kann die Schwungscheibe sein. Das führt uns auf das Zusammenspiel der Zylinder im Viertaktmotor.

Betrachten wir das Bild, so erkennen wir, daß sich die Zylinder des Motors nicht im gleichen Takt befinden. Sie wechseln sich vielmehr ab, ungefähr so, als bewegten vier Männer der Reihe nach eine schwer zu drehende Kurbel jeweils um eine halbe Umdrehung.

Takt	1. Takt	2. Takt	3. Takt	4. Takt
Bezeichnung	Ansaugen	Verdichten	Zünden u. Ausdehnen	Ausschieben
Einlaßventil	geöffnet	geschlossen	geschlossen	geschlossen
Auslaßventil	geschlossen	geschlossen	geschlossen	geöffnet
Kolben bewegt sich in Richtung	Kurbelwelle	Zylinderkopf	Zylinderkopf	Zylinderkopf
Vorgang im Zylinder	Kraftstoff-Luft-Gemisch wird angesaugt	Gemisch wird verdichtet	Gemisch wird entzündet, verbrennt u. dehnt sich aus	Verbrennungsgase werden ausgeschoben
Schematische Darstellung der Vorgänge				
	E = Einlaßventil A = Auslaßventil Z = Zündkerze			

Beim Vierzylinder-Viertaktmotor funktioniert das so: Während Zylinder 1 den dritten Takt, den Arbeitstakt, ausführt, erfolgt im Zylinder 2 der vierte Takt (Ausstoßen), im Zylinder 3 der zweite Takt (Verdichten) und im Zylinder 4 der erste Takt (Ansaugen). Wir können in Gedanken schon die Taktfolge fortsetzen. Im nächsten Moment, wenn Zylinder 1 die Verbrennungsgase ausstößt, wird Zylinder 2 ansaugen, Zylinder 3 zünden und verbrennen (Arbeitstakt), Zylinder 4 verdichten und so fort. Die Zylinder werden also nicht in der Reihenfolge ihrer Anordnung 1 – 2 – 3 – 4 gezündet, sondern in der Folge 1 – 3 – 4 – 2. Im Arbeitstakt befindet sich jeweils nur ein Zylinder. Dadurch ist auch gewährleistet, daß in jedem Moment einer der vier Zylinder Kraft an die Kurbelwelle abgibt. Folglich ist stets genug Kraft vorhanden, um die Kolben der Zylinder, die sich in diesem Moment nicht im Arbeitstakt befinden, zu bewegen, sie also zum Ansaugen, Verdichten oder Ausstoßen zu veranlassen. Auf die Schwungkraft der Schwungscheibe ist ein Vierzylinder-Motor deshalb in geringerem Maße angewiesen als der Ein- oder Zweizylinder-Viertaktmotor. Allerdings hat die Schwungscheibe nicht nur die Aufgabe, die nicht im Arbeitstakt befindlichen Kolben in Bewegung zu halten, sie trägt auch wesentlich zum gleichmäßigeren Lauf des Motors bei.

Bei einem Takt dreht sich die Kurbelwelle eines Viertaktmotors zur Hälfte, bei jeweils zwei Taktten einmal ganz herum. Folglich können wir aus der Tourenzahl (Drehzahl) eines Motors errechnen, wie oft sich die Kolben bewegen. Beträgt die maximale Drehzahl zum

Beispiel 4500 U/min, dann bewegt sich der Kolben
 $4500 \cdot 2 : 60 = 150$ mal in der Sekunde hin und her.

Mit zwei Taktten geht es auch

Große Verbreitung im Automobilbau der DDR hat der Zweitaktmotor. Bei ihm erfolgen Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Ausstoßen innerhalb von nur zwei Taktten; daher sein Name. Nicht nur jeder vierte, sondern jeder zweite Takt gibt als Arbeitstakt Kraft an die Kurbelwelle ab. Daraus folgt jedoch nicht, daß ein Zweizylinder-Zweitaktmotor soviel Leistung abgibt wie ein Vierzylinder Viertakter.

Der Zweitaktmotor hat keine Ventile. Das Öffnen und Schließen der Kanäle für die Zufuhr des Kraftstoff-Luft-Gemisches und das Ausstoßen der Abgase erfolgen dadurch, daß der Kolben bei seiner Bewegung Kanäle freigibt oder verschließt. Der Verzicht auf Ventile und ihren komplizierten Steuerungsmechanismus ist eine Vereinfachung. Zweitaktmotoren sind daher billiger, kleiner und leichter herzustellen und bedürfen keiner aufwendigen Wartung. Nachteilig ist, daß man mit der gleichen Kraftstoffmenge nur etwa vier Fünftel der Leistung eines vergleichbaren Viertaktmotors erzielt. Dadurch liegt der Kraftstoffverbrauch etwas höher.

Erster Takt

Die Arbeitsweise des Zweitaktmotors zeigt das Bild auf Seite 43.

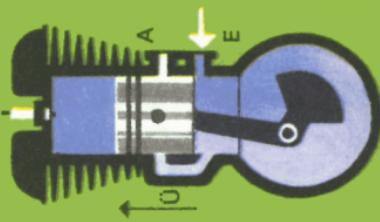
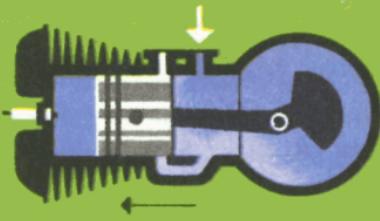
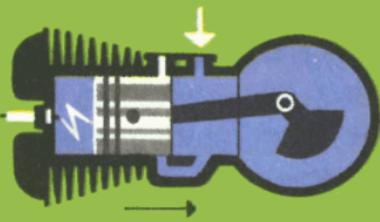
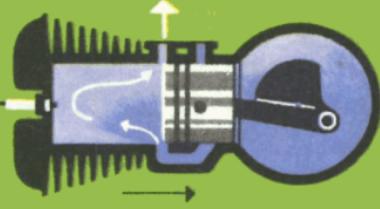
Beim Viertakter ist der Zylinderraum gegen das Kurbelgehäuse abgedichtet. Im Zweitakter besteht zwischen beiden durch Kanäle eine Verbindung. Beim

ersten Takt bewegt sich der Kolben des Zweitakters vom u.T. in Richtung des Zylinderkopfes. Dadurch erzeugt er im Kurbelgehäuse einen Unterdruck. Sobald der Kolben bei seiner Aufwärtsbewegung den Einlaßkanal, der sich seitlich unten am Zylinderblock befindet, freigegeben hat, wird deshalb Kraftstoff-Luft-Gemisch in das Kurbelgehäuse angesaugt. Es gelangt zunächst nicht in den Zylinderraum, sondern verbleibt vorerst im Kurbelgehäuse, das daher ebenso gasdicht sein muß wie der Zylinder. Bei Mehrzylinder-Zweitaktmotoren ist außerdem auch jeder Teil des Kurbelgehäuses, der unter einem Zylinder liegt, gegenüber dem Kurbelgehäuseraum unter den benachbarten Zylindern abgedichtet. Bei seiner weiteren Aufwärtsbewegung verdichtet der Kolben das im Zylinderraum befindliche Gemisch, das beim zweiten Takt des vorangegangenen Arbeitsspiels in den Zylinder gelangt war. Der Auslaßkanal ist während des ersten Taktes durch den Kolben verschlossen. Im ersten Takt des Zweitaktmotors erfolgen also das Ansaugen und das Verdichten.

Zweiter Takt

Beim zweiten Takt wird das verdichtete Gemisch im Zylinder entzündet und verbrannt. Die sich schnell ausdehnenden Verbrennungsgase drücken den Kolben in Richtung der Kurbelwelle. Dabei schließt dieser den Einlaßkanal wieder ab und drückt das im Kurbelgehäuse befindliche Gemisch, das im ersten Takt an-

Takt	1. Takt		2. Takt	
Bezeichnung	Ansaugen	Verdichten	Zünden u. Ausdehnen	Ausströmen
Kolben bewegt sich in Richtung	Zylinderkopf	Zylinderkopf	Kurbelwelle	Kurbelwelle
Vorgang im Zylinder	oberhalb des Zylinders		Gemisch wird verdichtet	Gemisch strömt aus dem Kurbelgehäuse in den Zylinder, Brenngasmassen strömen aus
Unterhalb des Zylinders			Gemisch wird entzündet, verbrennt und dehnt sich aus	
Schematische Darstellung der Vorgänge				



E = Einlaßkanal
 A = Auslaßkanal
 Ü = Überströmkanal

gesaugt wurde, zusammen. Es wird vorverdichtet. Kurz vor dem Erreichen des u. T. gibt der Kolben die beiden Öffnungen eines Überströmkanals frei, der das Kurbelgehäuse mit dem Zylinderraum verbindet. Dafür hat der Kolben eine zusätzliche Öffnung, die vor die untere Öffnung des Überströmkanals tritt.

Jetzt kann das vorverdichtete Gemisch aus dem Kurbelgehäuse in den Zylinderraum überströmen. Dabei verdrängt es gleichzeitig die Verbrennungsgase aus dem Zylinderraum, es spült sie gewissermaßen aus, denn nun ist auch der Auslaßkanal durch den Kolben freigegeben. Die Abgase können in die Auspuffanlage strömen. Im zweiten Takt des Zweitaktmotors erfolgen also das Verbrennen und das Ausstoßen.

Beim Ausstoßen erreicht der Zweitakter allerdings nicht den Idealzustand, daß nur Abgase in den Auspuff gelangen. Vielmehr strömt auch ein Teil des noch unverbrannten Gemisches aus. Dieser Verlust ist eine der Ursachen für den etwas höheren Kraftstoffverbrauch. Außerdem werden die Abgase aus dem Zylinder nicht vollständig entfernt, was die Leistung des Motors etwas vermindert.

Der Einlaßkanal kann auch in das Kurbelgehäuse verlegt werden. Das Öffnen und Schließen bewirkt dann nicht der Kolben, sondern ein Drehschieber, der sich an der Kurbelwelle befindet und mit ihr rotiert. Der Zeitpunkt des Einströmens frischen Gemisches in das Kurbelgehäuse ist dabei unabhängig von der Kolbenbewegung festzulegen. Diese Drehschiebersteuerung ermöglicht eine Leistungsverbesserung und einen geringeren Kraftstoffverbrauch.

Die Schmierung des Motors

Ein wichtiger Unterschied zwischen Zwei- und Viertaktmotoren besteht in der Art der Schmierung. Beim Zweitakter wird das Schmieröl dem Kraftstoff in einem bestimmten Verhältnis, zum Beispiel 1 : 33 oder 1 : 50, zugemischt. Zweitakter dürfen deshalb niemals reines Benzin tanken, sondern nur ein Gemisch von Benzin und Öl. Da dieses Gemisch zunächst in das Kurbelgehäuse angesaugt wird, schmiert es nicht nur die Flächen, auf denen der Kolben im Zylinder gleitet, sondern auch die Lager von Pleuel und Kurbelwelle.

Viertaktmotoren tanken Kraftstoff ohne Öl. Bei ihnen befindet sich das Schmieröl in der Ölwanne, die das Kurbelgehäuse nach unten abschließt. Sie muß stets bis zu einer bestimmten Höhe mit Öl gefüllt sein. Das ist durch einen Meßstab zu kontrollieren. Die einfachste Art der Schmierung eines Viertaktmotors ist die Tauchschmierung. Dabei tauchen bei ihrer Rotationsbewegung Teile der Kurbelwelle in das Öl ein und schleudern es infolge der schnellen Umdrehung in das Innere des Motors. So gelangt es auch an die Zylinderlaufbahnen. Überschüssiges Öl läuft wieder nach unten in die Ölwanne zurück. Um eine zuverlässige Schmierung aller aufeinander gleitenden Teile zu erreichen, wird bei vielen Motoren durch eine zusätzliche Ölpumpe das Schmiermittel über Leitungen an die einzelnen Schmierstellen gebracht.

Die Schmierung ist zur Herabsetzung der Reibung unbedingt erforderlich. Sie soll bewirken, daß kein Teil des Motors direkt auf einem anderen gleitet, sondern sich stets ein dünner Ölfilm dazwischen befindet. Ohne

ausreichende Schmierung würden sich die Berührungsflächen zweier zueinander bewegter Teile sehr schnell aufrauhen und abnutzen. Außerdem entstünde zuviel Reibungswärme.

Schließlich würde auch ein hoher Anteil der Motorleistung allein für die Überwindung des Reibungswiderstands verbraucht. Im Zylinder dient der Ölfilm außerdem zur Abdichtung. Doch gilt – besonders für die Schmierung des Zweitakters – nicht das Prinzip „Je mehr, desto besser“. Enthält das Gemisch zuviel Öl, so verbrennt es im Zylinderraum und bildet Ölkarbonat-Rückstände. Diese beeinträchtigen die Arbeitsweise des Motors und führen zu Leistungsabfall und erhöhtem Kraftstoffverbrauch.

Wie der „Sprit“ in den Motor kommt

Das Gaspedal ist für manche Leute der verführerischste Teil des Autos. So wie der Reiter seinem Pferd die Sporen in die Weichen drückt, um es zum Galopp anzusporren, treten sie den Hebel bis zum Anschlag durch und fühlen sich als Ritter des Gaspedals. Ein Spieltrieb besonderer Art, der Geschwindigkeitsrausch, übermannt sie. Leider ist es häufig ein Spiel mit dem Leben, nicht nur mit dem eigenen, auch mit dem der Mitfahrenden und anderer Verkehrsteilnehmer. Es hat gute Gründe, daß die Straßenverkehrsordnung nur bestimmte Höchstgeschwindigkeiten zuläßt. Öffentliche Straßen sind nun einmal keine Rennbahnen.

Der Vergaser

Was passiert technisch, wenn jemand aufs Gaspedal

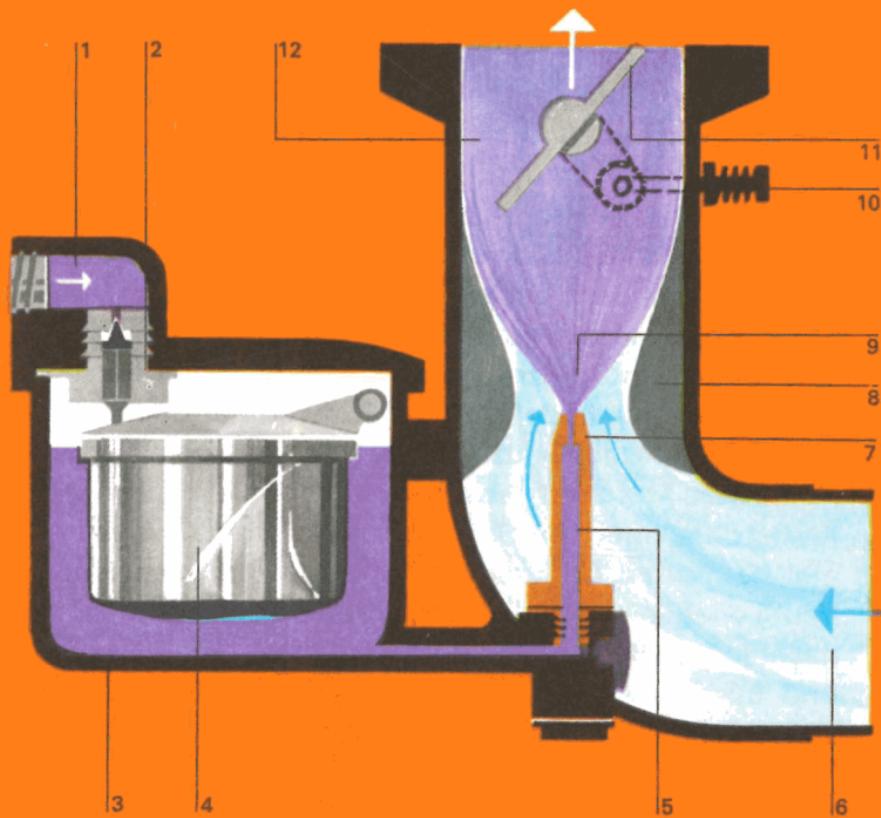
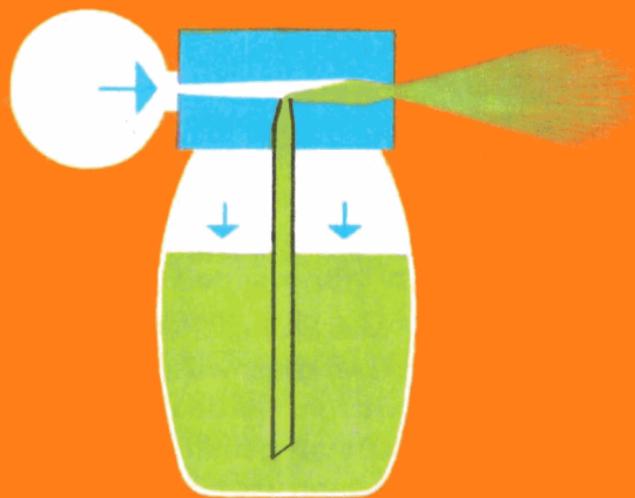
tritt? Werfen wir einen Blick unter die geöffnete Motorhaube! Betätigt der Kraftfahrer das Pedal, so ist gar keine große Veränderung zu sehen. Zu hören ist schon mehr. Der Motor heult auf. Offenkundig bewegen sich die Kolben in den Zylindern jetzt wesentlich rascher auf und ab, und die Kurbelwelle dreht sich dementsprechend schneller. Falls der Vergaser sichtgünstig liegt, können wir bei genauem Hinschauen feststellen, daß ein kleiner Hebel eine winzige Bewegung ausführt, wenn aufs Gaspedal getreten wird. Dieser kleine Drosselklappenhebel ist über einen Seilzug und ein Gestänge mit dem Gaspedal verbunden. Wie kommt es, daß der ganze Motor diesem kleinen Hebel gehorcht? Das Kraftstoff-Luft-Gemisch wird aus dem Vergaser angesaugt. Er hat eigentlich einen falschen Namen und müßte richtiger Zerstäuber heißen. Seine Funktion ähnelt der des Parfümzerstäubers, wie er auf Seite 49 schematisch dargestellt ist. In den mit Parfüm gefüllten Behälter taucht ein Röhrchen, das oben in einer sich verengenden Öffnung mündet. Man nennt die Öffnung Düse und das Röhrchen Steigrohr. Dicht über der Steigrohrdüse befindet sich die Düse eines Luftrohrs, das mit einem Gummiball verbunden ist. Drückt man den Ball zusammen, so wird die Luft aus dem Ball in das Rohr befördert. Da es sich zur Düse hin verengt, nimmt hier die Strömungsgeschwindigkeit der Luft zu. Es tritt ein dünner Strahl sehr schnell bewegter Luftteilchen aus der Düse des Luftrohrs aus. Um den Luftstrahl entsteht ein Unterdruck. Er saugt etwas Parfüm durch das Steigrohr an. Dabei wird es durch den schnellen Luftstrahl zu vielen feinen Tröpfchen zerstäubt.

Das Bild zeigt auch den Querschnitt eines vereinfacht dargestellten Vergasers. Dem Steigrohr des Parfümzerstäubers entspricht hier das als Spritzrohr bezeichnete Teil. Es mündet oben ebenfalls in einer Düse. Dabei handelt es sich um eine kleine Schraube, die in das Spritzrohr eingedreht wird. Sie ist mit einem feinen Loch versehen, der eigentlichen Düse. Das Spritzrohr liegt in dem knieförmigen Mischrohr, das sich über der Düse des Spritzrohrs trichterförmig verengt. Das Mischrohr ist mit den Einlaßöffnungen des Motors verbunden. Bei der Ansaugbewegung des Kolbens strömt Luft durch das Mischrohr in Richtung Motor. Infolge der Verengung entsteht in Höhe der Spritzrohrdüse eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Luft und demzufolge ein Unterdruck. Dabei wird Kraftstoff aus der Düse gesaugt und durch den schnellen Luftstrahl zu feinen Tröpfchen zerstäubt. Zusammen mit der angesaugten Luft werden sie in den Zylinderraum beziehungsweise in das Kurbelgehäuse mitgerissen. Im oberen Teil des Mischrohrs befindet sich die Drosselklappe, die durch den außen angeordneten Hebel verstellbar ist. Wird das Gaspedal voll durchgetreten, so steht die Drosselklappe senkrecht und gibt so der Ansaugluft die größte Öffnung frei. Daher wird jetzt viel Luft und mit ihr auch viel Kraftstoff zum Motor beför-

Oben: Schnitt durch einen Parfümzerstäuber

Unten: Vereinfachtes Schema des Vergasers

1 Kraftstoffzufluß, 2 Schwimmernadelventil, 3 Schwimmerkammer, 4 Schwimmer, 5 Spritzrohr, 6 Ansaugluft, 7 Kraftstoffdüse, 8 Lufttrichter, 9 Kraftstoff-Luft-Gemisch, 10 Drosselklappenhebel, 11 Drosselklappe



dert. Nimmt der Fahrer den Fuß vom Gaspedal, so holt eine Feder den Drosselklappenhebel wieder in seine Ausgangslage zurück. Sie steht dann schräg und verschließt damit den größten Teil des Querschnitts im Mischrohr. Dadurch kann der Motor jetzt nur wenig Kraftstoff-Luft-Gemisch ansaugen. Er läuft langsammer.

Links neben dem knieförmigen Mischrohr sehen wir die Schwimmerkammer. Sie ist über das waagerechte untere Röhrchen mit dem Spritzrohr verbunden. Die Schwimmerkammer ist mit Kraftstoff gefüllt, auf dem ein Hohlkörper, Schwimmer genannt, wie ein Schiff im Wasser schwimmt. Nach einem physikalischen Gesetz ist der Flüssigkeitsspiegel in miteinander verbundenen Rohren oder Gefäßen gleich hoch. Folglich steht auch der Kraftstoff im Spritzrohr stets ebenso hoch wie in der Schwimmerkammer.

Der Schwimmer trägt an seinem oberen Ende die Schwimmernadel. Sie verschließt oder öffnet das Nadelventil, aus dem der Kraftstoff aus dem Tank in die Schwimmerkammer nachfließen kann. Steht der Kraftstoffspiegel im Spritzrohr und in der Schwimmerkammer hoch, so befindet sich der Schwimmer oben, und seine Nadel schließt das Ventil. Wird aus dem Spritzrohr etwas Kraftstoff herausgesaugt, so sinkt damit der Kraftstoffspiegel im Spritzrohr und im Schwimmer gleichermaßen. Dadurch gibt die Schwimmernadel das Ventil wieder frei, und es kann Kraftstoff aus dem Tank nachfließen. So können einerseits Schwimmerkammer und Spritzrohr nie überlaufen, andererseits wird die verbrauchte Kraftstoffmenge immer wieder ersetzt.

In Wirklichkeit ist der Aufbau eines Vergasers komplizierter, weil nicht nur beim Fahren mit Gas, also bei mehr oder weniger durchgetretenem Gaspedal, dem Motor Kraftstoff-Luft-Gemisch zugeführt werden muß, sondern auch im Leerlauf, wenn der Motor – zum Beispiel beim Halten vor einer Kreuzung – keine Kraft an das Getriebe und die Räder abzugeben braucht. Hierfür enthält der Vergaser eine Leerlaufvorrichtung, die dem Motor gerade so viel Gemisch zuführt, wie für sein Weiterlaufen ohne Belastung bei geringstmöglicher Drehzahl erforderlich ist. Dagegen benötigt der Motor, wenn er in kaltem Zustand gestartet wird, zunächst ein besonders kraftstoffreiches Gemisch, um überhaupt in Gang zu kommen. Dazu dient die Startvorrichtung des Vergasers, häufig auch Schock genannt. Sie wird nicht mit dem Gaspedal, sondern durch einen Zugknopf in Betrieb gesetzt. Man darf die Startvorrichtung aber nur kurze Zeit benutzen. Schaltet man nämlich den Startvergaser bei schon warmgefahrenem Motor, so erhält der Motor zuviel Kraftstoff, wodurch er „ersäuft“ und stehenbleibt.

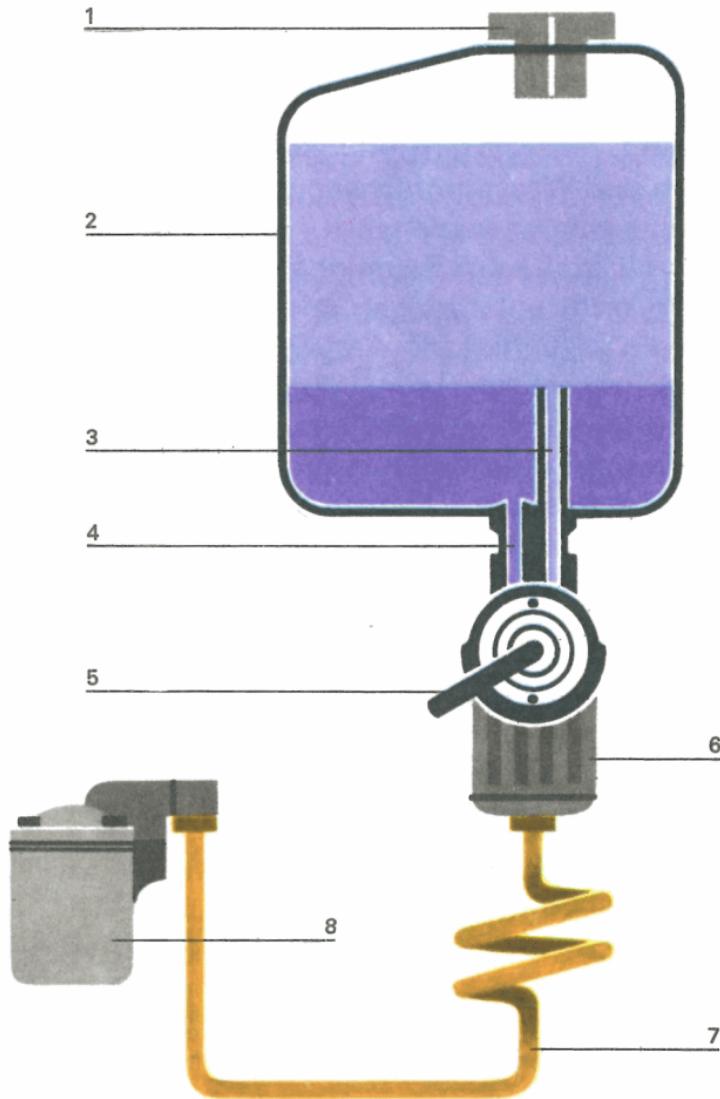
Fallbenzin und Kraftstoffpumpe

In den Vergaser gelangt der Kraftstoff durch eine Leitung aus dem Tank. Bei manchen Fahrzeugtypen besteht die Kraftstoffleitung aus einem durchsichtigen Plastschlauch, so daß man den Kraftstoff fließen sieht. Der Tank befindet sich bei Kleinwagen häufig im Motorraum dicht unter der Motorhaube nahe der Spritzwand. So nennt man die Wand, die den Motorraum vom Innenraum des Wagens trennt. Da der Vergaser

bei dieser Anordnung genügend tief unter dem Tank liegt, fließt der Kraftstoff von selbst, genauer gesagt: durch sein Gewicht, in den Vergaser. Da er gewissermaßen nach unten „fällt“, nennt man diese Form der Kraftstoffzufuhr Fallbenzinförderung. Im Verschlußdeckel des Tanks ist ein feines Loch, damit in den Raum, der innerhalb des Tanks durch Ausfließen von Kraftstoff frei wird, Luft einströmen kann. Ohne das Loch entstünde oberhalb des Kraftstoffspiegels im Tank ein luftverdünnter Raum und folglich Unterdruck. Dieser würde eine Sogwirkung auslösen, die dem Bestreben des Kraftstoffs, durch sein Gewicht in die Kraftstoffleitung zu fließen, entgegenwirkt. Außerdem muß durch das Loch verdampfter Kraftstoff entweichen können.

Dicht unter dem Tank ist bei Fallbenzinförderung ein Kraftstoffhahn angeordnet, der vom Innenraum des Wagens her zu betätigen ist. Er ermöglicht drei Stellungen. Bei der einen ist die gesamte Zufuhr in die Kraftstoffleitung gesperrt. Bei der zweiten Stellung kann Kraftstoff nur durch das Normalabflußrohr (siehe Bild !) fließen. Die Öffnung dieses Rohrs liegt höher als die des zweiten, des Reserveabflußrohrs. Wenn der Kraftstoffspiegel im Tank unter die Öffnung des Normalabflusses gesunken ist, fließt bei der zweiten Stellung des Hahns kein Kraftstoff mehr, obwohl der Tank noch nicht leer ist. Der Fahrer ist dadurch gewarnt, daß

Kraftstoff-Förderung durch Fallbenzin beim Pkw Trabant
1 Tankverschluß mit Luftloch, 2 Tank, 3 Normalabfluß, 4 Reserveabfluß, 5 Kraftstoffhahn, 6 Filter, 7 Kraftstoffleitung, 8 Vergaser



der Kraftstoffvorrat zu Ende geht. Wenn er den Hahn in die dritte Stellung bringt, wird der tiefer gelegene Abfluß freigegeben.

Am Kraftstoffhahn befindet sich noch eine vom Motorraum her zugängliche Glocke. Sie ist abschraubbar und birgt einen Kraftstoff-Filter. Es hält Schmutzteilchen und Wassertröpfchen zurück. Von Zeit zu Zeit muß es gereinigt werden.

Tanks mit größerem Rauminhalt lassen sich im Motorraum nicht unterbringen und werden deshalb bei Pkw im Fahrzeugheck montiert. Da der Kraftstoffspiegel dann nicht mehr höher als die Schwimmerkammer des Vergasers liegt, ist keine Fallbenzinförderung möglich, sondern eine Pumpe erforderlich, die den Kraftstoff aus dem Tank über eine längere Leitung zum Vergaser ansaugt. Diese Kraftstoffpumpe ist am Motor angebracht. Eine zwischen beiden befindliche Lage wärmeisolierenden Materials verhindert, daß sich das Pumpengehäuse zu stark erwärmt. Sonst würde nämlich der Kraftstoff teilweise verdampfen und Gasblasen bilden, welche die Funktion der Pumpe beeinträchtigen.

Die Kraftstoffpumpe hat keinen beweglichen Kolben, sondern eine Membran. Das ist ein Plättchen, das an seinen Rändern in einer Membrandose, dem Pumpengehäuse, fest eingespannt ist, aber hin- und herbewegt werden kann. In ihrer Normalstellung wird die Membran durch eine Feder in eine Ruhelage gedrückt. Entgegen der Federkraft kann die Membran über einen Stößel und Winkelhebel aus dieser Ruhelage jedoch herausbewegt werden. Dann entsteht im Pum-

pengehäuse ein luftverdünnter Raum, ein Unterdruck. Dadurch öffnet sich das Ansaugventil der Pumpe, und es wird Kraftstoff in das Gehäuse gesaugt, der durch einen Abfluß zur Schwimmerkammer des Vergasers gelangt. Ähnlich wie die Ein- und die Auslaßventile des Viertaktmotors wird auch der Stößel der Kraftstoffpumpe mittels einer Nockenwelle durch den laufenden Motor betätigt. Je schneller der Motor läuft, desto häufiger erfolgen daher die Membranbewegungen und um so mehr Kraftstoff fördert die Pumpe. Zusätzliche Konstruktionselemente sorgen jedoch dafür, daß die Membran so lange in ihrer Ruhestellung verbleibt, wie das Nadelventil der Schwimmerkammer geschlossen ist. Dadurch kann die Pumpe stets nur so viel Kraftstoff fördern, wie die Schwimmerkammer aufzunehmen vermag.

Beim Zweitaktmotor ist die Kraftstoffpumpe am Kurbelgehäuse angebracht. Auf einen mechanischen Antrieb durch Nockenwelle und Stößel kann man dabei verzichten, weil der im Kurbelgehäuse abwechselnd entstehende Druck und Unterdruck die Membran hin- und herbewegt.

Von der Art der Kraftstoff-Förderung hängt es ab, wie man sich zu verhalten hat, falls einmal ein Vergaserbrand entstehen sollte. Bei Fallbenzin muß – außer geeigneten Maßnahmen zum Löschen – unbedingt sofort der Kraftstoffhahn geschlossen werden. Außerdem sollte man im Stand den Motor mit Vollgas weiterlaufen lassen, damit der noch im Vergaser befindliche Kraftstoff so schnell wie möglich verbraucht und somit dem Brand entzogen wird. Es kommt immer wieder vor,

daß ein Trabant total ausbrennt, weil der Fahrer in der Aufregung nicht daran denkt, sogleich den Benzinhhahn zu schließen. Bei Kraftstoff-Förderung durch eine Pumpe muß dagegen der Motor und mithin die Pumpe sofort ausgeschaltet werden.

Noch ein Wort zur Luft, die vom Motor angesaugt wird: Sie muß, bevor sie in den Vergaser gelangt, von den in ihr schwebenden Staubteilchen gereinigt werden. Staub enthält unter anderem sehr harte Quarzteilchen. Gelangten sie mit in den Motor, würden sie wie Schmirgelpapier wirken und den Verschleiß beschleunigen. Deshalb wird die angesaugte Luft erst durch ein Filter geleitet, in dem zumindest die größeren in der Luft enthaltenen festen Teilchen hängenbleiben. Allmählich sammeln sie sich darin aber so stark an, daß das Filter – je nach Typ – entweder zu erneuern oder in Benzin auszuwaschen ist. Wird ein Motor mit verstopftem Filter weitergefahren, sinkt seine Leistung, weil es nicht mehr genug Luft durchläuft.

Warum Dieselmotoren?

Energie kommt in vielen verschiedenen Formen vor. Auch Wärme ist eine Energieform, Bewegung eine andere. Wenn der Kolben Kraft an die Kurbelwelle abgibt und diese dadurch in Drehung versetzt, so ist diese Kraft ebenfalls eine Form der Energie, nämlich Bewegungsenergie oder, wie man sie auch nennt, mechanische Energie. Im Kraftstoff steckt noch eine andere Energieform: die chemische Energie. Der Motor verwandelt die chemische Energie des Kraftstoffes durch Verbrennung in Wärmeenergie und diese wie-

derum in mechanische Energie. Man kann errechnen, wieviel Wärmeenergie die in einem Liter Kraftstoff enthaltene chemische Energie erzeugt, und auch, wie groß die mechanische Energie ist, die der Motor aus der chemischen Energie des Kraftstoffes gewinnt. Setzt man die Ausgangs- und die Endgröße in ein Verhältnis, so erhält man eine Kenngröße, die als Wirkungsgrad bezeichnet wird. Er ist meistens in Prozenten angegeben.

Kolben-Dampfmaschinen älterer Bauart erzielten einen Wirkungsgrad von höchstens 12 Prozent. Das bedeutet: Nur 12 Prozent der in dem verbrauchten Brennstoff enthaltenen chemischen Energie werden in mechanische Energie umgewandelt, der Rest in nicht genutzte Energieformen. Der Ottomotor erreicht einen Wirkungsgrad von ungefähr 24 Prozent. Verständlicherweise geht das Bestreben aber dahin, noch höhere Wirkungsgrade und damit eine noch bessere Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Mit diesem Ziel erfand bereits 1897 Rudolf Diesel einen nach ihm benannten Motor, der anders funktioniert als der Ottomotor und dessen moderne Konstruktionen einen Wirkungsgrad von 32 Prozent erreichen.

Das bedeutet: Ein Dieselmotor verbraucht für die gleiche Leistung weniger chemische Energie und mithin weniger Kraftstoff. Beim Ottomotor beträgt der Kraftstoffverbrauch 230 bis 400 g je PS und h (Stunde), beim Dieselmotor aber nur 180 bis 240 g. Außerdem kann der Dieselmotor das leichter zu gewinnende und daher billigere Schweröl, auch Gasöl oder Dieselöl genannt, verbrennen. Der Ottomotor dagegen benötigt Benzin,

das ein höher veredeltes und daher teureres Produkt der Erdölverarbeitung ist. An den Tankstellen bezeichnet man Dieselöl allgemein als Dieselkraftstoff (DK), das Benzin mit seinen Zusätzen zum Unterschied davon als Vergaserkraftstoff (VK).

Trotz des geschilderten Vorteils löst der Dieselmotor auch in Zukunft den Ottomotor nicht generell ab, denn der Dieselmotor ist größer, schwerer und in der Herstellung teurer als ein vergleichbarer Ottomotor. Wird einem Fahrzeug keine sehr große Beförderungsleistung abverlangt und soll es nicht zu schwer werden, so verwendet man daher weiter Ottomotoren. Pkw haben deshalb nur ausnahmsweise Dieselmotoren. Dagegen werden sie in schwere Lkw, Kraftomnibusse, Traktoren, Baumaschinen, militärische Panzerfahrzeuge, Lokomotiven und Schiffe eingebaut sowie als ortsfest betriebene Motoren mit hoher Leistung verwendet. Die genannten Fahrzeuge erfordern Motoren sehr hoher Leistung, also mit vielen PS. Bei hohen PS-Zahlen übertrifft die Kraftstoffersparnis die Mehrkosten für die Herstellung des Dieselmotors.

Es gibt Vier- und Zweitakt-Dieselmotoren. Die Arbeitstakte entsprechen denen von Ottomotoren. Dieselmotoren haben keinen Vergaser. Sie saugen durch die Kolbenbewegung kein Gemisch von Kraftstoff und Luft an, sondern nur Luft. Sie wird durch den Kolben im Zylinder höher verdichtet als das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Ottomotor. Arbeitet dieser mit Verdichtungsverhältnissen von etwa 8 : 1 bis höchstens 11 : 1, so betragen sie beim Dieselmotor 12 : 1 bis 22 : 1. Durch die starke Verdichtung erhitzt sich die Luft auf Tempe-

raturen von 500 bis 750 °C. Wird in diese sehr heiße Luft Dieselkraftstoff eingespritzt, so entzündet er sich von selbst, ohne daß es des elektrischen Funkens einer Zündkerze bedarf. Die Entzündungstemperatur des Dieselkraftstoffes liegt bei 350 °C. Manche Dieselmotoren haben allerdings auch Glühkerzen. Diese erzeugen keine Funken, sondern dienen der Vorwärmung der angesaugten Luft während der kalten Jahreszeit.

Der Dieselkraftstoff wird durch eine Pumpe in dem Moment in die Zylinder eingespritzt, in dem die Luft die höchste Verdichtung erreicht. Die Einspritzpumpe des Dieselmotors hat daher nicht nur Kraftstoff aus dem Tank anzusaugen wie die Förderpumpe des Ottomotors, sondern muß ihn unter sehr hohen Druck setzen und in die Zylinder einspritzen. Damit der Kraftstoff gegen den hohen Druck der verdichteten Luft in die Zylinder des Dieselmotors überhaupt eindringen und sich außerdem noch fein zerstäuben kann, ist ein Einspritzdruck von 80 bis 200 at (Atmosphären) erforderlich.

2000 Grad im Zylinder

Bei der Verbrennung des Kraftstoffes entstehen in den Zylindern Temperaturen bis ungefähr 2000 °C. Schon bei 1300 °C liegt der Schmelzpunkt des Eisens. Außer der Verbrennung bildet die Reibung, die vom Schmierölfilm zwar vermindert, aber nicht völlig beseitigt wird, eine weitere Wärmequelle. Ein großer Teil der Wärme muß daher fortlaufend abgeführt werden. Das geschieht zum Teil durch die Wärmeleitfähigkeit des Metalls von Kolben und Zylindern selbst; darüber

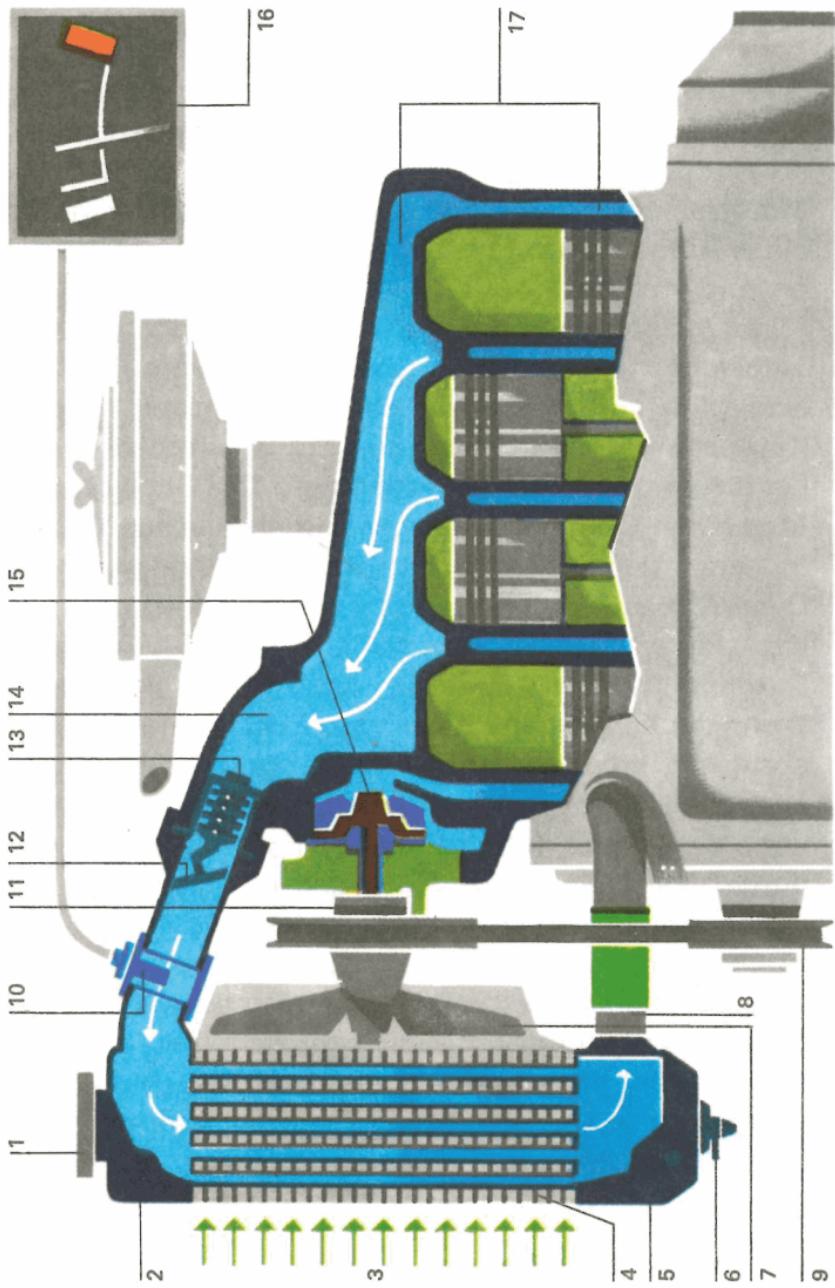
hinaus ist jedoch eine ständige Kühlung erforderlich. Nicht nur der Schmelzpunkt des Metalls, sondern mehr noch die Materialausdehnung erfordert eine Begrenzung der Betriebstemperatur. Wärme dehnt nämlich die Körper aus, Abkühlung zieht sie zusammen, was bei den verschiedenen Materialien unterschiedlich ist. Lange bevor Kolben und Zylinder ihren Schmelzpunkt erreichen, hätten sie sich infolge der durch die Hitze hervorgerufenen Ausdehnung „festgefressen“. Dazu kommt, daß Öl nur bis zu gewissen Temperaturen seine Schmierwirkung behält – ein weiterer Grund, die Betriebstemperatur des Motors zu begrenzen. Sie darf 80 bis 90 °C nicht übersteigen. Der Motor muß also gekühlt werden.

Luftkühlung

Zwei Kühlverfahren sind möglich: Luftkühlung und Wasserkühlung. An die Zylinder von luftgekühlten Motoren sind zahlreiche Kühlrippen angegossen. Sie sind den Rippen eines Zentralheizungskörpers vergleichbar. Dieser erlangt durch seine Form eine weit größere Oberfläche, als wenn er ein kompakter Wasserbehälter wäre. Je größer die Oberfläche, desto

Wasserkühlung

1 Kühlerverschluß, 2 oberer Wasserkasten, 3 Kühlluft, 4 Kühlerblock (schematisiert), 5 unterer Wasserkasten, 6 Wasserablaßhahn, 7 Lüfter, 8 unteres Wasserrohr zum Motorblock, 9 Riemenscheibe mit Keilriemen zum Antrieb des Lüfters und der Wasserpumpe, 10 Fühlelement des Fernthermometers, 11 Nachstellmutter für Wasserpumpendichtpackung, 12 Drosselklappe des Thermostaten, 13 Thermostat, 14 oberes Wasserrohr zum Kühler, 15 Wasserpumpe, 16 Fernthermometer, 17 Wassermantel in Zylinderkopf und Motorblock



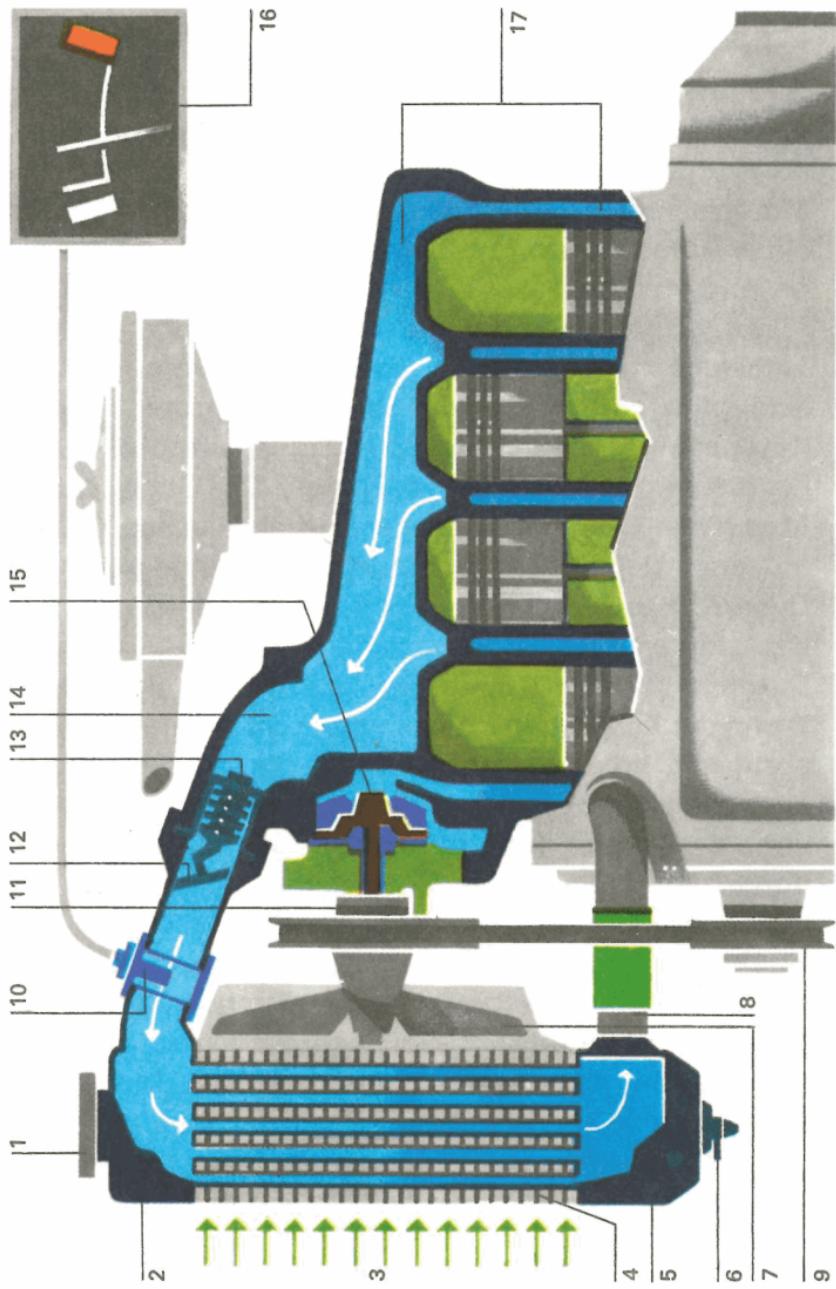
hinaus ist jedoch eine ständige Kühlung erforderlich. Nicht nur der Schmelzpunkt des Metalls, sondern mehr noch die Materialausdehnung erfordert eine Begrenzung der Betriebstemperatur. Wärme dehnt nämlich die Körper aus, Abkühlung zieht sie zusammen, was bei den verschiedenen Materialien unterschiedlich ist. Lange bevor Kolben und Zylinder ihren Schmelzpunkt erreichen, hätten sie sich infolge der durch die Hitze hervorgerufenen Ausdehnung „festgefressen“. Dazu kommt, daß Öl nur bis zu gewissen Temperaturen seine Schmierwirkung behält – ein weiterer Grund, die Betriebstemperatur des Motors zu begrenzen. Sie darf 80 bis 90 °C nicht übersteigen. Der Motor muß also gekühlt werden.

Luftkühlung

Zwei Kühlverfahren sind möglich: Luftkühlung und Wasserkühlung. An die Zylinder von luftgekühlten Motoren sind zahlreiche Kühlrippen angegossen. Sie sind den Rippen eines Zentralheizungskörpers vergleichbar. Dieser erlangt durch seine Form eine weit größere Oberfläche, als wenn er ein kompakter Wasserbehälter wäre. Je größer die Oberfläche, desto

Wasserkühlung

1 Kühlerverschluß, 2 oberer Wasserkasten, 3 Kühlluft, 4 Kühlerblock (schematisiert), 5 unterer Wasserkasten, 6 Wasserablaßhahn, 7 Lüfter, 8 unteres Wasserrohr zum Motorblock, 9 Riemenscheibe mit Keilriemen zum Antrieb des Lüfters und der Wasserpumpe, 10 Fühlelement des Fernthermometers, 11 Nachstellmutter für Wasserpumpendichtpackung, 12 Drosselklappe des Thermostaten, 13 Thermostat, 14 oberes Wasserrohr zum Kühler, 15 Wasserpumpe, 16 Fernthermometer, 17 Wassermantel in Zylinderkopf und Motorblock



größer ist die Berührungsfläche mit der Luft und um so höher ist die Wärmeabgabe an die Luft. So führen auch die Kühlrippen des Zylinders viel Wärme an die Luft ab. Ausreichend ist die Kühlung aber nur, wenn stets genügend Luft an den Kühlrippen vorüberstreicht. Beim Motorrad sorgt dafür der Fahrtwind. Da sich der Motor eines Autos jedoch unter einer Haube befindet, ist ein gesondertes Gebläse, auch Ventilator oder Lüfter genannt, erforderlich. Außerdem sind sogenannte Luftleitbleche so angeordnet, daß sie den vom Gebläse erzeugten Luftstrom möglichst wirkungsvoll an den Kühlrippen vorüberleiten. Beim Trabant verdecken die Leitbleche den Motor fast vollständig. Das Gebläse wird über einen Keilriemen von der Kurbelwelle des Motors mit angetrieben. Zugleich treibt der Keilriemen eine Dynamomaschine, die auch Lichtmaschine genannt wird. Sie erzeugt die elektrische Energie für sämtliche Stromverbraucher sowie zum Aufladen der Batterie.

Wenn der Keilriemen reißt oder von der Riemenscheibe abrutscht, arbeiten daher sowohl die Luftkühlung als auch die Lichtmaschine nicht mehr, so daß der Strom von der Batterie entnommen werden muß. Das wird durch das Aufleuchten einer kleinen roten Kontrolllampe am Armaturenbrett angezeigt. Von Zeit zu Zeit leuchtet sie auch bei intaktem Keilriemen auf, nämlich dann, wenn der Motor mit niedriger Drehzahl leer läuft. Beim Gasgeben erlischt sie wieder. Leuchtet sie dagegen ständig, so ist das ein Alarmzeichen. Man muß anhalten und sich überzeugen, ob der Keilriemen in Ordnung ist und das Gebläse läuft. Ohne Lüfter darf man nicht weiterfahren, weil sich der Motor sonst

überhitzt. Brennt die Kontrolllampe trotz einwandfreier Funktion von Keilriemen und Lüfter, dann ist die Lichtmaschine defekt. Man kann mit der elektrischen Energie aus der Batterie am Tage aber noch ziemlich weit fahren und erreicht auch die nächste größere Stadt, wenn man sich auf Fernfahrt befindet.

Wasserkühlung

Bei wassergekühlten Motoren sind die Zylinder von Hohlräumen umgeben, durch die das Wasser strömt und dabei die Wärme abführt. Das Wasser erhitzt sich dadurch und steigt nach oben. Durch eine Schlauchverbindung gelangt es in den oberen Wasserkasten des Kühlers. (Seite 61 zeigt eine Wasserkühlung im Schnitt.) Vom oberen läuft das Wasser in den unteren Wasserkasten. Dabei muß es den dazwischen befindlichen Kühlerblock passieren. Er besteht aus vielen feinen Bauelementen, die insgesamt eine sehr große Oberfläche haben und mithin der Kühlluft eine große Angriffsfläche bieten. Beim Durchströmen des Kühlerblocks gibt das Wasser seine Wärme weitestgehend an die Luft ab. Wenn es in den unteren Wasserkasten gelangt, hat sich seine Temperatur so weit verringert, daß es von neuem in die Kühlmantel-Hohlräume des Zylinderblocks strömen und den Motor kühlen kann. Zum Ablassen des Kühlwassers befindet sich entweder am unteren Wasserkasten des Kühlers oder am Motor ein Hahn oder eine Öffnung, die durch Ein- oder Ausdrehen einer Knebelschraube verschlossen beziehungsweise geöffnet werden kann.

Auch wassergekühlte Motoren haben einen Lüfter. Er

ist entweder vor oder hinter dem Kühler angeordnet und drückt beziehungszweise saugt die Luft durch den Kühlerblock. Wie beim luftgekühlten Motor werden Lüfter und Lichtmaschine über denselben Keilriemen angetrieben. Außer durch ein Kühlwasser-Fernthermometer wird auch beim wassergekühlten Motor durch die bereits erwähnte Kontrolllampe ein Keilriemen-defekt signalisiert.

Die Stärke des Luftstroms, der auf den Kühler wirkt, wird zusätzlich durch eine Kühlerjalouse geregelt, die an der Front des Motorraumes hinter dem Ziergitter angeordnet ist. Bei kühlen Außentemperaturen und solange der Motor noch nicht seine Betriebstemperatur erlangt hat, bleibt die Jalouse geschlossen. Wird der Motor zu warm, so öffnet man sie mittels eines Zugknopfes, der über einen Bowdenzug mit dem Jalousegestänge verbunden ist. Im Winter kann der Lufteintritt in den Motorraum mit Schutzdecken verschlossen werden.

Im Verbindungsrohr zwischen Motor und oberem Wasserkasten des Kühlers ist in unserem Bild noch ein Kühlmittel-Temperaturregler, auch Thermostat genannt, zu sehen. Er blockiert den Kühlwasserumlauf so lange, bis die Betriebstemperatur des Motors erreicht ist. Zusammen mit dem Kühlmittel erhitzt sich der Thermostat und ändert dabei die Form eines seiner Bauelemente so, bis schließlich der Wasserumlauf freigegeben wird. In die Kühlflüssigkeit ragt außerdem ein Fernthermometer. Die gemessene Temperatur ist an einem Anzeigegerät am Armaturenbrett abzulesen.

Das beschriebene Verfahren bezeichnet man als Umlauf- oder Thermosyphon-Kühlung. Bei neueren wassergekühlten Motoren befindet sich im Kühlsystem mitunter auch eine Wasserpumpe, die den Umlauf verstärkt. Bei dieser Pumpenumlaufkühlung genügt ein geringeres Kühlwasservolumen und damit ein kleinerer Kühler.

Warum braucht man ein Gefrierschutzmittel?

Die Kühlflüssigkeit darf niemals gefrieren. Wasser hat seine größte Dichte bei $+4^{\circ}\text{C}$. Sinkt seine Temperatur weiter ab, so dehnt es sich wieder aus. Bis zu 0°C kann dabei nichts passieren, weil das Wasser noch flüssig bleibt und allenfalls durch das Überlaufrohr des Kühlers ausfließen würde. Wird der Nullpunkt unterschritten, geht das Wasser aber nicht nur in den festen Zustand, also in Eis, über, sondern dehnt sich auch noch weiter aus. Die Kraft, mit der es sich ausdehnt, ist so groß, daß sie den eisernen Zylinderblock sprengen kann. Das Gefrierschutzmittel ist eine Flüssigkeit, deren Gefrierpunkt weit unter 0°C liegt. Mischt man es dem Wasser bei, entsteht eine Kühlflüssigkeit, deren Gefrierpunkt um so niedriger liegt, je größer der Anteil an Gefrierschutzmittel ist.

Um dem Fahrzeugbenutzer die Sorge um den Gefrierschutz abzunehmen und auch das von Zeit zu Zeit erforderliche Nachfüllen von Kühlwasser zu ersparen, haben neuere Pkw häufig ein abgeschlossenes und plombiertes Kühlsystem. Es enthält bereits Gefrierschutzmittel. Bei einem nicht abgeschlossenen Kühlsystem geht aus verschiedenen Ursachen all-

mählich Flüssigkeit verloren. Zum Beispiel schwappt beim Fahren auf unebener Straße etwas Flüssigkeit im oberen Wasserkasten so hoch, daß sie ins Ablaufrohr gerät. Die Öffnung dieses Ablaufs befindet sich an der höchsten Stelle des oberen Wasserkastens. Sollte das Kühlwasser einmal sieden, kann der Dampf durch das Rohr entweichen. Ein abgeschlossenes Kühlsystem hat zur Sicherheit dafür ein Ausgleichsgefäß. Flüssigkeit kann dann nicht verlorengehen, sondern nur in das Ausgleichsgefäß hinüberwandern.

Es geht nicht ohne Elektrizität

Noch in den zwanziger Jahren konnte man häufig beobachten, wie ein Autofahrer seinen Motor mühsam ankurbelte. Heute sitzt man beim Starten des Motors bequem im Wagen und dreht lediglich den Zündschlüssel im Zündschloß. Dadurch wird der Anlasser eingeschaltet. Das ist ein kleiner, aber kräftiger Elektromotor, der mit einem als Ritzel bezeichneten Zahnrad in den Zahnkranz der Schwungscheibe eingreift und diese dreht. Dabei wird die Kurbelwelle mitgedreht, bis der Motor aus eigener Kraft läuft. Zündschloß und Anlasser sind nur ein Teil der umfangreichen elektrischen Anlage des modernen Kraftfahrzeugs.

Die Batterie

Die Spannungsquellen der elektrischen Anlage sind die Batterie und die Lichtmaschine. Die Batterie ist, richtiger gesagt, ein Akkumulator, also eine Spannungsquelle, die immer wieder neu aufgeladen werden kann. Das Aufladen erfolgt während der Fahrt durch die Licht-

maschine. Wird der Wagen längere Zeit nicht gefahren und mithin die Batterie nicht geladen, sinkt ihre Spannung so weit, daß diese zum Starten des Motors nicht mehr ausreicht. Jede Batterie entlädt sich nämlich allmählich auch dann, wenn keine Verbraucher angeschlossen sind. Batterien für Taschenlampen, Radios und so weiter sind deshalb ebenfalls nur begrenzte Zeit lagerfähig. Auch bei niedriger Temperatur sinkt die Spannung der Kraftfahrzeugbatterie. Deshalb treten Startschwierigkeiten besonders im Winter auf. Die Batterie muß dann mit einem Ladegerät erst wieder geladen werden.

Batterie und Lichtmaschine ergänzen sich gegenseitig. Die Lichtmaschine liefert elektrische Energie nur zum sofortigen Verbrauch, die Batterie hingegen kann Elektroenergie speichern. Die Lichtmaschine erzeugt lediglich bei laufendem Motor eine Spannung, da sie vom Motor mit angetrieben wird. Die Batterie liefert auch bei stehendem Motor Elektroenergie. Läuft der Motor schnell, erzeugt die Lichtmaschine sogar mehr Elektroenergie, als die angeschlossenen Aggregate des Fahrzeugs verbrauchen. Mit dem Überschuß wird die Batterie nachgeladen.

Eine 6-V-Batterie besteht aus drei, eine für 12 V aus sechs Zellen zu je 2 V (V [Volt] ist die Einheit der elektrischen Spannung). Zu jeder Zelle gehören zwei durch Separatoren (Trennplatten) getrennte Sätze von Bleiplatten. Die Plusplatten bestehen aus schokoladenbraunem Bleidioxid, die negativen aus grauem Bleischwamm. Alle positiven und alle negativen Platten sind miteinander durch je eine Polbrücke verbunden,

die einen Polkopf trägt. An diese beiden mit + und - gekennzeichneten Polköpfe werden die Batteriekabel mittels Klemmen angeschlossen.

Die Zellen sind mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Das Einfüllen der Säure erfolgt durch eine Öffnung, die mit einer großen Plastschraube verschlossen wird. Diese hat ein feines Loch, durch das Gase, die sich in der Zelle bilden, entweichen können. Der Flüssigkeitsspiegel soll stets einige Millimeter über der Oberkante der Bleiplatten liegen. Durch Verdunsten von Wasser kann er sinken. Dann muß destilliertes (chemisch reines) Wasser, keine Säure, nachgefüllt werden, weil nur der Wasseranteil der Flüssigkeit, nicht aber die Säure verdunstet. Leitungs- und Brunnenwasser sind ungeeignet, weil darin Stoffe gelöst sind, welche die in der Batterie ablaufenden Vorgänge stark beeinträchtigen würden.

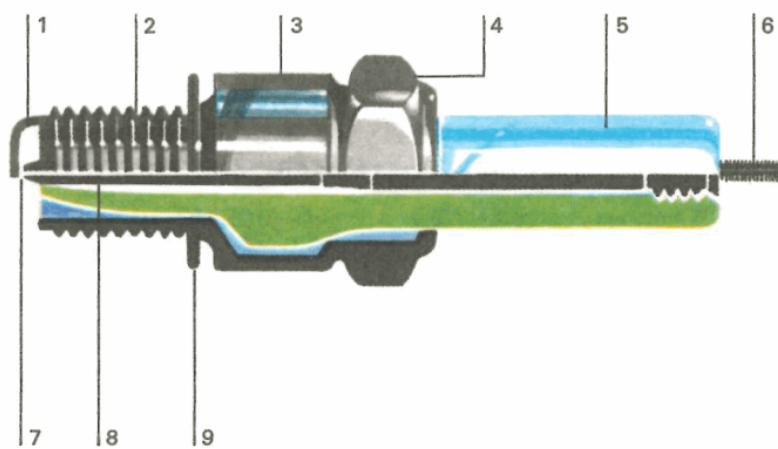
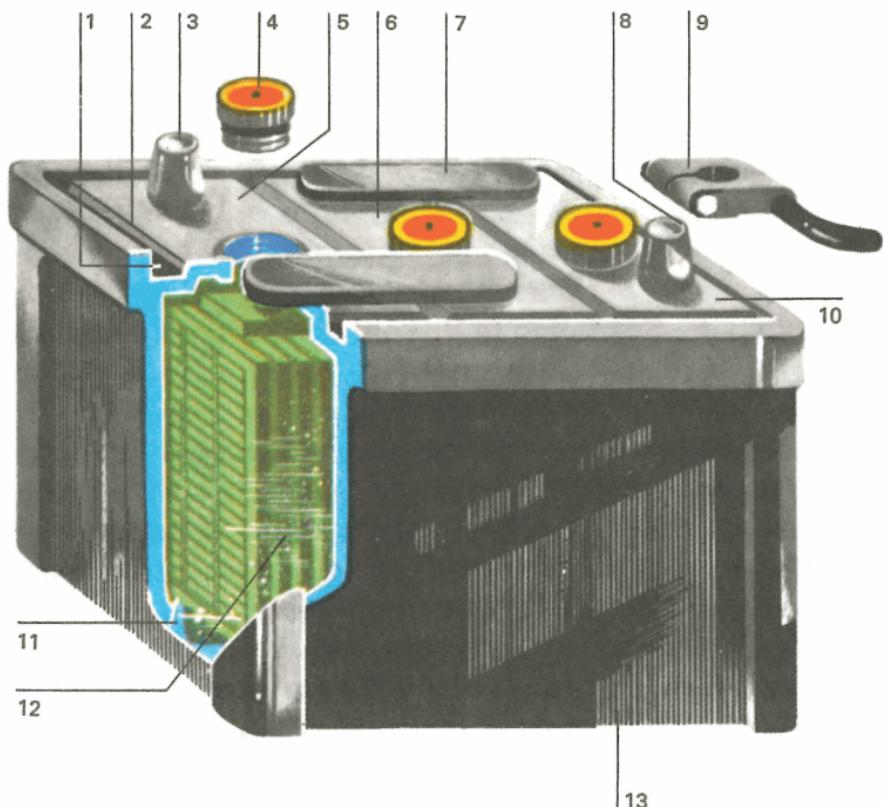
Die Batterie wandelt die ihr beim Laden zugeführte elektrische Energie in chemische Energie um. Bei der Entladung erfolgt wieder eine Wandlung von chemischer in elektrische Energie.

Zur Pflege der Batterie gehört, daß man stets für einen ausreichend hohen Flüssigkeitsspiegel und einen guten

Oben: 6-Volt-Autobatterie im Schnitt

1 Vergußmasse, 2 Zellendeckel (vergossen), 3 Polkopf, negativ, 4 Füllschraube mit Entlüftungsöffnung, 5 Zelle I, 6 Zelle II, 7 Verbindungssteg zur Reihenschaltung, 8 Polkopf, positiv, 9 Kabelklemme, 10 Zelle III, 11 Bodenprismen, 12 Füllung, verdünnte Schwefelsäure
Unten: Schnitt durch eine Zündkerze

1 Masseelektrode, 2 Kerzengewinde, 3 Kerzenschaft, 4 Sechskant, 5 Isolierstein, 6 Anschlußgewinde, 7 Elektrodenabstand, 8 Mittelelektrode, 9 Dichtungsring



Ladezustand sorgt. Ist die Batterie einmal stark entladen, muß sie sofort wieder nachgeladen werden.

Die Batteriekabel sind erstaunlich dick. Das ist durch die hohe Stromstärke bedingt. Ein Kabel muß einen um so größeren Querschnitt haben, je höher die Stärke des durchfließenden Stroms ist. Die Stromstärke wird in der Maßeinheit A (Ampere) angegeben und errechnet, indem man die Leistung des Verbrauchers in W (Watt) durch die Spannung in V (Volt) dividiert, also:

$$\text{Stromstärke (A)} = \frac{\text{Leistung (W)}}{\text{Spannung (V)}}$$

Schon durch eine Glühlampe von nur 35 W Leistung fließt daher bei 6 V Spannung die hohe Stromstärke von fast 6 A (35 W : 6 V). Beim Betätigen des Anlassers fließen sogar bis zu 80 A. Wird unser Stromnetz im Haushalt von 220 V mit 2200 W voll belastet, dann sind es dagegen erst 10 A. Das erklärt, warum die Batteriekabel viel dicker sein müssen als die elektrischen Kabel in unserer Wohnung.

Wieviel Strom eine Autobatterie abgeben kann, bis sie völlig entladen ist, geht aus ihrem elektrischen Aufnahmevermögen, der Kapazität, hervor. Sie wird in Ah (Amperestunden) angegeben. Eine 6-V-Batterie von beispielsweise 84 Ah kann nur etwa 7 Stunden lang zwei Scheinwerfer-Lampen von je 35 W speisen, da durch beide Lampen zusammen ein Strom von $70 \text{ W} : 6 \text{ V} = \approx 12 \text{ A}$ fließt. Das ergibt in 7 Stunden $12 \text{ A} \cdot 7 \text{ h} = 84 \text{ Ah}$. Wenn man abends beim Abstellen des Fahrzeugs vergißt, die Scheinwerfer auszuschalten, muß man daher am nächsten Morgen den Wagen anschieben, weil die Batterie entladen ist.

Die Lichtmaschine

Sie ist ein Dynamo, aber größer und leistungsfähiger als der eines Fahrrades. Beim Radfahren können wir beobachten, daß das Licht um so heller brennt, je schneller wir fahren, weil der Dynamo bei größerer Drehzahl eine höhere Spannung erzeugt. Die Lichtmaschine eines Kraftfahrzeugs würde jedoch bei hohen Motordrehzahlen so große Spannungen abgeben, daß die Glühlampen durchbrennten, wenn das nicht ein Regler verhinderte. Er befindet sich in einem kleinen Gehäuse entweder direkt an der Lichtmaschine oder an der Spritzwand. Im selben Gehäuse ist der Rückstromschalter angebracht. Er schließt oder unterbricht automatisch den Kontakt zwischen Lichtmaschine und Batterie. Ist die von der Lichtmaschine erzeugte Spannung höher als die der Batterie, dann schließt sich der Kontakt. Es fließt Strom von der Lichtmaschine zur Batterie und lädt diese nach. Sinkt die Spannung an der Lichtmaschine unter die der Batterie, so wird der Kontakt unterbrochen. Denn sonst würde sich infolge des Spannungsgefälles, das stets von der höheren zur niedrigeren Spannung verläuft, die Batterie über die Lichtmaschine entladen.

Sobald der Batterie Elektroenergie entnommen wird, weil Aggregate eingeschaltet sind, die mehr verbrauchen, als die Lichtmaschine im Augenblick abgibt, leuchtet die früher schon erwähnte Kontrolllampe auf. Das ist zum Beispiel beim Starten des Motors durch den Anlasser der Fall. Aber auch bei langsamer Fahrt mit Leerlauf des Motors kann die Kontrolllampe aufleuchten, denn selbst wenn kein Licht eingeschaltet ist, wird

laufend elektrische Energie für die Zündanlage benötigt. Dreht sich nämlich die Lichtmaschine zu langsam, muß die Batterie die Zündanlage speisen.

Der Anlasser

Er hat, wie erwähnt, die Aufgabe, mittels eines Ritzels die Schwungscheibe des Motors zu drehen. Das Ritzel darf jedoch nur beim Anlassen, aber nicht mehr, wenn der Motor aus eigener Kraft mit hoher Drehzahl läuft, in den Zahnkranz der Schwungscheibe eingreifen. Das Ein- und Ausrücken des Ritzels kann zum Beispiel durch einen Zugmagnetschalter bewirkt werden. Beim Starten fließt Strom durch eine Spule des Magnetschalters. Dadurch entsteht eine elektromagnetische Kraft. Sie zieht ein als Anker bezeichnetes Metallstück in die Spule hinein. Dieser Zuganker betätigt über ein Hebelsystem das Ritzel des Anlassers und drückt es in den Zahnkranz der Schwungscheibe ein. Wird der Stromfluß in der Spule ausgeschaltet, dann holt eine Feder den Zuganker zurück. Das Ritzel rückt wieder aus dem Zahnkranz der Schwungscheibe aus. Versagt der Anlasser einmal, so ist nicht immer der Elektromotor defekt. Manchmal funktioniert nur der Magnetschalter nicht.

Was normalerweise der Anlasser leistet, müssen wir, wie schon erwähnt, bei entladener Batterie durch Anziehen bewerkstelligen. Dabei wird die Kurbelwelle durch die rollenden Antriebsräder in Bewegung gesetzt, also genau umgekehrt als beim normalen Fahren, bei dem der Motor die Drehung der Räder bewirkt. Zum Anziehen muß deshalb eine Verbindung zwischen den Rädern und dem Motor bestehen. Es wird

daher eingekuppelt und ein Gang des Getriebes eingelegt. Beim Starten des Motors schaltet man dagegen das Getriebe in den Leerlauf oder kuppelt aus, weil der Motor beim Anlaufen nicht gleich so viel Kraft hat, um durch die Drehung der Räder das Fahrzeug in Bewegung zu setzen.

Die Zündanlage

Sie hat die Aufgabe, beim Ottomotor mit Hilfe der Batteriespannung von 6 oder 12 V eine Hochspannung von 10 000 bis 15 000 V zu erzeugen und diese den Zündkerzen zuzuführen, damit der an der Zündkerze entstehende Zündfunken das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Zylinder entflammen und somit die Verbrennung einleiten kann. Es ist auf Grund der hohen Spannung gefährlich, bei eingeschalteter Zündung die Kerzen zu berühren. Manchmal bekommt man schon beim Anfassen der Kerzenstecker einen Schlag, wenn sie ungenügend isoliert sind.

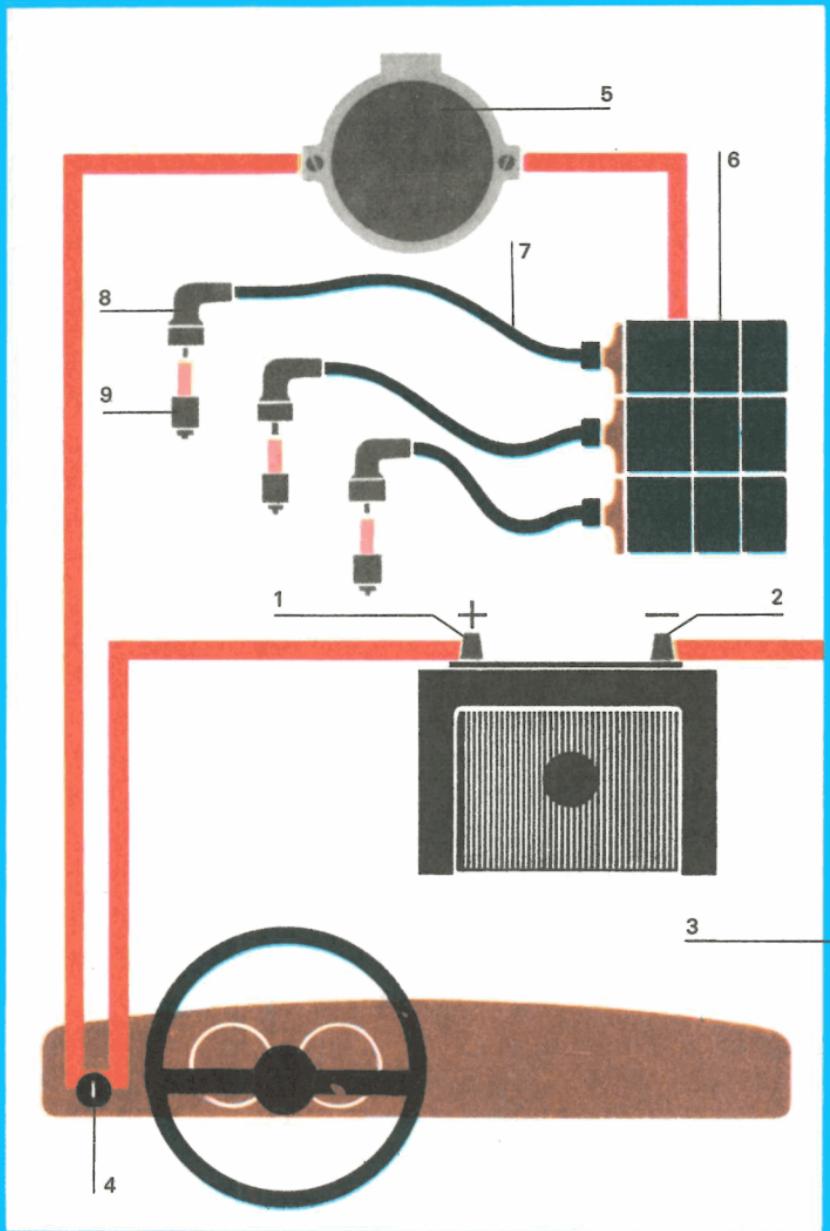
Ist das Zündschloß mit dem Zündschlüssel in die Einraststellung gedreht worden, schließt es einen Kontakt, der den Stromfluß von der Batterie über den Unterbrecher zu den Zündspulen bewirkt. Jede Zündspule enthält zwei Drahtwicklungen. Die eine, die Primärwicklung, besteht aus nur wenigen Windungen dicken isolierten Drahtes. Bei Stromfluß in der Primärwicklung wird in einem Eisenkern, der in der Primärwicklung steckt, Elektromagnetismus erzeugt. Das magnetische Kraftfeld durchsetzt die zweite, die Sekundärwicklung, welche die primäre umschließt. Immer dann, wenn sich die Stärke des Magnetfeldes ändert, entsteht in der

Sekundärwicklung ein Spannungsstoß. Man bezeichnet das als elektromagnetische Induktion. Änderungen des Magnetfeldes entstehen, wenn der Stromfluß in der Primärwicklung ein- oder ausgeschaltet wird. Die in der Sekundärwicklung entstehende Spannung ist sehr viel höher, weil die Sekundärspule eine größere Anzahl von Drahtwindungen hat. Besteht die Primärspule zum Beispiel aus 10 und die Sekundärspule aus 20 000, also aus 2000mal mehr Windungen, so erhält man aus 6 V eine 2000fach höhere Spannung: 12 000 V.

Das häufige Ein- und Ausschalten des Stromflusses durch die Primärwicklung der Zündspule erfolgt durch den sogenannten Unterbrecher. In herkömmlichen Zündanlagen geschieht das mittels mechanischer Baulemente, die von der Nockenwelle des Viertakt- beziehungsweise der Kurbelwelle des Zweitaktmotors bewegt werden. Bei Zweitaktern befindet sich der Unterbrecher deshalb am vorderen Teil des Motors unten, so daß ein verlängertes Teil der Kurbelwelle in den Unterbrecher hineinragt und die Unterbrecherkontakte im Rhythmus der Umdrehungen der Welle betätigt. Die Zündanlagen können entweder so gebaut sein, daß jede Zündkerze eine eigene Zündspule hat, oder so, daß für alle Zündkerzen insgesamt nur eine Spule vorhanden ist. Im zweiten Fall muß dann ein besonderer Verteiler den hochgespannten Zündstrom auf die einzelnen Zündkerzen verteilen.

Zündanlage des Pkw Wartburg

1 Pluspol der Autobatterie, 2 Minuspol, 3 Masse, 4 Zündschloß, 5 Unterbrecher, 6 Zündspulen, 7 Zündkabel, 8 Kerzenstecker, 9 Zündkerze



Die Kontakte des Unterbrechers funktionieren im Prinzip nicht anders als die eines Lichtschalters in unserer Wohnung. Nur werden sie sehr viel öfter betätigt und unterliegen daher einem stärkeren Verschleiß. Das will man einschränken beziehungsweise verhindern durch teil- oder volltransistorisierte Zündanlagen. In ihnen gibt es wenige oder gar keine bewegten Bauelemente. Was im herkömmlichen Unterbrecher durch die Bewegung von Kontakten bewirkt wird, das entsteht bei der Transistorzündung ohne Bewegung irgendwelcher Teile allein durch das elektrische Verhalten bestimmter Halbleiterstoffe.

Von der Sekundärwicklung der Zündspule wird die Hochspannung durch das isolierte Zündkabel entweder direkt oder über den Verteiler zum Kerzenstecker geleitet. Im Stecker umschließt ein Kontakt den mit einem Gewinde versehenen kleinen Stift, der oben aus der Zündkerze herausragt. Er ist leitend mit der Mittellektrode verbunden, die ein kurzes Stück aus dem unteren Ende der Kerze ragt. Ihr steht mit einem Abstand von nur 0,4 bis 0,6 mm die gebogene Masselektrode gegenüber. So nennt man sie, weil sie mit der metallischen Masse des Motors und der anderen Fahrzeugteile elektrisch leitend verbunden ist. Mit dieser Masse hat auch der Minuspol der Batterie Kontakt. Deshalb braucht man immer nur eine Leitung vom Pluspol der Batterie zu einem Pol der elektrischen Aggregate. Der andere Pol liegt an der elektrischen Masse des Fahrzeugs. Da diese mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist, entsteht ohne eine gesonderte zweite Leitung ein geschlossener Stromkreis.

Infolge der hohen Spannung und des kurzen Abstandes zwischen Mittel- und Masseelektrode der Zündkerze springt ein Funken über, und da der untere Teil der Kerze in den Zylinderraum ragt, wird dadurch das Kraftstoff-Luft-Gemisch entzündet.

Außer der hier geschilderten Batteriezündanlage gibt es auch die Magnetzündung. Diese ist unabhängig vom Ladezustand der Batterie, da die hohe Spannung durch einen Generator erzeugt wird. Die Magnetzündung ist bei Pkw aber kaum noch gebräuchlich, zumal für die zahlreichen übrigen elektrischen Aggregate des Fahrzeugs sowieso eine leistungsstarke Batterie benötigt wird.

Gefährliches Blendloch

Es ist wichtig, daß sämtliche Lampen der Beleuchtungsanlage einwandfrei funktionieren, denn bei Dunkelheit hängt die Sicherheit entscheidend von gutem Licht ab. Das gilt nicht nur für Kraftfahrzeuge, sondern ebenso für Fahrräder und für die Rücklichter nicht weniger als für die Frontscheinwerfer. Wenn sich auf einer Landstraße zwei Fahrzeuge aus entgegengesetzten Richtungen begegnen, wird jeder Fahrer durch die Scheinwerfer des anderen, auch wenn sie vorschriftsmäßig abgeblendet sind, vorübergehend etwas geblendet. Ist das andere Fahrzeug vorüber, so kann sich das Auge der größeren Dunkelheit im Blickfeld nicht schlagartig wieder anpassen. Für eine kurze Zeit sieht der Fahrer deshalb jetzt wesentlich schlechter. Man bezeichnet diese Zeitspanne als Blendloch. Nähert sich der Kraftfahrer während des Blendlochs bei-

spielsweise einem vor ihm befindlichen Radfahrer, so wird er ein schlecht leuchtendes Rücklicht nicht bemerken und den Radfahrer möglicherweise von hinten anfahren. Jeder Radfahrer muß sich deshalb sorgfältig vergewissern, ob sein Rücklicht genügend hell brennt und der Rückstrahler nicht verschmutzt ist.

Ein unerlässlicher Teil der elektrischen Anlage des Autos ist der Scheibenwischermotor. Er dreht sich nicht etwa abwechselnd in der einen und in der anderen Richtung. Vielmehr wird die hin- und hergehende Bewegung der Wischerarme über ein geeignetes Gestänge erzeugt. Zur elektrischen Anlage gehören auch der Blinkgeber mit den Blinkleuchten, die Bremsleuchten, die Beleuchtungslampen für die Instrumente am Armaturenbrett, gegebenenfalls eine elektrische Kraftstoffanzeige und ein Fernthermometer zur Messung und Anzeige der Kühlwassertemperatur. Je nach Komfort sind im Pkw manchmal noch andere elektrische Geräte eingebaut, zum Beispiel ein Elektromotor mit Gebläse, das ein Beschlagen der Innenseite der Frontscheibe durch intensive Umströmung mit Luft verhindert oder schnell wieder beseitigt, ein Ventilator für den Innenraum, ein Autoradio, ein Zigarettenanzünder mit elektrischer Heizspirale und so weiter. An die Bordsteckdose kann man eine Handlampe – nützlich bei Pannen in der Nacht –, einen Autostaubsauger oder ein nicht fest in den Wagen eingebautes Radio anschließen.

Autofahren – physikalisch betrachtet

Wir haben uns jetzt lange in die Kraftfahrzeugtechnik vertieft. Trotzdem konnten wir von manchem, zum

Beispiel von der Funktion der Zündanlage, nur das Grundprinzip kennenlernen, weil sonst ein ganzes Buch allein über die elektrische Anlage erforderlich wäre. Wir ahnen jetzt, wieviel Technik in einem Kraftfahrzeug steckt. Gönnen wir uns an dieser Stelle eine Pause und beschäftigen wir uns mit einigen physikalischen Grundlagen des Autofahrens.

Ein Raumschiff, das in eine Erdumlaufbahn gebracht wurde, bewegt sich ohne Antrieb weiter. Warum ist dieser „himmlische“ Zustand nicht auch beim Autofahren auf der Erde zu erreichen?

Alle Bewegungsvorgänge verlaufen nach zwei physikalischen Grundgesetzen. Das eine lautet: Jeder Körper behält seinen Bewegungszustand bei, solange keine anderen Kräfte auf ihn einwirken. Auch der Stillstand ist in diesem Sinne ein Bewegungszustand, nämlich der Zustand der Nichtbewegung. Jeder Bewegungszustand ist aber nicht nur durch eine bestimmte Geschwindigkeit charakterisiert, sondern auch durch eine Richtung. Ein bewegter Körper ist also nicht nur bestrebt, sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit, sondern auch in gleicher Richtung weiterzubewegen. In der Physik wird diese Eigenschaft aller Körper als Trägheit bezeichnet. Sie setzt jeder Veränderung des Bewegungszustandes einen Widerstand entgegen.

Das andere Gesetz lautet: Um den Bewegungszustand eines Körpers zu ändern, muß man eine Kraft aufwenden. Die Änderung des Bewegungszustands nennt man in der Physik Beschleunigung. Das kann sowohl eine Erhöhung als auch eine Verminderung der Geschwindigkeit sein. Im zweiten Fall spricht man auch

von negativer Beschleunigung oder Verzögerung. Das Bremsen ist eine solche Verzögerung. Beschleunigung ist also nicht gleichbedeutend mit Geschwindigkeit, sondern mit Geschwindigkeits- oder Richtungsänderung.

Von der Gültigkeit der beiden Gesetze können wir uns beim Autofahren in vielfältiger Weise überzeugen. Ein Auto, das auf ebener, also nicht abschüssiger Straße steht, bleibt dort stehen. Es behält seinen Bewegungszustand 0 bei – eine Folge der Trägheit. Um es anzuschieben, zu beschleunigen, brauchen wir ziemlich viel Kraft. Rollt es aber erst einmal, so ist die Kraft, die benötigt wird, um es mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Richtung weiterrollen zu lassen, wesentlich geringer. Würden wir allerdings gar keine Kraft mehr aufwenden, so bliebe es bald wieder stehen. Hier begegnen wir der im ersten Gesetz gemachten Einschränkung, die lautete: „... solange keine anderen Kräfte auf ihn einwirken.“

Welches sind die Kräfte, die den antriebslos rollenden Wagen auf ebener Straße allmählich zum Stillstand bringen? Sie stammen aus der Reibung der Achsen in ihren Lagern und der Reifen auf der Straße. Auch die Reibung der gesamten Oberfläche des Fahrzeugs an der sie umgebenden Luft, der Luftwiderstand, bewirkt eine geringfügig bremsende Kraft. Da sie und auch die Rollreibung aber, wie wir schon wissen, relativ klein ist, brauchen wir nur wenig Kraft, um den Wagen mit gleicher Geschwindigkeit weiterzuschieben. Der künstliche Erdsatellit bewegt sich dagegen in einem praktisch luftleeren Raum und wird deshalb nicht gebremst.

Folglich kann er endlos weiterfliegen. Allerdings fliegt er nicht in gleicher Richtung, nicht geradeaus, das heißt nicht immer weiter von der Erde weg. Denn auch auf ihn wirkt weiter die Anziehungskraft unseres Planeten ein, die ihn in Richtung zum Erdmittelpunkt (genauer: zum Schwerpunkt des Erdballs) beschleunigt. Durch diese Beschleunigung krümmt sich seine Bahn. Er fällt ständig in Richtung Erdmittelpunkt. Weil seine Geschwindigkeit aber sehr groß ist, krümmt sich seine Bahn beim ständigen Fallen nicht stärker, als sich auch die Erdoberfläche unter ihm hinwegkrümmt. So fällt er zwar dauernd, gelangt aber trotzdem nicht zur Erdoberfläche.

Die Anziehungskraft der Erde (Schwerkraft) wirkt auf jeden Körper, so auch auf das Auto, ein. Es wird dadurch mit einer Kraft, die gleich seinem Gewicht ist, in Richtung zum Erdschwerpunkt gedrückt. Daraus resultiert auch die Reibung der Achsen in ihren Lagern und der Reifen auf dem Boden.

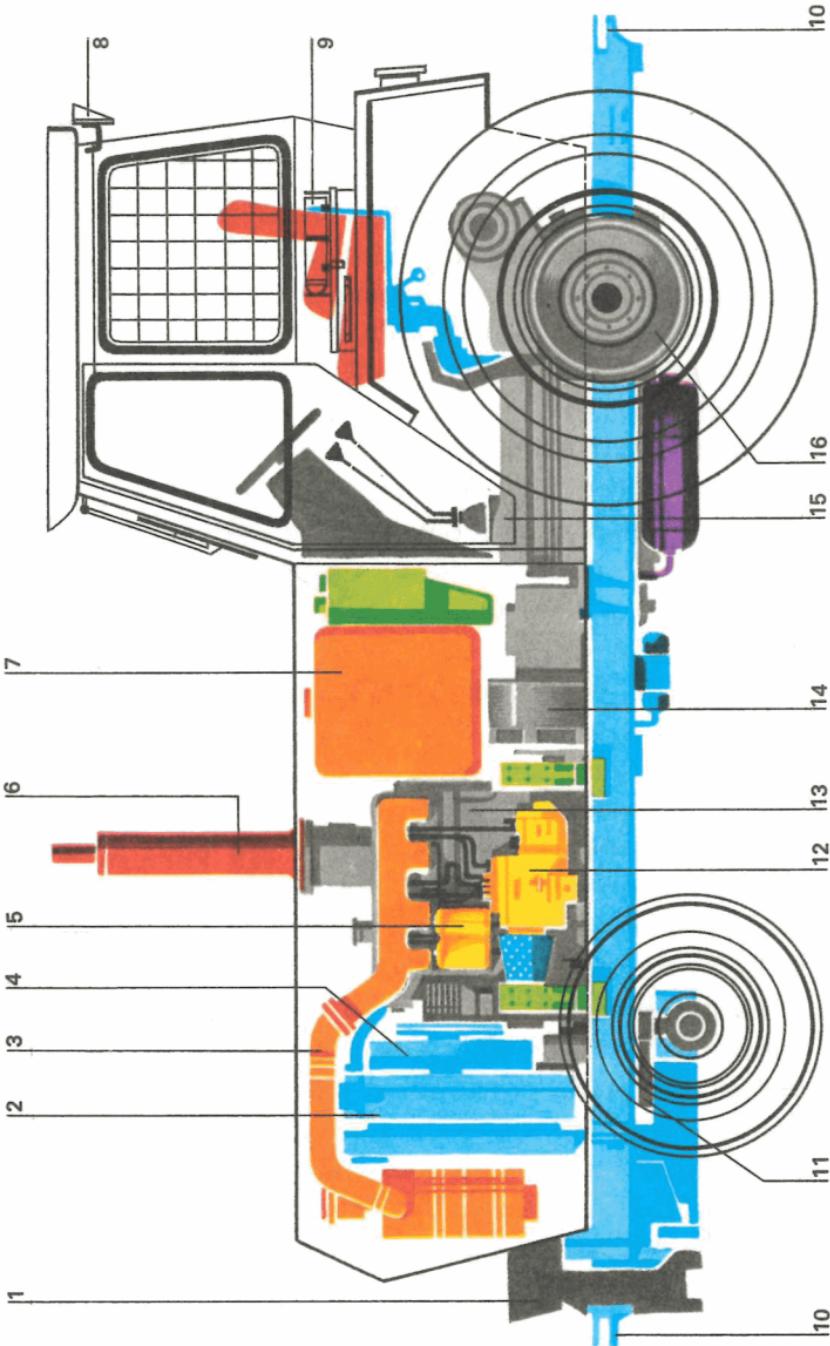
Wie wir beim Anziehen selber deutlich spüren können, hat der Motor beim Anfahren des Wagens aus dem Stillstand eine besonders große Kraft aufzubringen. Später muß er Kraft aufwenden, um den Wagen weiter zu beschleunigen, also die Geschwindigkeit zu erhöhen. Außerdem ist ein ständiger Kraftaufwand nötig, um den bremsenden Kräften der Reibung und des Luftwiderstandes entgegenzuwirken und sie auszugleichen. Die Größe des Luftwiderstandes steigt mit zunehmender Geschwindigkeit, weil das Fahrzeug dabei in gleicher Zeit eine größere Strecke zurücklegt und sich folglich an mehr Luftteilchen vorüberbewegen

muß als bei langsamer Fahrt. Die Größe des Luftwiderstandes hängt auch von der Windrichtung ab. Weht der Wind in Fahrtrichtung, so ist die Relativgeschwindigkeit zwischen Auto und Luft kleiner. Bei Gegenwind ist sie größer, nämlich so groß wie die Summe von Fahrgeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit. Weht Gegenwind, so brauchen wir für die gleiche Fahrgeschwindigkeit daher mehr Motorkraft als bei Rückenwind.

Die Wirkung der Trägheit spüren wir, wenn das Auto bei hoher Geschwindigkeit scharf gebremst oder aus dem Stand schnell angefahren wird. Beim Anfahren werden wir gegen die Rückenlehne des Sitzes gedrückt, bei scharfem Bremsen kippen wir unwillkürlich nach vorn. Tritt eine sehr hohe negative Beschleunigung auf, zum Beispiel beim Auffahren auf ein Hindernis, kann die Trägheitskraft so groß sein, daß die vorn Sitzenden mit dem Kopf die Frontscheibe durchstoßen und sich die Lenksäule in die Brust des Fahrers bohrt. Das sollen die Sicherheitsgurte verhindern. Sie fangen die Trägheitskräfte elastisch auf. Schon bei einer Geschwindigkeit von nur 50 km/h prallt ein Auto auf Grund der Trägheit mit der gleichen Kraft gegen ein festes Hindernis, mit

Traktor ZT 300

1 Frontalballastmasse für Straßenbetrieb, 2 Wasserkühler, 3 Luftsaugrohr, 4 abschaltbarer Lüfter, 5 Doppelkraftstofffilter, 6 Schalldämpfer, 7 Kraftstoffbehälter, 8 Rückfahrscheinwerfer, 9 Feuerlöscher, 10 Schleppkupplung, 11 Lenkgestänge, 12 Kraftstoffeinspritzpumpe, 13 Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotor, 14 Doppelkupplung, 15 Wechselgetriebe für 9 Vorwärts- und 6 Rückwärtsgänge, 16 Ausgleichsplanetengetriebe



der es bei freiem Fall aus 10 m Höhe auf den Boden schlägt.

Die Wirkung der Trägheit spüren wir auch beim Kurvenfahren. In einer scharf gefahrenen Rechtskurve kippen wir nach links, in einer Linkskurve nach rechts, weil unser Körper bestrebt ist, sich in gleicher Richtung weiterzubewegen, also geradeaus. Da die Rechtskurve aus der Geraden nach rechts abweicht, liegt die Geradeausrichtung, in die unser Körper strebt, dann links von der neuen Fahrtrichtung. Deshalb werden wir gegen die linke Seitenwand des Fahrzeugs gedrückt.

Natürlich hat auch der Wagen selbst das Bestreben, sich in gleicher Richtung weiterzubewegen, und so wie unser Körper in der Kurve zur Seite kippt, erlangt auch das Fahrzeug eine gewisse Neigung zum Umkippen. Um sie nicht zu groß werden zu lassen, ist das Auto so konstruiert, daß der Masseschwerpunkt möglichst niedrig liegt. Ist eine Kugel oder ein Würfel an jeder Stelle aus gleich schwerem Material aufgebaut, so liegt der Schwerpunkt genau in der Mitte. Setzen wir eine Kugel aus einer oberen leichten und einer unteren schweren Halbkugel zusammen, so liegt er nicht mehr in der Mitte, sondern tiefer, innerhalb der schweren Kugelhälfte. So ähnlich ist auch ein Stehaufmännchen gebaut. Der obere Teil ist leicht, der untere wesentlich schwerer. Dadurch richtet es sich immer wieder von selbst auf. Sein Schwerpunkt liegt nicht in der Mitte, sondern sehr tief. Blasen wir von der Seite gegen den Oberkörper eines solchen Männchens, so neigt es sich nur wenig. Befände sich in seinem Unterteil aber keine schwere Masse, so läge der Schwerpunkt höher, und

wir könnten es durch Anblasen zum Umkippen bringen.

Auch beim Pkw liegen die schweren Teile tief und nur die leichteren hoch. Er gewinnt dadurch eine gute „Straßenlage“, wird unempfindlicher gegen Seitenwind und zeigt in der Kurve ein gutes Fahrverhalten.

Der Schwerpunkt der Räder soll genau in der Mitte der Radachse liegen. Da jedoch sowohl die Felge als auch der Reifen nicht an jeder Stelle ihres Umfangs genau gleich schwer sind – zum Beispiel muß die Stelle, an der das Ventil sitzt, zwangsläufig etwas schwerer sein –, werden die Räder mit den fertig aufmontierten Reifen ausgewuchtet. Dabei montiert man kleine Bleigewichte so, daß der Schwerpunkt genau in der Mitte der Achse liegt. Ohne Auswuchten liegt er außerhalb dieses Punktes. Dann „schlägt“ das Rad, und der Reifen nutzt sich an bestimmten Stellen sehr schnell ab.

100 Pferde unter der Motorhaube

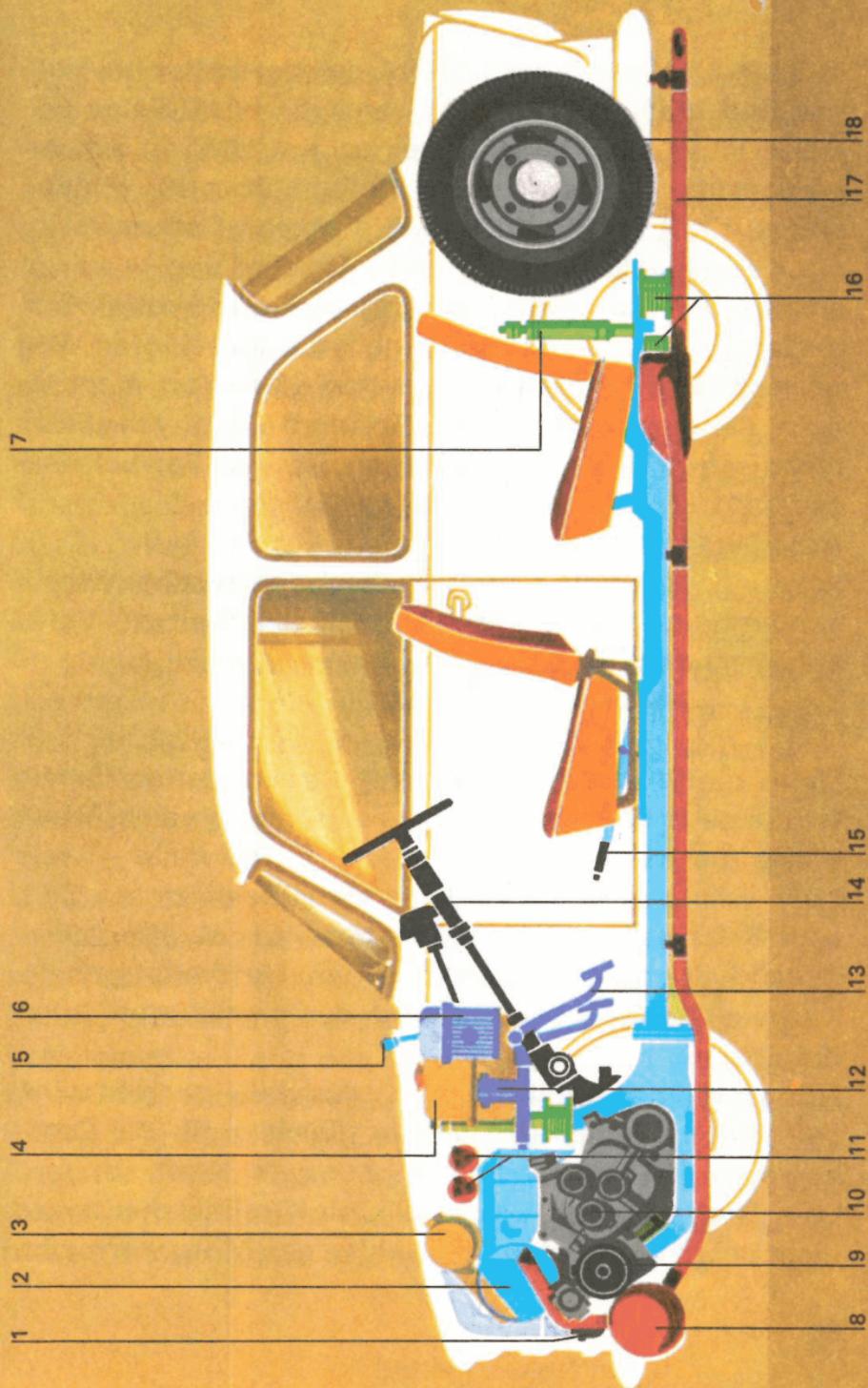
Bevor es Autos gab, fuhr man mit der Kutsche, die von einem oder zwei Pferden gezogen wurde. Wer mit seinem Reichtum protzen wollte, leistete sich einen Vierspanner. Fürsten und Könige ließen ihre Prachtkarossen von sechs oder acht Pferden ziehen. Aber das war nur noch Repräsentation, „Angabe“. Wesentlich schneller kam man damit nämlich auch nicht voran, weil Pferde nicht beliebig schnell laufen können. Heute gebietet jeder Trabant-Fahrer über die Kraft von etwa 50 Pferden, und wer einen Wartburg lenkt, hat sogar rund 100 Pferde am Zügel, sprich: Gaspedal.

Die Leistung von Kraftfahrzeug-Motoren wird noch immer in Pferdestärken (Kurzzeichen: PS) angegeben. Das ist eigentlich eine veraltete und falsche Bezeichnung. Da es kräftige und weniger kräftige Pferde gibt, wäre die Maßeinheit Pferdestärke, wollte man sie wörtlich nehmen, ohnehin zu ungenau. Man hat sich deshalb auf eine exakte physikalische Definition geeinigt. Nach ihr versteht man unter 1 PS die Einwirkung einer Kraft von 75 kp über einen Weg von 1 m in der Zeit von 1 s. In 1 min ist daher mit 1 PS eine Masse von 75 kg 60 m hoch oder eine Masse von $60 \cdot 75 \text{ kg} = 4500 \text{ kg}$ in 1 min 1 m hoch zu heben. Die Leistungsangabe in PS wird jedoch in zunehmendem Maße durch die Angabe in kW (Kilowatt) verdrängt. Dabei besteht zwischen PS und kW folgende Beziehung: $1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/s} = 0,736 \text{ kW}$.

Selbst ein sehr kräftiges Pferd könnte diese Leistung nur für kurze Zeit erbringen. Wollte man es ständig zu solcher Anstrengung peinigen, so wäre es innerhalb weniger Tage infolge Erschöpfung tot. Die wirkliche Leistung eines Pferdes liegt bei nur rund einem halben PS. Deshalb verfügt der Trabant mit seinen 26 PS über die Kraft von etwa 50 Pferden, und der Wartburg mit 50 PS hat sogar „100 Pferde unter der Motorhaube“. Die Angabe der PS bezeichnet stets die maximale

Schnitt durch den Pkw Trabant

1 Vergaser, 2 Kühlgebläse, 3 Luftfilter, 4 Kraftstoffbehälter, 5 Scheibenwaschdüse, 6 Batterie, 7 Stoßdämpfer, 8 Vorschalldämpfer, 9 Anlasser, 10 Getriebe, 11 Zündspulen, 12 Bremsanlage, 13 Fußpedale, 14 Lenksäule, 15 Handbremse, 16 Querblattfedern, 17 Auspuffrohr, 18 Reserverad



(höchste) Leistung des Motors, mit der er nur bei Vollgas und höchster Drehzahl gefahren wird. Seine Leistung ist ja aus vielen einzelnen Kraftstößen zusammengesetzt, bei denen ein Kolben über die Pleuelstange Kraft an die Kurbelwelle abgibt. Dadurch wird die Kurbelwelle um eine halbe Umdrehung, also um eine bestimmte Wegstrecke, bewegt. Das Produkt aus der aufgewandten Kraft und dem zurückgelegten Weg bezeichnet man als Arbeit, wobei das Wort nicht im Sinn der Umgangssprache, sondern als physikalisch-technische Größe zu verstehen ist. Als Formel ausgedrückt:

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} \quad [\text{kp} \cdot \text{m}]$$

Leistung, ebenfalls als physikalisch-technischer Begriff verstanden, ist das Verhältnis einer Arbeit zur dafür aufgewandten Zeit:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} \left[\frac{\text{kpm}}{\text{s}} \right]$$

Da in die Leistung die Zeit mit eingeht, ist es für die Größe einer Leistung nicht gleichgültig, ob eine Arbeit – wie die halbe Umdrehung der Kurbelwelle – viele oder wenige Male innerhalb einer bestimmten Zeit, zum Beispiel in 1 min, verrichtet wird. Je öfter sie je Zeiteinheit erfolgt, das heißt, je mehr Umdrehungen die Kurbelwelle je Minute vollführt, desto größer ist daher die Leistung.

Nun ist die Kraft, mit der die Kurbelwelle gedreht wird, beim Motor aber nicht immer gleich groß. Bei Drehbewegungen spricht man nicht von der Kraft, sondern vom Drehmoment. Das maximale Drehmoment wird nicht bei den höchsten Drehzahlen des Motors erreicht.

Es steigt zwar zunächst mit zunehmender Drehzahl an, nimmt bei weiterer Erhöhung der Tourenzahl aber wieder ab. Das beruht unter anderem darauf, daß mit zunehmender Drehzahl die für den Ansaugtakt zur Verfügung stehende Zeit immer kürzer wird. Daher kann sich der Zylinderraum nicht mehr so gut mit Kraftstoff-Luft-Gemisch füllen.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs nimmt jedoch, solange der gleiche Getriebegang eingelegt ist, im selben Maße zu wie die Drehzahl. Die höchste Geschwindigkeit erreicht man daher nur mit der höchsten Drehzahl. Da dann das Drehmoment nicht am stärksten ist, arbeitet der Motor im höchsten Drehzahlbereich unwirtschaftlich: Der Kraftstoffverbrauch ist im Verhältnis zur zurückgelegten Strecke höher, als wenn man im günstigsten Drehzahlbereich fährt, in dem der Motor das maximale Drehmoment abgibt. Das erklärt, warum man für die gleiche Strecke bei Höchstgeschwindigkeit mehr Kraftstoff verbraucht als bei geringerer Geschwindigkeit.

Wofür braucht man Kupplung und Getriebe?

Die Drehzahl ist nicht gleichbedeutend mit Geschwindigkeit. Man kann bei gleicher Motordrehzahl ganz verschiedene Geschwindigkeiten fahren, je nachdem, welcher Gang des Wechselgetriebes eingeschaltet ist. Das Getriebe enthält Zahnräder verschiedener Art und Größe. Ihren Zweck wollen wir uns durch ein Gedankenexperiment veranschaulichen. Stellen wir uns eine sehr große und schwere Walze vor! Sie ist mittels einer Achse drehbar gelagert. Wir sollen die

Walze drehen, stellen jedoch fest, daß unsere Kraft nicht ausreicht, sie in Rotation, in eine Umdrehung, zu versetzen. Was können wir tun?

Wir befestigen auf der Achse der Walze ein großes Zahnrad. Es möge 500 cm Umfang haben. Außerdem montieren wir ein kleines Zahnrad von nur 50 cm Umfang auf eine andere Achse. Seine Zähne sind so geformt, daß sie genau zwischen die Zähne des großen Zahnrades passen. Mit einer geeigneten Vorrichtung wird die Achse, auf der das kleine Zahnrad sitzt, so gelagert, daß dessen Zähne zwischen die des großen Zahnrades greifen. Außerdem versehen wir die Welle des kleinen Zahnrades mit einer Kurbel zum Drehen.

Wir stellen fest, daß sich die Walze mittels des kleinen Zahnrades jetzt drehen läßt. Unsere Kraft, die vorher zu schwach war, reicht nun aus. Allerdings können wir die Walze nur sehr langsam drehen. Wurde das kleine Zahnrad von 50 cm Umfang einmal gedreht, so hat das große Zahnrad von 500 cm Umfang und mit ihm die Walze erst $\frac{1}{10}$ Umdrehung vollführt. Um die Walze einmal vollständig zu drehen, müssen wir das kleine Zahnrad 10mal drehen. Dafür reicht jetzt aber $\frac{1}{10}$ der Kraft aus, die ohne das kleine Zahnrad zum Drehen der schweren Walze erforderlich gewesen wäre.

Man sagt: Das kleine und das große Zahnrad haben ein Übersetzungsverhältnis von 10 : 1. Es errechnet sich stets nach der Formel:

$$\frac{\text{Drehzahl des treibenden Rades}}{\text{Drehzahl des getriebenen Rades}} = \text{Übersetzungsverhältnis}$$

Die Arbeit, die auf der Seite des treibenden Zahnrades – man nennt sie die Kraftseite – geleistet wird, ist gleich der Arbeit auf der Lastseite, also am getriebenen Rad. Doch haben wir auf der Kraftseite durch den längeren zurückzulegenden Weg Kraft eingespart, da Arbeit = Kraft · Weg ist. Vergrößern wir den Weg, so können wir, um die gleiche Arbeit zu verrichten, die Kraft – in unserem Falle das Drehmoment – verkleinern. Dadurch können wir mit der kleinen Kraft, die unsere Muskeln hergeben, die schwere Walze in Bewegung setzen.

Ist die Walze erst einmal angedreht, so läßt sich die Kurbel, die auf der Achse des kleinen Zahnrades sitzt, merklich leichter drehen. Denn wie wir schon wissen, hat jeder Körper auf Grund seiner Trägheit das Bestreben, sich mit derselben Geschwindigkeit und Richtung, die ihm erteilt wurde, weiterzubewegen, solange keine anderen Kräfte auf ihn einwirken. Allerdings wirkt auf unsere Walze eine andere, störende Kraft ein: die Reibung der Achse in ihren Lagern. Die Reibung bremst die Rotation der Walze allmählich ab. Würden wir keine weitere Kraft aufwenden, dann käme die Walze nach einiger Zeit wieder zum Stillstand.

Um sie mit gleichbleibender Geschwindigkeit weiterzudrehen, brauchen wir aber wesentlich weniger Kraft, als nötig war, um sie aus dem Stillstand in Bewegung zu versetzen, nämlich nur noch so viel, um die bremsende Reibung auszugleichen. Da sich die Kurbel deshalb jetzt sehr viel leichter drehen läßt, würde es uns auf die Dauer nicht befriedigen, daß wir das kleine Zahnrad 10mal drehen müssen, um eine einzige Um-

drehung der Walze zu bewirken. Wir würden statt dessen lieber etwas mehr Kraft aufwenden und dadurch die Walze schneller rotieren lassen. Daher rücken wir jetzt ein größeres Zahnrad in den Zahnkranz des großen Rades ein. Wenn dieses zweite Zahnrad zum Beispiel einen Umfang von 100 cm hat, brauchen wir es nur 5mal zu drehen, um das große Zahnrad von 500 cm Umfang einmal rotieren zu lassen. Das Übersetzungsverhältnis beträgt nun

$$\frac{5 \text{ Umdrehungen}}{1 \text{ Umdrehung}} = 5$$

Für das In-Bewegung-Setzen eines Autos gilt ähnliches. Ebenso wie bei der schweren Walze unseres Gedankenexperiments brauchen wir zum Anfahren des Autos eine hohe Übersetzung. Die Kurbelwelle und damit auch die Schwungscheibe des Motors drehen sich mit verhältnismäßig geringer Kraft, also kleinem Drehmoment, aber hoher Drehzahl. Wollte man die hohe Drehzahl direkt auf die Antriebsachse übertragen, so würde der Wagen mit einem Ruck davonschießen. Aber zum Glück geht das in Wirklichkeit gar nicht, weil der Motor unter einer plötzlichen Belastung stehenbleibt, „abgewürgt“ wird. Zum Anfahren ist ein hohes Übersetzungsverhältnis erforderlich, bei dem mittels der Zahnräder des ersten Ganges des Wechselgetriebes die hohe Drehzahl der Schwungscheibe in eine niedrige Drehzahl der Welle des Getriebes umgewandelt wird, die mit der Achse der Antriebsräder verbunden ist. Auf der Kraftseite, also an der Schwungscheibe, haben wir dabei ein kleines Drehmoment, aber einen langen Weg infolge der großen Anzahl von Umdre-

hungen, und auf der Lastseite haben wir ein großes Drehmoment und einen kleinen Weg infolge der geringeren Anzahl von Umdrehungen. Das Produkt aus Kraft · Weg, also die Arbeit, ist auf beiden Seiten gleich.

Speziell für das Anfahren würde die hohe Übersetzung des ersten Ganges allein aber noch nicht ausreichen, um das Abwürgen des Motors zu verhindern. Dazu bedarf es noch der Kupplung. Sie sorgt dafür, daß von der Schwungscheibe des Motors nicht schlagartig die volle Kraft abgenommen wird, sondern sich die Kraftübertragung vom Motor zum Wechselgetriebe und damit auf die Antriebsräder nur allmählich steigert. Die Kupplung stellt die mechanische Verbindung zwischen der Schwungscheibe des Motors einerseits und der Antriebswelle des Wechselgetriebes, auch Kupplungswelle genannt, andererseits her. Doch ist diese Verbindung nicht starr. Sie kann vielmehr gelockert oder sogar unterbrochen werden.

Wird das Kupplungspedal nicht durchgetreten, drücken starke Federn mittels einer Andruckplatte die Mitnehmerscheibe gegen die Schwungscheibe des Motors. Jetzt besteht eine feste Verbindung zwischen Schwungscheibe und Kupplungswelle des Wechselgetriebes. Es ist eingekuppelt. Tritt man das Pedal ganz durch, so wird die Andruckplatte zurückgeholt. Sie drückt jetzt nicht mehr gegen die Mitnehmerscheibe. Damit ist die Verbindung zwischen Schwungscheibe und Kupplungswelle und somit zwischen Motor und Wechselgetriebe unterbrochen. Es ist ausgekuppelt. Wird das Pedal nur ein kleines Stück zurückgeholt, so

drückt die Platte lose auf die Mitnehmerscheibe. Jetzt schleift die Kupplung. Die Verbindung ist locker, die Kupplungswelle dreht sich noch nicht so schnell wie die Schwungscheibe des Motors. Je weiter wir das Pedal zurücknehmen, desto fester wird die Verbindung. Dadurch steigt die Belastung des Motors allmählich an, so daß er nicht stehenbleibt. Zu schnelles Einkuppeln beim Anfahren würgt den Motor dagegen ab.

Zur Schonung des Getriebes tritt man nicht nur beim Anfahren die Kupplung, sondern auch bei jedem Her-auf- oder Herunterschalten in einen anderen Gang. Beim bloßen Wechsel der Vorwärtsgänge ist es aber nicht erforderlich, die Kupplung so langsam und „ge-fühlvoll“ einzurücken wie beim Vorwärts- oder Rück-wärtsanfahren.

Wegen der hohen Übersetzung könnten wir im ersten Gang auch bei Vollgas und maximaler Drehzahl nicht besonders schnell fahren. Deshalb schalten wir nach-einander in den zweiten, dritten und vierten Gang. Die Übersetzungsverhältnisse werden dabei immer kleiner und die mit gleicher Motordrehzahl erreichbaren Ge-schwindigkeiten folglich immer größer. Da man die Übersetzungen wechseln kann, heißt die genaue Be-zeichnung dieser wichtigen Vorrichtung des Kraftfahr-zeugs Wechselgetriebe. Doch spricht man meist nur kurz vom Getriebe. Es enthält außer den Vorwärtsgängen einen Rückwärtsgang. Ohne ihn wäre ein Rück-wärtsfahren nicht möglich, da die Kurbelwelle eines Otto- oder Dieselmotors ihre Rotationsrichtung nicht umkehren kann wie beispielsweise die Welle eines Elektromotors beim Umpolen der Anschlüsse. Durch

eine geeignete Zahnradanordnung werden bei eingelegtem Rückwärtsgang trotz gleichbleibender Rotationsrichtung der Kurbelwelle und Schwungscheibe die Antriebsräder in umgekehrter Richtung gedreht.

Die Übersetzungsverhältnisse der Getriebegänge eines Kraftfahrzeuges liegen nicht so hoch wie in unserem Gedankenexperiment. Sie betragen zum Beispiel beim Trabant 601 im ersten Gang 4,08, im zweiten 2,32, im dritten 1,52, im vierten 1,03 und im Rückwärtsgang 3,83. Ähnlich liegen sie auch bei anderen Pkw.

Das Getriebe befindet sich in einem geschlossenen Gehäuse aus Aluminium oder Grauguß. Es muß stets bis zu einer bestimmten Höhe mit Öl gefüllt sein, um die Reibung der Zahnräder und Lager zu vermindern. Pkw haben meistens ein Getriebe mit vier Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang, größere Pkw eines mit fünf Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang. Außerdem erlaubt jedes Getriebe eine Leerlauf-Schaltstellung, bei der über die Kupplung zwar weiterhin eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Motor und Getriebe besteht, jedoch keine Kraft vom Getriebe auf die Antriebsachse übertragen wird. Bei kurzfristigem Halten, beispielsweise zum Aufnehmen von Fahrgästen oder vor Kreuzungen, schaltet man das Getriebe in den Leerlauf.

Wird das Gas weggenommen, so ist der Motor bestrebt, nur noch mit der Leerlauf-Drehzahl zu arbeiten. Da sie aber der soeben noch gefahrenen Geschwindigkeit nicht entspricht, bremst jetzt der Motor die Fahrt, falls weiterhin ein Getriebegang eingeschaltet bleibt. Das Bremsen durch den Motor erfolgt nicht, wenn das

Getriebe mit einem Freilauf ausgestattet ist. Er unterbricht die kraftschlüssige Verbindung zum Motor, sobald das Gas weggenommen wird, und stellt sie erst wieder her, wenn durch erneutes Gasgeben die Drehzahl des Motors der Fahrgeschwindigkeit entspricht. Einen Freilauf hat zum Beispiel der Wartburg, der Trabant nur im vierten Gang. Mit einem Freilauf rollt der Wagen nach dem Wegnehmen des Gases, also ohne Bremsung durch den Motor, wesentlich schneller und weiter als ohne diese Einrichtung. Bei Glätte und beim Bergabfahren ist ein Bremsen durch den Motor jedoch vorteilhaft. Deshalb läßt sich beim Wartburg der Freilauf wahlweise sperren.

Die Getriebe aller Pkw und vieler Lkw sind heute synchronisiert. Dabei sorgen geeignete Konstruktionselemente dafür, daß die beim Schalten in Verbindung zu bringenden Teile des Getriebes zuvor stets die gleiche Drehzahl annehmen. Bei einem nicht synchronisierten Getriebe muß man, um das zu erreichen, vor dem Schalten in einen niedrigeren Gang zunächst in den Leerlauf schalten, kurz wieder einkuppeln und Zwischengas geben. Das muß so dosiert werden, daß die Angleichung der Drehzahlen eintritt. Dazu gehört Routine. Wird zuviel oder zuwenig Zwischengas gegeben, dann kratzen die Zahnräder, was zu einem schnelleren Verschleiß des Getriebes führt. Durch die Synchronisation ist das Schalten also nicht nur bequemer, es geht auch getriebeschonender vor sich.

Wie die Kraft auf die Räder kommt

Kupplung und Getriebe sind nur die ersten Stationen

der Kraftübertragung vom Motor auf die Räder. Bei allen Kraftfahrzeugen, die den Motor vorn, die Antriebsachse aber hinten haben, schließt sich als nächstes kraftübertragendes Bauelement die Gelenkwelle, auch Kardanwelle genannt, an. Sie verbindet das Getriebe mit der Antriebsachse. Bei manchen Lkw kann man sie, ohne sich unter das Fahrzeug legen zu müssen, unter dem Wagenkasten sehen. Bei den niedriger gebauten Pkw ist der Boden der Karosserie meist in der Mitte von vorn nach hinten durchgehend etwas aufgewölbt. Unter diesem Tunnel liegt die Gelenkwelle. Sie muß gelenkig sein, damit sie dem Auf- und Abschwingen der Antriebsachse beim Überfahren von Bodenunebenheiten folgen kann. Man erreicht das durch zwei Kreuzgelenke (Kardangelenke). Das sind (siehe Seite 99!) zwei um 90° gegeneinander verdrehte Gelenkgabeln. Jede Gabel umfaßt je zwei Zapfen eines Kreuzstückes. Dadurch wird die Drehbewegung auch dann übertragen, wenn sich die Welle am Kreuzgelenk leicht abwinkelt. Beim Durchfedern der Achse ändert sich auch der Abstand zwischen Getriebe und Antriebsachse etwas. Die Kardanwelle muß deshalb eine geringfügig veränderliche Länge haben. Das wird durch ein Schiebestück erreicht, das sich mehr oder weniger tief in die Welle einschiebt. Mehrere Kardanwellen sind erforderlich, wenn nicht nur eine, sondern wie bei manchen Lkw oder besonders geländegängigen Spezialfahrzeugen mehrere Achsen angetrieben werden (Mehrachs- und Allachsantrieb). Sind Motor und Antriebsräder vorn oder beide hinten angeordnet, so ist natürlich keine Kardanwelle erforderlich. Kupplung,

Wechselgetriebe und Ausgleichsgetriebe, das wir als nächstes kennenlernen, sind dann in einem Block ausgeführt.

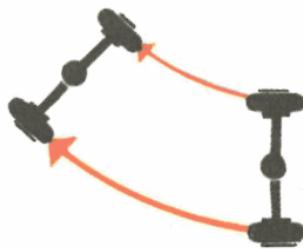
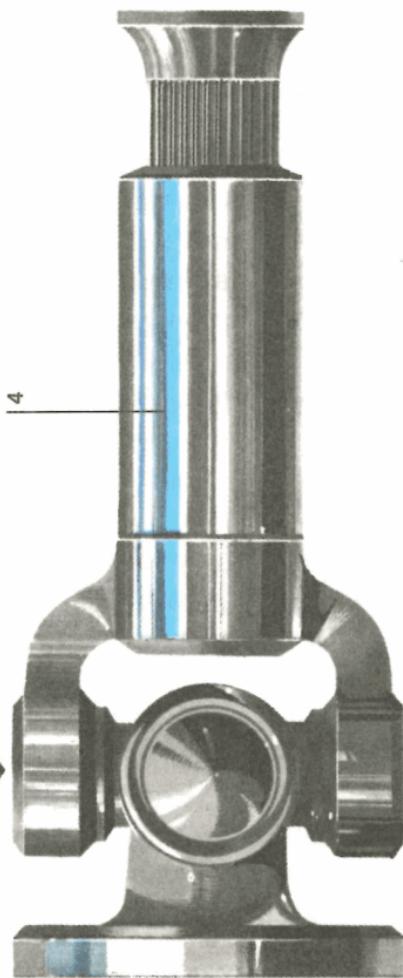
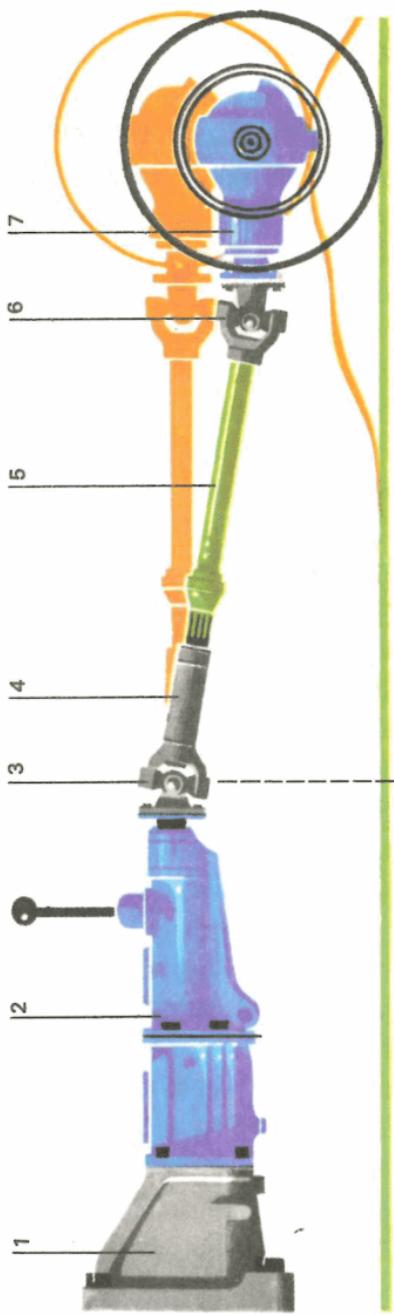
Vorder- und Hinterachsantrieb

Die Kardanwelle überträgt die Kraft auf die Antriebsachse. Dazwischengeschaltet ist ein Ausgleichsgetriebe, auch Differential genannt. Wozu dient es? Fährt das Auto zum Beispiel eine Rechtskurve, so hat das rechte Rad einen kürzeren Weg zurückzulegen als das linke. Würde man beide Räder mit derselben Umdrehungsgeschwindigkeit antreiben, dann müßte der Reifen des rechten Rades teilweise auf der Stelle radieren oder der des linken teilweise über den Boden hinwegrutschen. Um das auszuschließen, ist die Antriebsachse in zwei Achshälften geteilt, je eine für das rechte und das linke Rad. Im Differential bewirken Zahnräder besonderer Form, daß bei Kurvenfahrt das innerhalb der Kurve liegende Rad etwas langsamer angetrieben wird als das außenliegende.

Für die Fahrstabilität ist der Frontantrieb günstig. Bei Hinterachsantrieb wird der Wagen durch die Hinterräder gewissermaßen geschoben, wobei die Antriebskraft stets in Richtung der Fahrzeulgängsachse wirkt.

Verbindung von Getriebe und Antriebsachse durch die Gelenkwellen
1 Kupplung, 2 Getriebe, 3 erstes Kreuzgelenk, 4 Schiebestück, 5 Gelenkwellen, 6 zweites Kreuzgelenk, 7 Ausgleichsgetriebe, 8 Kreuzgelenk einzeln

Unten links ist die Unterschiedlichkeit der Weglängen beider Räder beim Durchfahren einer Kurve dargestellt



Sie stimmt aber nur bei Geradeausfahrt mit der Fahrtrichtung überein, nicht jedoch beim Durchfahren einer Kurve. Bei Frontantrieb wird der Wagen durch die Vorderräder gezogen, und da sie zugleich die gelenkten Räder sind, wird der Wagen bei Geradeaus- und Kurvenfahrt stets in die Fahrtrichtung gezogen. Dadurch kommt der Wagen nicht so leicht ins Schleudern, was besonders bei glatter Straße oder anderen ungünstigen Fahrbahnverhältnissen von Vorteil ist. Auch der im Innenraum störende Gelenkwellen-Tunnel fällt beim Frontantrieb weg. Andererseits erfordert der Frontantrieb eine kompliziertere Konstruktion der Vorderachshälften.

Man kann den Motor, die Kupplung, das Getriebe, das Ausgleichsgetriebe und die Antriebsachse vorn zum Fronttriebsatz oder auch am Fahrzeugheck zum Hecktriebsatz zusammenfassen. Das erste ist beim Wartburg und Trabant, das zweite bei allen neueren Typen des Pkw Škoda und beim Tatra der Fall. Manche schwere Fahrzeuge, zum Beispiel Omnibusse, haben den Motor nicht vorn noch am Heck, sondern als Unterflurmotor ungefähr in der Wagenmitte unter der Karosserie.

Die Reifen

Im Motor und im Getriebe soll die Reibung so niedrig, dagegen die Haftreibung des Reifens auf der Straße so groß wie möglich sein. Denn nur dadurch kann das rotierende Rad das Fahrzeug in Bewegung setzen. Auf Eis oder festgefahrenem Schnee ist die Haftreibung manchmal so stark vermindert, daß sich die Räder auf der Stelle drehen und das Fahrzeug keinen Zentimeter

vorankommt. Beim Gehen und Laufen stoßen wir uns mit den Füßen vom Boden ab. Auch das ist nur möglich, weil die Schuhsohlen durch Reibung am Boden haften. Bei Schnee- oder Eisglätte haften sie nicht, sondern gleiten, wenn wir die Beinmuskeln anspannen, über den Boden. Wir rutschen aus. Die Fliege läuft nach einem anderen physikalischen Prinzip. Sie stößt sich nicht mit den Füßen von der Unterlage ab, sondern saugt sich an ihr fest. Deshalb kann sie an der Decke entlangspazieren und über eine spiegelglatte, fast reibungslose Fläche laufen, ohne zu rutschen.

Die Lauffläche des Autoreifens – man nennt sie auch Protektor – besteht aus einem Gummi, dessen Oberfläche unzählige winzige Unebenheiten hat und dadurch eine starke Haftreibung gewährleistet. Auch die Straßendecke soll rauh sein, also ebenfalls viele winzige Erhöhungen und Vertiefungen haben, um die Reibung zu erhöhen. Außerdem sind in den Protektor Vertiefungen eingefügt. Dieses Profil erhöht die „Griffigkeit“ der Lauffläche. Es saugt sich bis zu einem gewissen Grad am Boden an. Da das Profil für das Spurhalten sehr wichtig ist, darf man es nicht völlig abfahren, sondern nur so weit, daß die Profiltiefe an allen Stellen des Reifenumfangs noch mindestens 1 mm beträgt. Beim Runderneuern eines Reifens wird ein neuer Protektor aufgebracht. Auch das ist nur möglich, wenn das Profil nicht zu stark abgefahren ist.

Ist die Straße bei starkem Regen von einer Wasserschicht bedeckt, so kann das Profil seine Wirkung verlieren, wenn im Bereich der Berührungsfläche zwischen

Reifen und Straße die Hohlräume des Profils mit Wasser ausgefüllt werden, das Wasser durch die Profilrillen keinen Ablauf findet und das Fahrzeug dadurch auf der Wasserschicht sozusagen zu schwimmen beginnt. Dabei kann die Haftreibung zwischen Reifen und Fahrbahn völlig verlorengehen. Diese als Aquaplaning bezeichnete Erscheinung erfordert sehr vorsichtiges Fahren bei stark verminderter Geschwindigkeit.

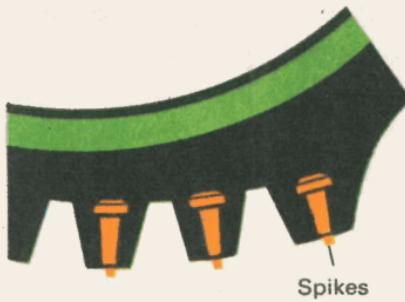
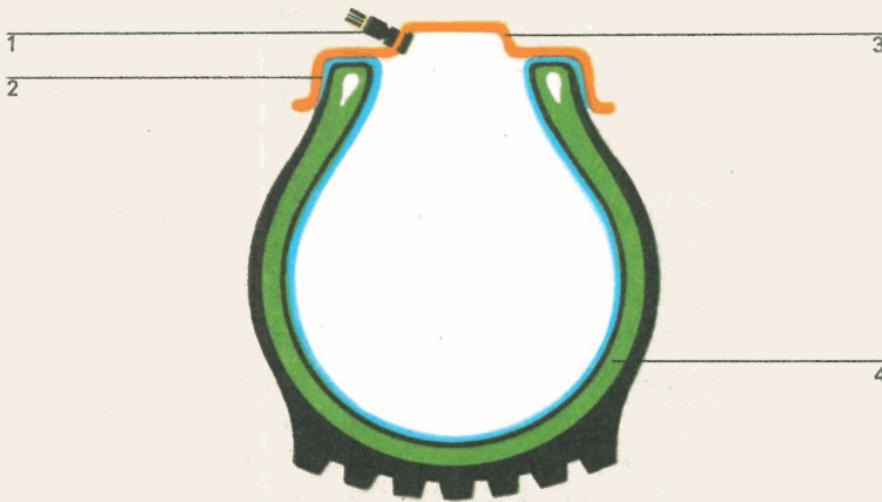
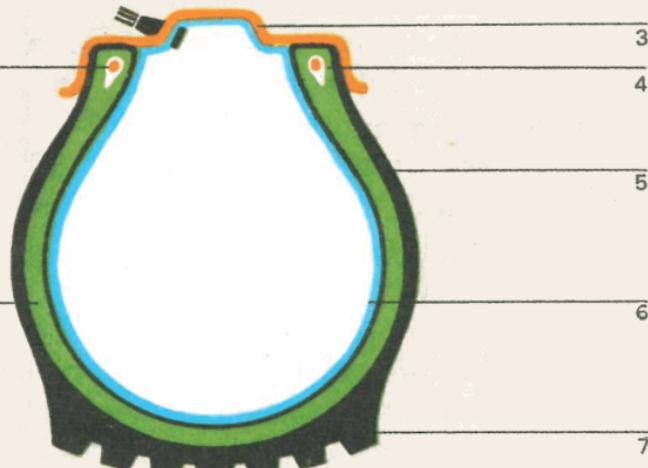
Nebenstehend der Aufbau eines Autoreifens. Unter dem äußerlich sichtbaren Seitengummi befindet sich ein als Karkasse bezeichneter Unterbau aus vielen Lagen Kordgewebe und Baumwollfäden, die in einen weichen Gummi eingebettet sind. Die Karkasse bildet gewissermaßen das Gerüst des Reifens. In die Wülste, die der Felge des Rades anliegen, ist ein Drahtseil eingelegt. Der in den Reifen eingezogene Schlauch ist mit Luft gefüllt, die einen Überdruck, das heißt einen höheren Druck als die Außenluft hat. Dadurch werden die Reifenwülste fest gegen die Felgenränder gepreßt. Da sowohl der Gummi des Reifens als auch die eingefüllte Luft elastisch sind, tragen die Reifen gleichzeitig zur Federung des Wagens bei und „schlucken“ kleinere Unebenheiten der Fahrbahn, ohne daß sie auf das Fahrzeug übertragen werden.

Schlauchlose Reifen haben innen eine abdichtende

Oben: Schlauchreifen: 1 Drahtseil, 2 Unterbau aus Kordgewebe (Karkasse), 3 Tiefbettfelge, 4 Wulst, 5 Seitengummi, 6 Schlauch, 7 Profil-Lauffläche

Mitte: Schlauchloser Reifen: 1 abgedichtetes Ventil, 2 abdichtender Wulstfuß, 3 Tiefbettfelge, 4 Gummiseele

Unten: Spikes



Gummiauskleidung. Dadurch entweicht beim Eindringen kleinerer Fremdkörper die Luft nur allmählich, während sie aus einem Schlauch fast schlagartig austreten kann. Damit der schlauchlose Reifen zur Felge hin gut abgedichtet ist, besteht sein Wulstfuß aus besonders weichem Gummi. Die Felgenkante darf keine verbogenen Stellen haben.

Bei Radialreifen, auch Gürtelreifen genannt, ist die Karkasse durch radiale (strahlenförmige) Anordnung der Kordfäden besonders weich und federnd. Das verbessert den Fahrkomfort, zum anderen auch die Spurhaltung beim Kurvenfahren, denn diese Reifen zeichnen sich durch einen noch engeren Kontakt der Lauffläche mit der Fahrbahndecke aus. Allerdings muß bei Radialreifen das Fahren mit zu geringem Luftdruck peinlichst vermieden werden, da es sonst – besonders durch Schlaglöcher – leicht zur Beschädigung oder Zerstörung der weichen Karkasse kommt, wodurch der ganze Reifen unbrauchbar wird.

M + S-Reifen haben ein speziell für Matsch und Schnee (daher M+S) gestaltetes Profil, das bei normalem Straßenzustand aber keine erhöhte Fahrsicherheit bringt, eher im Gegenteil. Bei Schnee ist auf manchen Straßen, besonders im Gebirge, die Benutzung von Schneeketten vorgeschrieben. Sie können auch auf die normalen Reifen aufgelegt werden. Nicht mehr erlaubt sind die früher gebräuchlichen, in die Reifen fest eingesetzten Stahlspitzen, Spikes genannt, da sie die Straßendecke beschädigen.

Daß der Wartburg 353 kleinere Reifen hat als die früheren Typen entspricht dem allgemeinen Bestreben,

den Masseschwerpunkt möglichst tief zu legen, da das wesentlich zu einer guten Straßenlage und damit zur Fahrsicherheit beiträgt. Freilich müssen sich kleinere Räder beim Zurücklegen einer gleichen Strecke öfter drehen als große und werden daher schneller abgenutzt.

Die Lenkung

Bei Pferdefuhrwerken ist die Lenkbarkeit recht einfach zu erreichen. Man ordnet die starre Vorderachse auf einem drehbaren Schemel an, der mit der Deichsel oder Zuggabel verbunden ist. Fahrzeugrahmen und Karosserie müssen aber so hoch liegen, daß die Räder darunter eingeschwenkt werden können. Das wiederum hat eine hohe Schwerpunktlage zur Folge. Durchfährt ein solches Fahrzeug eine Kurve zu schnell, kann es geschehen, daß es umkippt. Bei Kraftfahrzeugen wird deshalb die sogenannte Achsschenkellenkung angewandt, bei leichteren Pkw meist in Form der Zahnstangenlenkung. Dabei ist das Lenkrad mit einer Lenkspindel verbunden, die am unteren Ende ein kleines Zahnrad, Ritzel genannt, trägt. Seine Zähne greifen zwischen die Zähne einer Zahnstange. Diese wird durch das Drehen des Lenkrades so nach rechts oder links verschoben. Der untere Teil der Lenkspindel mit dem Ritzel sowie die Zahnstange sind nicht direkt sichtbar, sie befinden sich in einem Lenkgehäuse. Die Bewegung der Zahnstange wird über ein mehrteiliges Hebel- system auf die gelenkten Räder übertragen. Es sorgt dafür, daß bei Kurvenfahrt die Räder ein wenig unterschiedlich eingeschlagen werden, also nicht genau

parallel zueinander stehen: Die vorderen Kanten der Räder sind etwas weiter voneinander entfernt als die hinteren. Das ist notwendig, weil das äußere Rad (in einer Linkskurve das rechte) eine Kurve mit etwas größerem Radius zu durchfahren hat als das innere (linke) Rad.

Als **toten Gang** bezeichnet man bei der Lenkung den Winkel, um den man das Lenkrad drehen kann, ohne daß dadurch die Stellung der Räder geändert wird. Bei stehendem Fahrzeug vermag man den **toten Gang** meistens schon dadurch festzustellen, daß sich das Lenkrad ohne Widerstand ein Stückchen nach links und rechts drehen läßt. Er darf nicht zu groß sein. Da sich bestimmte Teile der Lenkung abnutzen, nimmt der tote Gang allmählich zu; er muß deshalb von Zeit zu Zeit reduziert werden, indem man die Verschleißteile erneuert. Andernfalls weicht der Wagen auch ohne Drehen des Lenkrades von der Richtung ab, und bei Geradeausfahrt können die Vorderräder sogar „*flattern*“, das heißt in schnelle Schwingungen geraten. — Für größere Lkw, KOM und andere schwere Fahrzeuge gibt es Lenkungen, die noch wesentlich komplizierter sind.

Federn und Stoßdämpfer

Zur Federung der Achsen beziehungsweise der einzeln aufgehängten Räder dienen Blatt- oder Schraubenfedern. Die Blattfeder besteht aus mehreren übereinander liegenden flachen „Blättern“ federnden Metalls; Schraubenfedern haben eine spiralähnliche Form. Sie werden bei Belastung zusammengedrückt und ent-

spannen sich nach Entlastung wieder, ähnlich wie die Sprungfedern eines Sessels.

Wenn der Wagen eine Unebenheit der Straße überfahren hat, so neigen die Federn noch einige Zeit zum Nachschwingen. Das können wir auch bei gut gefederten Polstermöbeln beobachten. Wenn wir uns sehr schwungvoll in den Sessel fallen lassen oder auf eine Couch springen, schwingen wir durch die Federn noch ein paarmal auf und nieder. Die Neigung zum Nachschwingen wird bei Blattfedern durch das Aufeinanderreiben der einzelnen Lagen zwar etwas gedämpft, aber nicht beseitigt. Das beeinträchtigt die Spurtreue und Lenkbarkeit des Fahrzeugs. Es fängt an zu „schwimmen“. Das kann besonders bei sehr unebener, welliger Straßendecke und schneller Fahrt gefährlich werden. Die Stoßdämpfer haben die Aufgabe, die von den Federn noch nicht ganz „verschluckten“ Fahrbahnstöße zu mildern und das Durchschlagen der Federn zu verhindern. Sie müßten daher richtiger Schwingungsdämpfer heißen. Am häufigsten werden hydraulische Teleskopstoßdämpfer verwendet, bei denen zwei Rohre wie bei einem altägyptischen Teleskopfernrohr ineinander geschoben und wieder auseinander gezogen werden. Die Stoßdämpfer enthalten drei mit Öl gefüllte Kammern. In der einen steht das Öl unter höherem, in der anderen unter niedrigerem Druck, eine dritte dient als Vorratskammer. In die Hochdruckkammer ragt eine Kolbenstange, die, je tiefer sie eintaucht, um so mehr Öl verdrängt. Durch Ventile kann das Öl zwischen den Kammern wechseln. So wirkt der Stoßdämpfer dem Nachschwingen entgegen.

Lebenswichtig: die Bremsen

In der Luftfahrt sagt man „fliegen heißt landen“. Für das Autofahren könnte man einen ähnlichen Leitsatz aufstellen. Ebenso wichtig wie das Fahren ist es nämlich, in kritischen Situationen den Wagen schnell zum Stehen zu bringen. Weil die Bremsen diese lebenswichtigste Aufgabe zu erfüllen haben, ist das Kraftfahrzeug stets mit zwei voneinander unabhängigen Bremssystemen ausgerüstet. Versagt das eine plötzlich, verfügt der Fahrer über ein zweites, funktionstüchtiges Bremsystem. Wurde jedoch bereits ein Defekt an einer der Bremsen festgestellt, so darf er dennoch nicht weiterfahren. Denn sollte auch die zweite Bremse plötzlich ausfallen, so könnte das nicht nur sein eigenes Leben kosten, sondern auch das anderer ahnungsloser und unschuldiger Verkehrsteilnehmer.

Das eine Bremssystem wird durch ein Pedal mit dem Fuß betätigt, daher Fußbremse genannt. Es dient zum Abbremsen während der Fahrt. Das zweite Bremssystem ist über einen Handhebel zu betätigen und dient normalerweise nur als Feststellbremse, wenn der Wagen abgestellt werden soll. Die Handbremse wirkt nur auf die Hinterräder, die Fußbremse auf alle vier Räder.

Nach der Art der Bremsvorrichtung unterscheidet man Backen- und Scheibenbremsen. Bei der Backenbremse, auch Trommelbremse genannt, ist das Rad mit einer Bremstrommel fest verbunden, die sich mit ihm dreht. Auf einer feststehenden Bremsankerplatte befinden sich zwei etwa halbkreisförmige Bremsbacken. Wird nicht gebremst, so ziehen ein oder zwei Federn die

Backen von der Bremstrommel weg. Wird die Bremse betätigt, so drücken die Bremsbacken gegen den Innenrand der Trommel. Dadurch verlangsamt sich die Umdrehungsgeschwindigkeit und mithin die Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Auf die Bremsbacken sind einige Millimeter dicke Beläge genietet. Sie bestehen meistens aus einer Kunstharzmasse, in die Asbest und Metallfäden eingelagert sind. Die Bremsbeläge ergeben eine besonders starke Reibung und vertragen die hohen, durch die Reibung entstehenden Temperaturen. Physikalisch betrachtet wird beim Bremsen die Bewegungsenergie des Fahrzeugs durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt. Die entstehenden Wärmemengen sind recht beträchtlich und gehen durch Wärmeleitung auch auf andere Teile des Rades über. Darum sind nach einer Stadtfahrt, bei der häufig gebremst werden muß, oder nach längerem Bergabfahren die Felgen der Räder — zumindest im Sommer — handwarm.

Bei der Scheibenbremse tritt an die Stelle der Bremstrommel eine sich mit dem Rad drehende Scheibe. Diese wird von ein oder zwei Bremszangen umfaßt. In der Zange drücken beim Bremsen zwei Klötze aus einem Material mit starker Reibung gegen die Scheibe und verzögern dadurch deren Umdrehung.

Nach der Art der Kraftübertragung vom Fußpedal beziehungsweise Handhebel zu den Bremstrommeln beziehungsweise Scheiben unterscheidet man mechanische, hydraulische und pneumatische Bremsen. Die Handbremse funktioniert bei den meisten Pkw noch heute mechanisch. Zur Kraftübertragung dienen Draht-

seile, Zugstangen und Gelenke. Die Fußbremsen wirken hydraulisch, das heißt durch Erzeugung und Ausbreitung von Druck innerhalb einer Flüssigkeit. Beim Niedertreten des Pedals wird ein Kolben in den Hauptbremszylinder gedrückt. Er setzt die darin befindliche Bremsflüssigkeit unter hohen Druck. Der Hauptbremszylinder ist über ein Verteilerstück und über Rohrleitungen mit kleineren Bremszylindern verbunden, die sich an jedem Rad befinden. Da sich in Flüssigkeiten der Druck nach allen Richtungen gleich stark ausbreitet, herrscht in allen Radbremszylindern ein gleich hoher Druck. Wenn keine anderen Fehler vorliegen, ist dadurch eine gleichmäßige Verteilung der Bremskraft auf alle Räder gewährleistet. Andernfalls würde das Fahrzeug bei scharfem Bremsen nach derjenigen Seite ausbrechen, auf der die Räder stärker gebremst werden, und so unter Umständen ins Schleudern geraten.

In jedem Radbremszylinder befinden sich zwei Kolben, die bei Erhöhung des Drucks in der Flüssigkeit auseinandergetrieben werden und mittels Bolzen die Bremsbacken gegen die Bremstrommel drücken. Auch die Bremsklötze der Scheibenbremsen werden hydraulisch, also durch Flüssigkeitsdruck, von Kolben gegen die Scheiben gepreßt. Nimmt man den Fuß vom Bremspedal, so sinkt der Druck in der Bremsflüssigkeit ab; die Kolben im Hauptbremszylinder und in den Radbremszylindern gehen in ihre Ausgangslage zurück. Dabei ziehen die Federn der Bremsankerplatte die Bremsbacken wieder von der Bremstrommel ab.

Die Bremsflüssigkeit ist so zusammengesetzt, daß sie

selbst bei sehr niedrigen Temperaturen nicht gefriert. Über dem Hauptbremszylinder befindet sich ein Vorrats- und Ausgleichsbehälter, der stets ausreichend mit Bremsflüssigkeit gefüllt sein muß. Entsteht ein Leck in einer der Bremsleitungen, so fließt die Flüssigkeit aus, und die Bremse funktioniert nicht mehr. Um hierdurch entstehenden Gefahren vorzubeugen, haben manche Fahrzeuge nicht nur zwei getrennte Bremsen, also Fußbremse und Handbremse, bei ihnen ist die hydraulische Fußbremse nochmals in zwei voneinander unabhängige Bremskreise unterteilt (Zweikreisbremsanlage). Jeder der beiden Kreise hat für sich allein allerdings nicht die volle Wirkung wie beide zusammen. Größere Lkw, KOM und andere schwere Fahrzeuge haben häufig pneumatische Bremsen, die meist in Form einer Druckluftbremse ausgeführt sind. Hierbei werden die Kolben der Radbremszylinder durch Druckluft, die einem Druckluftvorratsbehälter entnommen wird, betätigt. Auf diese Weise lassen sich auch die Räder von Anhängern bremsen. Dafür ist freilich eine Druckluftleitung zwischen dem motorgetriebenen Fahrzeug und dem Anhänger erforderlich. Die Bremsanlage ist dabei so konstruiert, daß der Anhänger automatisch gebremst wird, wenn er vom Motorwagen abreißen sollte.

Die Reibung der Bremsbacken auf der Trommel beziehungsweise der Klötze auf der Scheibe allein gewährleistet noch nicht die Verlangsamung eines Fahrzeugs. Die weitere Voraussetzung hierfür ist die Haftreibung der Reifenlaufflächen auf der Straße. Sie ist abhängig vom Zustand der Fahrbahn und des Reifen-

profils. Vom Fahrbahnzustand her gesehen, ist sie bei trockener Straße am größten, bei Nässe geringer und bei Schnee- und Eisglätte am geringsten. Wird die Reibung zwischen Bremsbacken und Trommel durch zu kräftiges Treten des Pedals größer als die Haftreibung zwischen Reifen und Straße, so blockieren die Räder, das heißt, sie drehen sich zwar nicht mehr, das Fahrzeug kommt jedoch noch nicht zum Stillstand, sondern rutscht mit den blockierten Rädern weiter. Da sich die Räder unter diesen Umständen nicht mehr lenken lassen, kann der Wagen schleudern. Deshalb ist es falsch, auf glatter Straße kräftig zu bremsen. Man muß vielmehr durch mehrmaliges Antippen des Pedals die Bremskraft so dosieren, daß die Reibung zwischen Backen und Bremstrommel beziehungsweise Scheibe nicht größer als die Reibung zwischen Rad und Straße wird.

Niemals ist es möglich, ein Fahrzeug schlagartig zum Stillstand zu bringen. Es rollt oder rutscht stets noch etwas weiter. Die Strecke, die es vom Beginn des Bremsvorgangs bis zum Stillstand zurücklegt, nennt man Bremsweg. Fährt zum Beispiel ein Auto oder ein Motorrad mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h, so beträgt er bei trockener Straße 34 m. Bei regennasser Fahrbahn verlängert er sich auf 54 m und bei eisglatter Straße sogar auf 80 m. Der Bremsweg vergrößert sich in jedem Fall um noch eine bestimmte Strecke, denn vom Erkennen des Hindernisses durch den Fahrer bis zum Auslösen des Bremsvorganges vergeht eine gewisse Zeit, die sogenannte Schrecksekunde, in der das Kraftfahrzeug mit noch unverminderter Geschwindig-

keit weiterrollt. Das mit 50 km/h fahrende Auto legt während einer Sekunde einen Weg von 14 m zurück! Die Länge des Bremsweges ist also von verschiedenen Faktoren abhängig: von der Anfangsgeschwindigkeit des Fahrzeugs, vom Reaktionsvermögen des Kraftfahrers, vom Zustand der Fahrbahn und der Reifen sowie natürlich auch vom Funktionieren der Bremsen.

Das fahrbare „Häuschen“

Zum Schluß des technischen Teils wollen wir die Karosserie betrachten. Bei den meisten Kraftfahrzeugtypen ruht sie auf einem tragenden Rahmen aus Stahlblech. Mit ihm sind der Motor und das Getriebe, das Ausgleichsgetriebe, die Achsen und die Federn, der Tank, der Kühler, die Auspuffanlage und andere Teile verbunden. Den Rahmen zusammen mit diesen Teilen – aber ohne die Karosserie – bezeichnet man als das Fahrgestell. Auf das Fahrgestell wird die Karosserie montiert. Diese Art des Aufbaus hat neben anderen den Vorteil, daß man einen Fahrgestelltyp leicht mit verschiedenen Karosserien kombinieren kann. So gibt es zum Beispiel den Wartburg 353 als Limousine und Kombiwagen, der sich sowohl für die Personenbeförderung eignet als auch für den Transport von Gütern, die durch eine hochklappbare große Hecktür besonders bequem in den Laderaum gebracht werden können. Um Eigenmasse des Fahrzeugs einzusparen, wird noch eine andere, rahmenlose Bauart mit selbsttragender Karosserie angewendet, zum Beispiel beim Trabant. Bei ihr sind alle Teile des Fahrwerks mit der Karosserie direkt verbunden.

Früher hatten die Karosserien ein Gerippe aus Holz, das mit Blechen beplankt war. Heute werden Karosserien entweder ganz aus Stahlblech hergestellt oder wie beim Trabant aus einem selbsttragenden Stahlgerüst-aufbau mit Plastwerkstoff-Beplankung. Diese Bauart wurde von der DDR-Industrie erstmals in der Welt bis zur Serienproduktionsreife entwickelt. Der Werkstoff, Duroplast, besteht aus Kunstharz mit Einlagen von Baumwollvlies.

Da aber nur die Beplankung des Trabant aus Duroplast besteht, ist – um die tragenden Stahlblechteile möglichst lange zu erhalten – trotzdem eine ständige Pflege des Lacks erforderlich, der die metallischen Teile gegen Korrosion schützt, und – wie auch bei anderen Kraftfahrzeugen – eine regelmäßige Pflege des Unterbodens.

Köpfchen schützt vor Gipsverband

Die Motorisierung hat auch in der Deutschen Demokratischen Republik stark zugenommen. In jedem Jahr werden über 250 000 weitere Kraftfahrzeuge neu zugelassen, davon mehr als 140 000 Pkw. Mehrere Millionen Touristen besuchen oder durchqueren jährlich mit Kraftfahrzeugen unser Land. Die Verkehrsdichte erhöht sich also ständig. Das führt auch zu einer

Spezialausführungen des IFA W 50

Von oben nach unten bzw. von links nach rechts:

Allradkipper, Straßenreinigungsfahrzeug, Isotherm-Kofferfahrzeug, Pritschenfahrzeug mit hydraulischem Ladekran, Muldenkipper, Sattelzugmaschine mit Sattelauflieger für Kraftstofftransport



IFA W50



Steigerung der möglichen Gefahren, die den Verkehrsteilnehmern drohen. Eine genaue Kenntnis über das richtige Verhalten auf der Straße auch für Fußgänger und Radfahrer ist deshalb lebensnotwendig geworden. Wer zum Beispiel kurz vor einem herannahenden Fahrzeug noch über die Fahrbahn eilt, muß damit rechnen, daß ihn irgendein vorher nicht bemerktes kleines Hindernis auf der Fahrbahn zum Stolpern und zu Fall bringt. Bevor er sich dann wieder aufgerappelt hat, ist das Fahrzeug heran, und das Risiko, das der Fußgänger für klein hielt, kann plötzlich zum Verhängnis werden. Deshalb gibt es für das Verhalten im Verkehr nur ein richtiges Prinzip: keinerlei Risiko einzugehen, auch nicht das kleinste!

In Venedig und Amsterdam sind ganze Stadtteile nicht wie bei uns von festen Fahrbahnen, sondern von zahlreichen kleinen Flußarmen oder Kanälen durchzogen. Niemals kommt es vor, daß jemand unachtsam über den Gehsteig hinaustritt und ins Wasser fällt. Es ist, als stünde dort eine unsichtbare Schranke. Ähnlich sollten wir uns verhalten und es zur festen Gewohnheit werden lassen, vor jeder Fahrbahnkante unbedingt stehenzubleiben und erst einmal auf die Fahrbahn zu schauen.

Das muß sich uns derart fest einprägen, daß wir uns nicht nur in verkehrsreichen Straßen, sondern auch in ruhigen Nebenstraßen so verhalten. Auch hier passieren nämlich gelegentlich Unfälle, wenn Fußgänger die Fahrbahn achtlos überqueren, indem sie sich nur auf



ihr Gehör verlassen. Aber ein Pkw, der im Leerlauf rollt, fährt sehr leise. Trotzdem kann er dabei eine hohe Geschwindigkeit haben. Häufig übertönen auch andere Geräusche die des nahenden Fahrzeugs. Das Gehör ist daher absolut untauglich für die Beurteilung, ob die Fahrbahn frei ist. Man kann das nur mit den Augen feststellen.

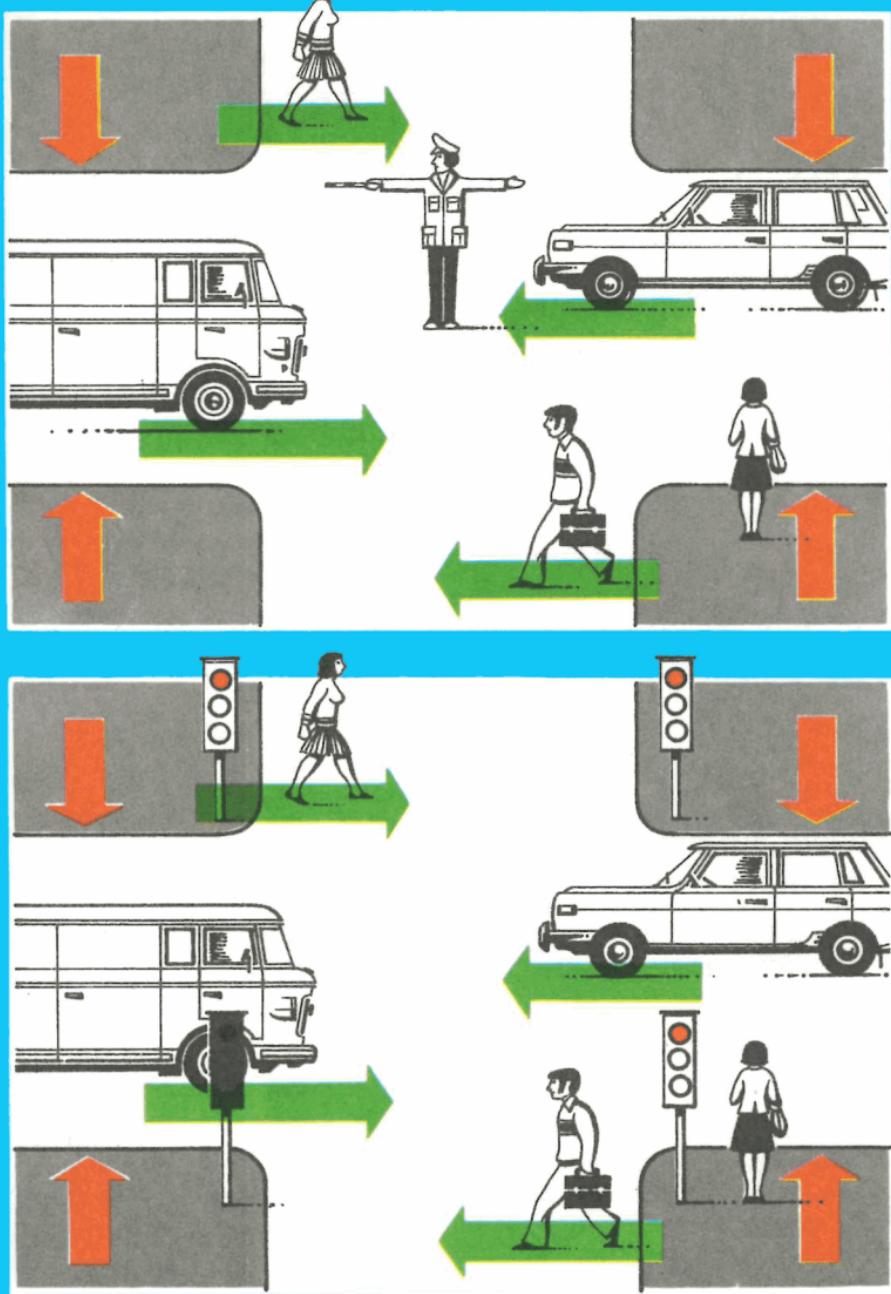
Ehrensache: Goldene EINS

Es ist in diesem Buch, das der Kraftfahrzeugtechnik gewidmet ist, nicht möglich, auf alle Gefahrenpunkte des Verkehrs hinzuweisen oder sämtliche Verkehrs-vorschriften zu behandeln. Gründliche Kenntnisse darüber können wir uns in Arbeitsgemeinschaften der Schule, der Pionierorganisation sowie in Verkehrs-gärten aneignen und dafür das Abzeichen „Die goldene EINS“ erwerben. Es zu besitzen ist für jeden Schüler eine Ehrensache.

Ältere Schüler sollten sich für jüngere mit verantwortlich fühlen, weil sich die jüngeren an ihnen ein Vorbild nehmen. Schon die Vorschulkinder und Schulanfänger müssen die Bedeutung der Lichtsignalfarben und der Handzeichen bei Verkehrsregelung durch einen Posten genau kennen. Benutzen wir deshalb jede Gelegenheit, unsere jüngeren Geschwister und Freunde darüber aufzuklären!

„Grün“ bedeutet: Verkehrsrichtung freigegeben. „Rot“ bedeutet: Halt! Befinden wir uns, wenn die Ampel auf

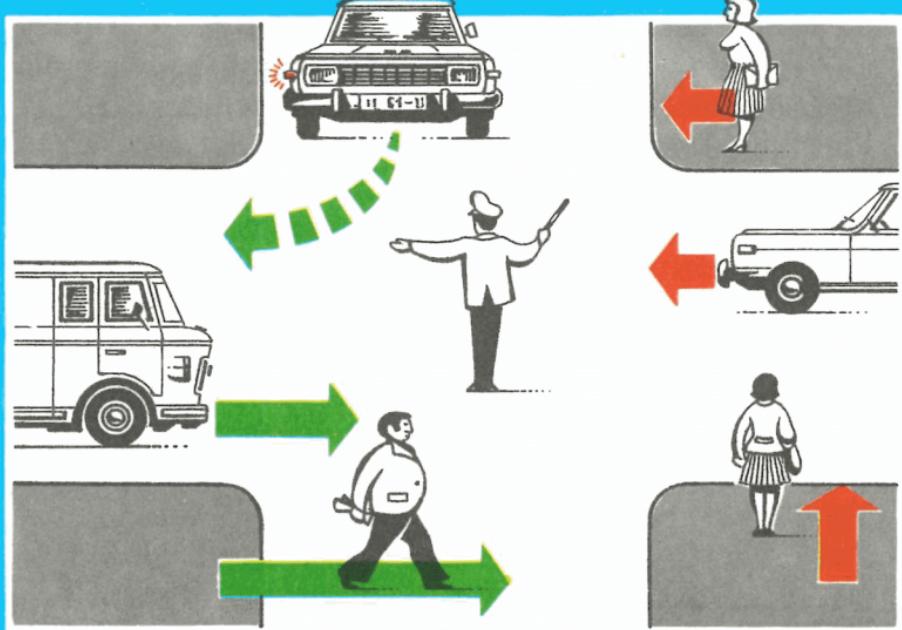
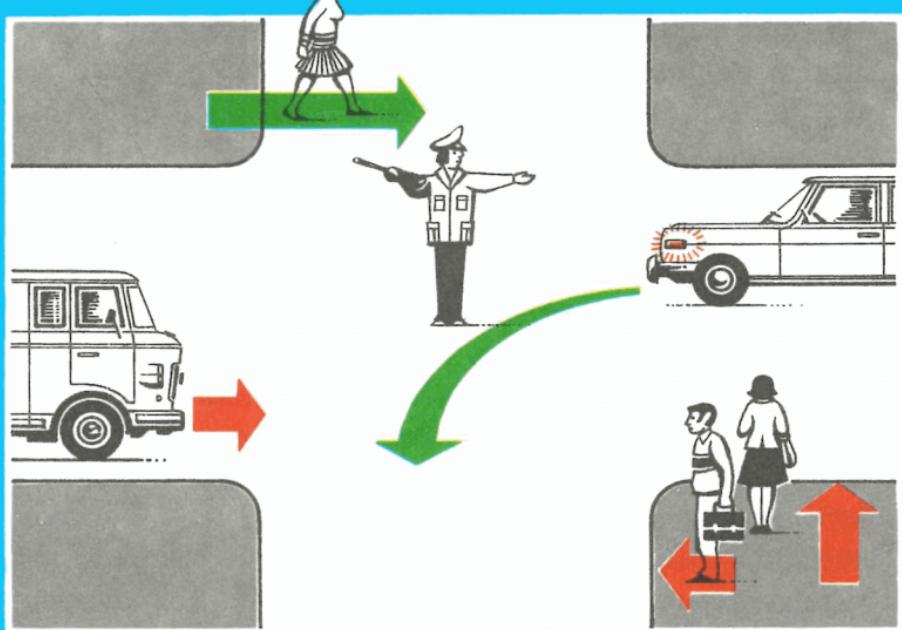
Lichtsignal „Rot“ und Stellung des Verkehrspostens quer zur beab-sichtigen Richtung haben die gleiche Bedeutung: Halt!



„Rot“ umschaltet, bereits auf der Fahrbahn, so dürfen wir nicht stehenbleiben oder zum Gehweg zurücklaufen, sondern müssen zügig bis zum Schutzstreifen in der Straßenmitte oder – falls es keinen gibt – bis zur gegenüberliegenden Straßenseite weitergehen. Dabei brauchen wir nicht nervös zu werden oder zu rennen, denn das „Rot“ für die Fußgänger wird so rechtzeitig gegeben, daß wir noch zum Mittelstreifen beziehungsweise zur anderen Straßenseite gelangen, bevor der Fahrzeugstrom wieder einsetzt. Befinden wir uns beim Umschalten auf „Rot“ jedoch noch auf dem Gehsteig, so dürfen wir den Weg über die Fahrbahn nicht mehr antreten. Wir müssen auf das nächste „Grün“ warten! Sind im Farbzeichen Symbole für Fußgänger oder Radfahrer angebracht, so gelten diese Farbsignale nur für Fußgänger bzw. Radfahrer. Fahrtrichtungspfeile im Farbsignal gelten nur für Fahrzeugführer, die in die Richtung fahren wollen, welche der Pfeil anzeigt.

Beim Überschreiten der Fahrbahn an Übergängen mit Lichtsignalregelung werden wir uns bei „Grün“ nicht allein auf die Ampel verlassen.. Wir vergewissern uns daher trotz des grünen Signals, ob die Fahrbahn wirklich frei ist. Es könnte zum Beispiel ein Fahrzeug mit Sondersignal nähern. Dieses ist nämlich immer berechtigt, die Kreuzung zu überfahren. Alle anderen Verkehrsteilnehmer müssen dann warten.

Das Bild zeigt die Dreiseitensperrung, bei der die ausgestreckten Arme des Verkehrspostens einen rechten Winkel bilden. Das bedeutet zusätzliches Halt für alle rechts vom Posten ankommenden Fahrzeuge und Fußgänger, die die Fahrbahn überqueren wollen, in die der rechte Arm des Postens zeigt



Bei Verkehrsregelung durch Handzeichen ist die Straße in der Richtung längs zur Stellung der Arme des Postens frei (entsprechend „Grün“), quer dazu ist sie gesperrt (entsprechend „Rot“). Der nach oben ausgestreckte Arm hat die Bedeutung von „Gelb“. Für Fußgänger hat diese Stellung des Verkehrspostens die Bedeutung wie „Rot“ an der Ampel. Außerdem gibt es die Dreiseitensperrung, bei der die ausgestreckten Arme des Postens einen rechten Winkel bilden. Das bedeutet zusätzlichen Halt für alle rechts vom Verkehrsposten ankommenden Fahrzeuge und Fußgänger, die die Fahrbahn überqueren wollen, in die der rechte Arm des Postens zeigt.

Regelung durch Handzeichen hebt die Lichtsignalregelung auf. Trotz „Grün“ kann daher bei entsprechender Handregelung durch einen Verkehrsposten die Straße gesperrt sein. Auch deshalb dürfen wir nicht nur auf die Ampel achten, sondern müssen auf die Kreuzung blicken, bevor wir sie überschreiten.

Verboten und gefährlich ist es, sich an geregelten Kreuzungen oder Übergängen vorbeizumogeln, indem man die Straße ein Stück weitergeht bis zu einer Stelle, an der man sich außerhalb des geregelten Bereichs befindet. Ist ein geregelter Übergang in der Nähe, so müssen wir ihn unbedingt benutzen. Ausdrücklich verboten ist es, eine Fahrbahn im Abstand von weniger als 50 m von einem Fußgängerüberweg, einem durch Lichtsignale oder Verkehrsposten geregelten Übergang oder von einer Fußgängerbrücke oder einem Tunnel zu überqueren. Aber selbst wenn wir weiter als 50 m davon entfernt sind, sollten wir den kleinen

Umweg dorthin nicht scheuen. Denn überqueren wir eine stark befahrene Straße an einer nicht geregelten Stelle, so müssen wir häufig so lange auf eine Lücke im Verkehrsstrom warten, daß der Zeitverlust größer ist, als wenn wir bis zur geregelten Stelle gelaufen wären.

Wo haben Fußgänger Vorrang?

Auf Fußgängerüberwegen haben Fußgänger den Vorrang. Fahrzeuge, auch Radfahrer, müssen halten. Doch sollten wir dieses Vorrecht nicht mißbrauchen, indem wir als einziger Fußgänger eine ganze Fahrzeugkolonne zum Stehen bringen, sondern lieber warten, bis sich entweder mehrere Fußgänger angesammelt haben oder, falls kein anderer dazukommt, die nächste Lücke im Verkehrsstrom abwarten.

Falsch und gefährlich ist unentschlossenes Verhalten am Fußgängerüberweg. Wenn wir erst stehenbleiben, dann aber doch plötzlich auf die Fahrbahn pressen, kann sich der Kraftfahrer nicht schnell genug auf den Wechsel unseres Verhaltens einstellen. Nähert sich ein Fahrzeug mit größerer Geschwindigkeit, so wäre es töricht, mit Berufung auf unseren Vorrang die Fahrbahn trotzdem zu betreten. Denn so schnell kann das Fahrzeug nicht gebremst werden. Käme es zu einem Unfall, würde der Kraftfahrer für sein Verhalten zwar bestraft, aber das könnte die Gesundheit oder das Leben des verunglückten Fußgängers nicht retten.

Weit verbreitet ist der Irrtum, Fußgänger dürften in endlosem Strom den Überweg passieren. In Wirklichkeit müssen später Hinzukommende den Fahrzeugen,

die schon gehalten haben, um Fußgänger passieren zu lassen, erst wieder die Weiterfahrt ermöglichen. Andernfalls entstünde nämlich eine Stauung. Wir dürfen die Fahrbahn daher nicht mehr betreten, wenn ein Kraftfahrer, der bereits gehalten hatte, durch vorsichtiges Anfahren seine Absicht zum Weiterfahren bekannt.

Wo wir das Verkehrszeichen Fußgängerbrücke oder -tunnel sehen, müssen wir den Tunnel oder die Brücke benutzen, dürfen die Fahrbahn also nicht überschreiten!

Auf Omnibus und Straßenbahn warten wir auf dem Gehsteig, der Schutzzinsel oder – falls es keines von beiden gibt – am äußersten Rand der Fahrbahn. Wir dürfen die Straße erst dann betreten, wenn der Omnibus oder die Bahn in den Haltestellenbereich einfährt und hält. Unsere Absicht zum Mitfahren dürfen wir deshalb nicht dadurch kundgeben, daß wir schon beim Annähern des öffentlichen Verkehrsmittels auf die Fahrbahn treten, sondern, falls das überhaupt nötig erscheint, nur durch Handzeichen.

Nach dem Aussteigen begeben wir uns zunächst auf kürzestem Wege zum Gehsteig. Um zur anderen Straßenseite zu gelangen, dürfen wir die Fahrbahn erst dann überqueren, wenn Bus oder Bahn abgefahren sind. Nun haben wir nämlich hinreichend freien Blick auf die Straße. Unfälle durch Verstoß gegen diese Vorschrift passieren keineswegs nur in der Stadt,

Verkehrszeichen. Links oben: Warnzeichen Fußgängerüberweg; rechts: Vorschriftszeichen Fußgängerüberweg. Links unten: Fußgängerbrücke oder -tunnel.



sondern auch auf freier Strecke von Überland-Buslinien. Dort kommt als weiteres Gefahrenmoment die außerhalb geschlossener Ortschaften erlaubte Geschwindigkeit bis 90 km/h hinzu. Eine hinreichend schnelle Bremsung ist dabei nicht möglich.

Der sicherste Weg ist der beste

Gefährlich und daher verboten ist es auch, hinter oder zwischen haltenden oder parkenden Fahrzeugen die Fahrbahn zu betreten. Wir könnten dabei nämlich nur einen eng begrenzten Ausschnitt der Straße überblicken. Nahende Kraftfahrzeuge außerhalb dieses schmalen Blickwinkels bemerkten wir dann nicht, und auch die Fahrer dieser Wagen sähen uns zu spät, wenn wir plötzlich die Straße betraten. Fußgänger dürfen bei den heutigen Verkehrsverhältnissen die Fahrbahn nicht mehr überqueren wo sie wollen, sondern sollten das an Kreuzungen tun. Auf jeden Fall müssen gekennzeichnete Fußgängerüberwege benutzt werden. Dabei sind im Interesse der Sicherheit auch Umwege in Kauf zu nehmen.

Das Überqueren von Fahrbahnen kurz vor oder hinter einer Kurve ist ebenfalls verboten, weil sich Fußgänger und Kraftfahrer auch hier wechselseitig nicht sehen könnten.

Auf Gehsteigen soll man rechts gehen. Auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften, die keinen Gehsteig haben, müssen wir dagegen links gehen, so daß wir den entgegenkommenden Verkehr sehen. Kleinere Geschwister führen wir dabei links von uns, also auf der straßenabgewandten Seite, an der Hand.

Im Straßenverkehr ist nicht immer der kürzeste, sondern stets nur der sicherste Weg der beste. Wenden wir diese Erkenntnis auch auf unseren Schulweg an! Es ist klüger, einen kleinen Umweg zu gehen, wenn wir dadurch weniger Fahrbahnen zu überqueren haben. Rechnen wir die Wartezeiten dazu, die vor dem Überschreiten der Fahrbahnen nötig sind, so sparen wir beim kürzesten Weg vermutlich gar keine Zeit ein gegenüber dem längeren, der weniger Fahrbahnen kreuzt.

Erfahrungsgemäß passieren Unfälle häufig auch auf dem Einkaufsweg. Die Ursache: Wir müssen unsere Aufmerksamkeit zwischen dem Verkehr und dem Im-Kopf-Behalten dessen, was wir besorgen sollen, teilen. Viel gescheiter ist es daher, sich die einzukaufenden Dinge auf einem Zettel zu notieren. Die Reihenfolge richtet sich dabei nach dem Einkaufsweg, und diesen wählen wir so, daß wir erst in die Geschäfte auf der einen und dann in die auf der anderen Straßenseite gehen. Auf diese Weise müssen wir nur einmal über die Fahrbahn hin und her wechseln. Mit einem Zettel einzukaufen zu gehen ist also nicht, wie viele fälschlich meinen, die Art von kleinen Kindern; im Gegenteil, sie ist die intelligenteste Form des Einkaufens. Der Zettel bringt drei Vorteile: Wir können uns voll auf die Straße konzentrieren; wir sparen Zeit, weil wir nicht planlos hin und her laufen; wir vergessen nichts.

Die Straße – kein Spielplatz

Die Straße ist kein Spielplatz. Unfälle können auch passieren, wenn wir auf dem Weg zum oder vom

Spielplatz Spielgeräte benutzen. Wir fahren deshalb nicht mit Rollschuhen zum Spielplatz, sondern legen sie nur auf dem Platz an. Bälle tragen wir grundsätzlich in Netzen, damit sie uns nicht aus der Hand fallen und uns möglicherweise verleiten, plötzlich auf die Fahrbahn zu laufen. Keinesfalls dürfen auf Fahrbahnen oder Gehsteigen Schlitterbahnen angelegt werden.

Zum klugen und rücksichtsvollen Verhalten auf der Straße gehört auch, daß wir den Straßenverhältnissen Rechnung tragen. Wie wir auf der Seite 112 lasen, verlängert sich bei Straßenglätte der Bremsweg der Fahrzeuge erheblich. Deshalb müssen wir in solchen Fällen beim Überschreiten der Fahrbahn auf die Kraftfahrer besonders Rücksicht nehmen. Wir dürfen sie durch unser Verhalten nicht zu scharfem Bremsen zwingen; sie könnten mit ihren Wagen ins Schleudern kommen, mit entgegenkommenden Fahrzeugen zusammenstoßen oder gar auf den Gehsteig geraten und dort Fußgänger tödlich verletzen. Wollen wir eine solche Schuld, die unser Gewissen lebenslänglich belastet, auf uns nehmen? Jeder von einem Fußgänger oder Radfahrer verursachte Unfall kann auch schwerwiegende materielle Folgen für unsere Familie haben. Wer nämlich einen Unfall verursacht, ist verpflichtet, für den entstandenen Schaden aufzukommen. Das kann schon bei bloßem Sachschaden 10 000 Mark und mehr kosten. Bei Personenschäden können es Hunderttausende werden. Besitzer von Kraftfahrzeugen haben für das Fahrzeug eine Haftpflichtversicherung abzuschließen. Auch andere Menschen können entsprechende Versicherungen (Haushaltversicherungen) abschließen.

Weil wir fremdes Eigentum achten wollen, sollte jedes Herumspielen an parkenden Autos unterbleiben. Über Kratzer am Lack ärgert sich mit Recht die ganze Familie, der der Pkw gehört. Besonders Kleinkinder schurren manchmal im Vorübergehen mit irgendeinem Gegenstand an parkenden Autos entlang. Deshalb wollen wir als ältere Schüler unsere jüngeren Freunde und Geschwister unbedingt dazu erziehen, grundsätzlich ihre Finger von parkenden Fahrzeugen zu lassen. Das Herumspielen am Autospiegel kann sogar einen Unfall verursachen. Der Kraftfahrer verläßt sich darauf, daß nach dem Parken der Spiegel so eingestellt ist wie vorher. Braucht er in einer Verkehrssituation plötzlich den Spiegel, sieht darin aber nichts, weil er verstellt wurde, so kann das böse Folgen haben. Grund genug für jeden vernünftigen Schüler, sich zum eisernen Prinzip zu machen: Parkende Fahrzeuge fassen wir nicht an!

Radfahren will gelernt sein

Wer ein Fahrrad bekommt, darf es nicht gleich im Straßenverkehr benutzen.

Zum Radfahren gehören Fertigkeiten zweierlei Art, die man nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander erlernen kann. Die einen bestehen in der rein technischen Beherrschung des Fahrrades: Auf- und Absteigen; ohne Schlangenlinie und ohne umzukippen, sicher und spurtreu geradeaus fahren; Kurvenfahren; nach links und rechts abbiegen; eine Hand vom Lenker nehmen und nach der Seite ausstrecken, um die Fahrtrichtungsänderung anzuzeigen und ohne dabei

aus der Geradeausspur zu geraten; kurz nach hinten blicken, ohne von der Spur abzukommen; normales Bremsen; scharfes Bremsen und so weiter. Die anderen Fertigkeiten bestehen darin, die Verkehrsregeln zu kennen und imstande zu sein, sie in der Praxis sicher und ohne langes Nachdenken anzuwenden.

Was das Auf- und Absteigen betrifft, so sollten wir uns von Anfang an daran gewöhnen, von rechts auf- und nach rechts abzusteigen. Denn: Der Gehweg liegt stets rechts der Fahrtrichtung, und vom sicheren Gehweg aus können wir ungefährdet auf das am äußersten rechten Fahrbahnrand stehende Rad steigen. Auch beim Absteigen nach rechts gelangen wir wieder auf den Gehweg. Verlassen wir dagegen das Rad nach links, so gerät unser Körper auf die rechte Fahrspur. Das behindert den nachfolgenden Verkehr, und jede Unaufmerksamkeit kann für die Kraftfahrer hinter uns und für uns selbst gefährlich werden.

Die technische Beherrschung des Fahrrades dürfen wir nur auf verkehrsfreien Plätzen und Wegen üben, zum Beispiel auf dem Sportplatz, im Verkehrsgarten oder auf anderen genügend großen freien Plätzen. Beim Erlernen der Verkehrsregeln helfen uns Bücher. Darüber hinaus sollten wir uns – ohne Fahrrad – an Kreuzungen mit und ohne Verkehrsregelung begeben und dort zur Übung „in Gedanken radfahren“. Dabei stellen wir uns vor, wir kämen mit dem Rad aus den verschiedenen Richtungen und wollten geradeaus weiterfahren, nach links oder nach rechts abbiegen. In Gedanken üben wir unser Verhalten bei den einzelnen Farbsignalen beziehungsweise den Handzeichen des

Verkehrspostens. Der Radfahrer muß über die Verkehrsregeln noch umfassender informiert sein als der Fußgänger.

Die Verkehrsregeln können hier nicht behandelt werden; dafür gibt es genug andere Literatur. Doch wollen wir einige besondere Gefahrenquellen kennenlernen, die leider immer wieder zu Unfällen mit Radfahrern führen.

Schultaschen und anderes Gepäck gehören nicht an den Lenker! Sie beeinträchtigen die Lenkbarkeit des Fahrrades. Leicht kann es dabei passieren, daß sich die Lenkstange plötzlich nicht weit genug schwenken oder nicht wieder ganz gerade stellen läßt, weil das Gepäckstück im Wege ist oder irgendwo hängenbleibt. Außerdem neigt das einseitig belastete Rad zum Kippen und dazu, aus der geraden Fahrspur zu kommen. Gepäck gehört stets nach hinten auf den Gepäckträger, wo es so befestigt wird, daß es während der Fahrt nicht herunterfallen kann. Dann würden wir uns nämlich unwillkürlich umschauen oder plötzlich anhalten, was im dichten Verkehr nicht ungefährlich ist.

Viele Unfälle geschehen beim Linksabbiegen an Kreuzungen großer Straßen mit mehreren Fahrspuren. Hat die Straße in einer Richtung zum Beispiel drei Spuren, so muß der Radfahrer, von der äußersten rechten kommend, erst zwei Fahrspuren überqueren, um – wie vorgeschrieben – auf die linke Spur zu gelangen. Da er hierbei Rücksicht auf die übrigen Fahrzeuge zu nehmen hat und diese schneller fahren als er, ist das Einordnen nicht nur zeitraubend, sondern führt vor allem zu gefährlichen Situationen. Es gibt einen ganz einfachen

Ausweg aus dieser Gefahr. Er kostet kaum mehr Zeit und bietet größere Sicherheit. Wir bleiben an der äußersten rechten Kante der rechten Fahrspur beziehungsweise auf dem Radweg, steigen rechtzeitig vor der Kreuzung vom Rad und überqueren die Kreuzung als Fußgänger, der sein Rad auf dem Gehsteig führt. Wir gehen also zunächst mit den Fußgängern in der ursprünglichen Fahrtrichtung weiter geradeaus. Von der gegenüberliegenden Seite der Kreuzung aus gehen wir beim nächsten „Grün“ quer zur ursprünglichen Fahrtrichtung über die Fahrbahn und sind dann auf dem rechten Gehweg der nach links abbiegenden Straße. Von hier aus setzen wir, sobald die äußerste rechte Fahrspur wieder frei ist, die Fahrt mit dem Rad fort. Das Rad darf bei dieser Form des Überquerens der Kreuzung entweder auf dem Gehweg oder auch an der äußersten rechten Fahrbahnkante entlanggeschoben werden. In diesem Falle führt man das Rad am Straßenrand und läuft selbst auf der Gehwegkante. Den geringfügigen Zeitverlust sollten wir der Sicherheit wegen auch dann nicht scheuen, wenn wir es „eilig“ haben. Auch auf Straßen, die nicht in mehrere Fahrspuren gleicher Richtung unterteilt sind, bildet das Linksbiegen einen Unfallschwerpunkt. Eine Ursache besteht oft darin, daß der Radfahrer die Absicht zum Abbiegen nicht rechtzeitig und deutlich genug anzeigt. Den linken Arm lässig herunterbaumeln zu lassen genügt nicht. Wir müssen ihn deutlich und lange genug waagerecht ausstrecken. Aber: Das Anzeigen der Fahrtrichtungsänderung allein reicht noch nicht aus. Wir müssen uns davon überzeugen, daß die nachfol-

genden Fahrzeugführer unsere Absicht erkannt haben. Erst dann dürfen wir mit dem Einordnen beginnen.

Eine zweite Ursache: Manche Radfahrer benutzen eine zu kleine Lücke im Fahrzeugstrom, um zur Straßenmitte überzuwechseln. Da Autos viel schneller fahren, reicht die kleine Lücke dafür nicht aus. Bei dichterem Verkehr dauert es aber häufig viel länger, auf eine hinreichend große Lücke zu warten, als wenn wir die Kreuzung als Fußgänger überqueren.

Noch gefährlicher sind Kreuzungen bei Dunkelheit. Wenn wir auf der Kreuzung stehen, um vor dem Abbiegen den entgegenkommenden Geradeausverkehr vorbeizulassen, brennt die Beleuchtung unseres Rades nicht; weil der Dynamo steht. Haben wir das Rad schon etwas schrägstellt, so können nachfolgende Kraftfahrer vielleicht nicht einmal die Rückstrahler sehen. Bei Dunkelheit sollten wir deshalb Kreuzungen stets nur als Fußgänger überqueren, auch wenn es sich um wenig verkehrsreiche Straßen handelt.

Besonders gefährlich ist bei Dunkelheit auch das Fahren auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften. Selbst bei einwandfreiem elektrischem Rücklicht und sauberen Rückstrahlern müssen wir dabei stets einkalkulieren, daß uns der Fahrer eines nachfolgenden Autos nicht bemerkt, wenn ihm ein anderes Fahrzeug entgegenkommt. Dessen Scheinwerfer überstrahlen nämlich auch dann, wenn sie vorschriftsmäßig abgeblendet sind, die Lichter unseres Fahrrades.

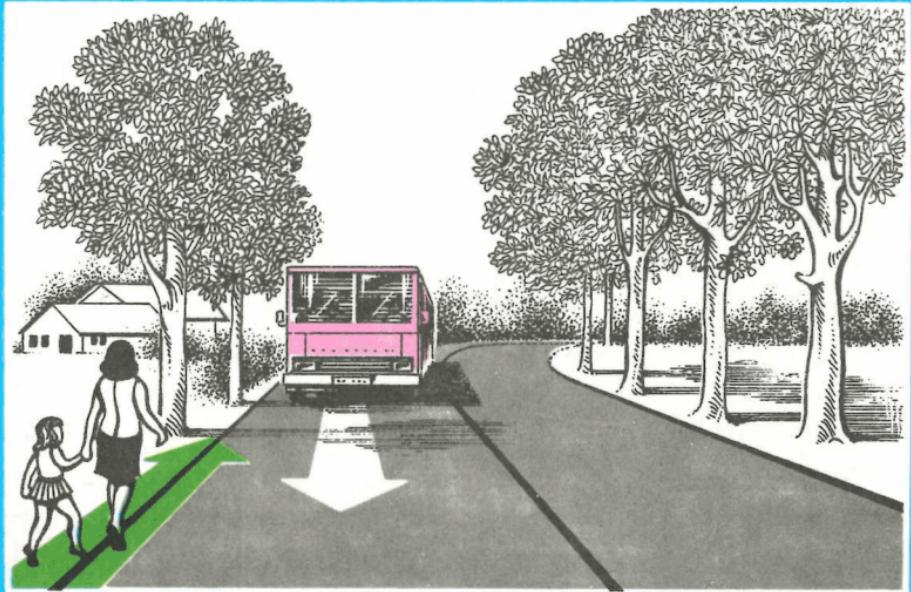
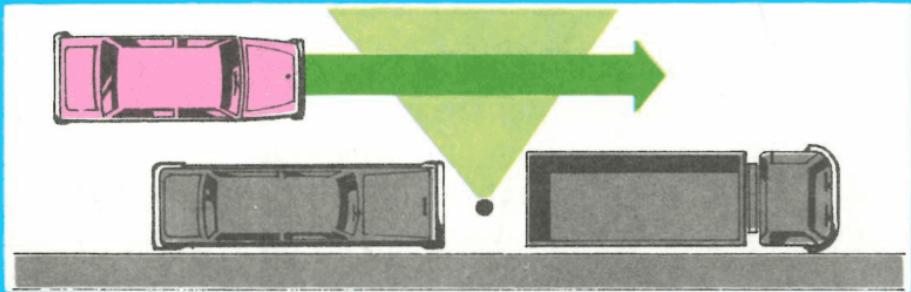
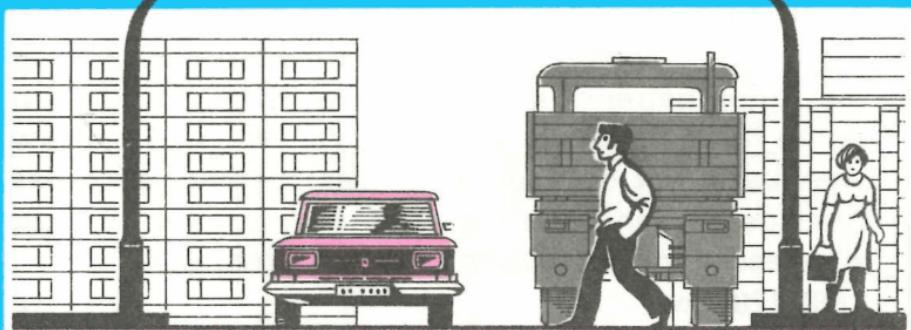
Regnet es, so sind die Sichtmöglichkeiten für den Kraftfahrer zusätzlich erschwert. Deshalb sollten wir bei Dunkelheit erstens sowieso nur fahren, wenn es un-

vermeidbar ist, und, zweitens, jedesmal, wenn ein Kraftfahrzeug entgegenkommt, mit dem Rad bis an den äußersten rechten Straßenrand ausweichen. Bemerken wir, daß sich außerdem ein Fahrzeug von hinten nähert, halten wir am besten an und verlassen die Straße ganz.

Benutzen wir ein Fahrrad während der Dunkelheit, so müssen der Scheinwerfer und die elektrische Schlußleuchte einwandfrei funktionieren, und die Rückstrahler am Fahrradheck und an den Pedalen dürfen weder beschädigt noch verschmutzt sein. Außerdem sollten wir möglichst helle Kleidung tragen. Weder bei Tag noch bei Nacht dürfen wir das Rad benutzen, wenn auch nur eine der beiden voneinander unabhängigen Bremsen nicht einwandfrei funktioniert. Bei Schnee- oder Eisglätte bleibt das Fahrrad zu Hause. Selbst wenn wir sehr geschickte Fahrer sein sollten, müssen wir berücksichtigen, daß Autos bei Straßenglätte nicht so schnell bremsen können wie sonst und leicht aus der Spur geraten. Dadurch können wir – ohne uns selbst falsch verhalten zu haben – verunglücken. Genauer gesagt: Wir haben uns falsch verhalten, indem wir bei solchen Fahrbahnverhältnissen das Rad benutztten.

Oben: Gefährlich und daher verboten ist, hinter oder zwischen haltenden oder parkenden Fahrzeugen die Fahrbahn zu betreten, weil wir dabei nur einen Teil der Fahrbahn (hellgrünes Dreieck im Bild) überschauen und Fahrzeuge außerhalb dieses Blickwinkels nicht bemerken

Unten: Auf Landstraßen ohne Gehsteig haben Fußgänger die linke Straßenseite zu benutzen



Kraftfahrzeuge – ihre Bedeutung und ihre Grenzen

Stellen wir uns an eine vielbefahrene Straße und zählen die Autos getrennt nach Pkw, Lkw, KOM und die anderen Kraftfahrzeuge, so stellen wir fest, daß die Pkw weitaus in der Überzahl sind. Das bestätigt auch das Statistische Jahrbuch der DDR. Es weist für 1975 an zugelassenen Fahrzeugen unter anderem aus:

1 880 478 Pkw

20 938 Kraftomnibusse

238 904 Lkw

725 230 Anhängefahrzeuge

61 743 Spezialkraftfahrzeuge

212 343 Zugmaschinen und Traktoren.

Es wäre aber ein Trugschluß, daraus zu folgern, daß der Pkw die größte Bedeutung hätte. Der Pkw ist keineswegs das wichtigste Kraftfahrzeug. Weitaus bedeutender für das Funktionieren unserer Wirtschaft und die Versorgung der Bevölkerung mit allen lebensnotwendigen Gütern und Dienstleistungen sind Omnibusse, Lkw, Zugmaschinen und Traktoren sowie die zahlreichen Spezialkraftfahrzeuge wie Müllautos, Sanitätsfahrzeuge, Löschzüge der Feuerwehr, Tankfahrzeuge und so weiter.

Für die Personenbeförderung spielt der Omnibus heute eine große Rolle. Die Mehrzahl aller Werktätigen haben zu ihrer Arbeitsstätte einen längeren Weg, den sie nicht gut täglich zweimal zu Fuß zurücklegen können. Auch viele Schüler in ländlichen Gebieten haben weite Schulwege.

Wollten alle Benutzer öffentlicher Verkehrsmittel künftig statt dessen mit dem Pkw, Motorrad oder Moped

fahren, so wären die Straßen derart überfüllt, daß man an vielen Stellen nur im Schrittempo vorankäme und die Fahrt weit länger dauerte als mit einem öffentlichen Verkehrsmittel. Außerdem fänden auf Straßen und Parkplätzen gar nicht alle Pkw und Krafträder genügend Platz zum Abstellen.

Was ist ein Personenkilometer?

Die große Bedeutung des Kraftfahrzeuges bei der Personenbeförderung durch öffentliche Verkehrsmittel spiegelt sich ebenfalls in den Zahlen des Statistischen Jahrbuches wider. Man kann die Leistungen des Verkehrs auf zweierlei Weise berechnen: einmal, indem man die Fahrgäste zählt, unabhängig davon, über welche Entfernung sie befördert wurden, zum anderen unter Einbeziehung der Streckenlänge. Im zweiten Falle wird die Zahl der beförderten Personen mit der Länge der zurückgelegten Strecke multipliziert. Fahren zum Beispiel Herr Schulz, seine Frau und seine Tochter mit dem Omnibus 20 km weit, so entspricht das einer Beförderungsleistung von $3 \text{ Personen} \cdot 20 \text{ km} = 60 \text{ Pkm}$ (= gebräuchliches Kurzzeichen für Personenkilometer).

1975 wurden mit Kraftomnibussen im öffentlichen Linienverkehr und im Werkverkehr, das heißt mit werkseigenen Omnibussen, sowie im städtischen Nahverkehr (einschließlich der Beförderungen durch Obus, Straßenbahn und U-Bahn) zusammengenommen rund 3,2 Milliarden Fahrgäste (= 83,2 Prozent aller Fahrgäste überhaupt) befördert, von der Eisenbahn dagegen nur 634 Millionen Personen (= 16,6 Prozent). In Pkm aus-

gedrückt, entfielen auf die Eisenbahn allerdings 41,4 Prozent der gesamten Leistung bei der Personenbeförderung, auf den Kraftverkehr mit Omnibussen und auf den städtischen Nahverkehr 55,1 Prozent.

Daß die Eisenbahn – nach Pkm berechnet – fast die Hälfte der Leistungen bei der Personenbeförderung erbringt, obwohl nur 16,6 Prozent aller Fahrgäste auf sie entfallen, beruht darauf, daß weite Fahrten überwiegend mit der Eisenbahn erfolgen und beim Omnibus der Schwerpunkt auf kürzeren Strecken liegt. Das ist gut und vernünftig. Für weite Fahrten zwischen größeren Städten ist die Eisenbahn das wirtschaftlichste Verkehrsmittel, weil sie die Beförderungsleistung mit dem geringsten Aufwand an gesellschaftlicher Arbeitskraft je Pkm erbringt. Man kann deshalb nicht grundsätzlich sagen, Eisenbahn oder Omnibus seien vorteilhafter. Es kommt auf den jeweiligen Fall an. So wäre es zum Beispiel unsinnig, wenn man die zahlreichen Berliner, welche die Leipziger Messe besuchen wollen, mit Omnibussen in die Messestadt brächte. Hierfür ist der Schnellzug vorteilhafter. Andererseits wird man zu einem kleinen Ort in hoher Gebirgslage kein Eisenbahngleis bauen, sondern ihn durch eine Omnibuslinie an das öffentliche Verkehrsnetz anschließen.

Die Eisenbahn wird also durch den Omnibus ergänzt. Mit Eisenbahngleisen und Bahnhöfen kann man nicht eine ganze Stadt durchziehen, wohl aber mit Omnibuslinien und ihren Haltestellen. Das Liniennetz des Omnibusses ist viel dichter als das der Eisenbahn; es ermöglicht dem Fahrgäst, mit nur kurzen Fußwegen fast

jeden beliebigen Punkt zu erreichen, in kleinen wie in großen Städten.

Ohne Lkw keine vollen Läden

Was wir für den Personenverkehr feststellten, gilt auch für den Güterverkehr. Hier kann man die Verkehrsleistung einmal nur nach der Masse der transportierten Güter, also nach t (Tonnen) errechnen, zum anderen entsprechend den Pkm in tkm (Tonnenkilometer). Dabei zeigt sich, daß im Jahre 1975 62,9 Prozent der Masse aller transportierten Güter mit Kraftfahrzeugen befördert wurden und nur 30,9 Prozent mit der Eisenbahn. Doch leistete die Eisenbahn 32,5 Prozent und die Güterkraftfahrzeuge hingegen nur 11 Prozent der tkm. Hierin drückt sich aus, daß besonders Massengüter, die in riesigen Mengen zu befördern sind – beispielsweise Kohle –, vorwiegend mit der Eisenbahn (oder mit dem Schiff) transportiert werden, vor allem wenn es sich um größere Entfernungen handelt. Demgegenüber ist für viele Zwecke der Lkw-Transport vorteilhafter. So ist zum Beispiel die Belieferung der zahlreichen Verkaufsstellen des Einzelhandels, in denen wir Nahrungsmittel und andere Güter des persönlichen Bedarfs einkaufen, nur mit dem Lkw möglich. Man kann nicht zu jedem Geschäft eine Eisenbahnlinie bauen.

Eine besonders große Rolle spielt der Gütertransport mit dem Lkw in der Bauwirtschaft, im Einzelhandel und bei der Beseitigung von Müll und anderen Abfallprodukten.

Um den Gütertransport überall dort, wo es volkswirtschaftliche Vorteile bringt, mit dem Lkw durchführen zu

können, wurde in der DDR bei Ludwigsfelde innerhalb kurzer Zeit eines der größten und leistungsfähigsten Lastkraftwagen-Werke Europas gebaut. Der Lkw W 50 wird dort in zahlreichen Varianten, von denen wir nur wenige in diesem Buch zeigen können, gebaut. Das Werk produziert nicht nur für den Eigenbedarf der DDR, es exportiert auch seine Fahrzeuge in viele andere Länder. Eine besonders enge Zusammenarbeit besteht dabei mit den Staaten des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW), aus denen die DDR ebenfalls Kraftfahrzeuge importiert. Bei den Pkw sind es die Wagen vom Typ Lada, Moskwitsch, Saporoschez und Wolga aus der Sowjetunion, der Typ Polski Fiat aus der VR Polen, die Typen Škoda und Tatra aus der ČSSR und der Typ Dacia aus der SR Rumänien. Sie sind auf unseren Straßen ebenso anzutreffen wie der Wartburg und der Trabant aus der DDR in diesen Staaten.

Vergessen wir bei der Betrachtung über die volkswirtschaftliche Bedeutung des Kraftfahrzeugs auch nicht die vielen Traktoren, Zugmaschinen und Spezialfahrzeuge, die in der Land- und Forstwirtschaft sowie in anderen Bereichen der Volkswirtschaft eingesetzt sind.

Jeder einen eigenen Pkw?

Die Anzahl der in der DDR zugelassenen Pkw stieg zwischen den Jahren 1950 und 1975 von 75 710 auf 1 880 478, also auf das mehr als 25fache. Kann dieses Anwachsen in gleichem Maße weitergehen, bis jeder einmal nur noch mit dem Pkw zur Arbeit fährt und seine Besorgungen erledigt?

Abgesehen davon, daß nicht genug Parkmöglichkeiten für die vielen Kraftfahrzeuge geschaffen werden könnten und das Auto praktisch wertlos würde, weil man sich mit ihm nur noch im Schneckentempo durch die verstopften Straßen quälen müßte, gibt es auch eine Reihe anderer Gründe, die eine solche Entwicklung nicht zulassen: zum Beispiel die lebensnotwendig rasche medizinische Versorgung von Verunglückten, das möglichst schnelle Eingreifen der Feuerwehr bei Unfällen und Katastrophen, die pünktliche Belieferung der Verkaufsstellen mit Waren aller Art, nicht zuletzt die Belästigung der Umwelt durch Verkehrslärm und Abgase.

Schließlich setzt auch der Umstand, daß die Kraftfahrzeuge vorerst noch auf flüssigen Kraftstoff angewiesen sind, ihrer Verbreitung eine Grenze. Denn Mineralöl, aus dem Vergaser- und Dieselkraftstoff gewonnen werden, gibt es auf der Erde nicht in unbegrenzten Mengen. Hinzu kommt, daß wir gegenüber den Generationen nach uns eine Verantwortung haben, die uns verpflichtet, alle vorhandenen Erdölvorräte so rationell wie möglich zu nutzen. Der Energieverbrauch je beförderte Person und Kilometer ist beim Pkw aber mindestens viermal so hoch wie beim Omnibus. Mit der gleichen Energiemenge in Form von Kraftstoff, die ein mit vier Personen besetzter Pkw verbraucht, kann ein Omnibus mindestens 16 Personen befördern.

Wer davon träumt, daß es in der Zukunft nur noch „heiße Schlitten“ geben wird, die mit hoher Geschwindigkeit über die Straßen rollen, dürfte eine Enttäuschung erleben. Die Steigerung der Geschwindig-

keit würde nicht nur den Kraftstoffverbrauch ungünstiger gestalten, sondern auch die Anzahl der Verkehrsunfälle mit ihren Folgen für das Leben und die Gesundheit der Bürger vergrößern.

Die Personenbeförderung muß daher auch künftig zu einem sehr großen Teil durch öffentliche Verkehrsmittel erfolgen. Außer dem Omnibus und Obus, der S-Bahn, Straßenbahn und U-Bahn werden uns mit hoher Wahrscheinlichkeit eines Tages ganz neuartige Transportmittel zur Verfügung stehen, die den zum Teil schon heute überstarken Straßenverkehr entlasten und ihre Fahrgäste schnell, sicher und mit einem verhältnismäßig geringen Energieaufwand ans Ziel bringen.

Inhalt

- 5 *Wie es zur Dampfkutsche kam*
- 7 Die Römer fuhren keine Kurven
- 10 Per „Hafermotor“ mit 6 km/h
- 16 *Es begann mit einem „Feuerstuhl“*
- 17 Der Petroleum-Reitwagen
- 22 Die Erfindung mit dem Gartenschlauch
- 22 Rennwagen mit 22 km/h Spitze
- 25 Der Siegeszug des Omnibusses
- 26 *Wie der Motor funktioniert*
- 28 Zylinder – Kolben – Hubraum
- 31 Pleuel und Kurbelwelle
- 34 Ansaugen – Verdichten – Verbrennen – Ausstoßen
- 37 Vier Zylinder im Zusammenspiel
- 41 Mit zwei Taktten geht es auch
- 45 Die Schmierung des Motors
- 46 *Wie der „Sprit“ in den Motor kommt*
- 46 Der Vergaser
- 51 Fallbenzin und Kraftstoffpumpe
- 56 *Warum Dieselmotoren?*
- 59 *2000 Grad im Zylinder*
- 60 Luftkühlung
- 63 Wasserkühlung
- 65 Warum braucht man ein Gefrierschutzmittel?
- 66 *Es geht nicht ohne Elektrizität*
- 66 Die Batterie

- 71 Die Lichtmaschine
- 72 Der Anlasser
- 73 Die Zündanlage
- 77 Gefährliches Blendloch
- 78 *Autofahren – physikalisch betrachtet*
- 85 100 Pferde unter der Motorhaube
- 89 Wofür braucht man Kupplung und Getriebe?
- 96 Wie die Kraft auf die Räder kommt
- 98 Vorder- und Hinterachsantrieb
- 100 Die Reifen
- 105 Die Lenkung
- 106 Federn und Stoßdämpfer
- 108 *Lebenswichtig: die Bremsen*
- 113 *Das fahrbare „Häuschen“*
- 114 Köpfchen schützt vor Gipsverband
- 118 Ehrensache: Goldene EINS
- 123 Wo haben Fußgänger Vorrang?
- 126 Der sicherste Weg ist der beste
- 127 Die Straße – kein Spielplatz
- 129 Radfahren will gelernt sein
- 136 *Kraftfahrzeuge – ihre Bedeutung und ihre Grenzen*
- 137 Was ist ein Personenkilometer
- 139 Ohne Lkw keine vollen Läden
- 140 Jeder einen eigenen Pkw?

DDR 3,- M

ab 10J.

Dem Auto gehört das Interesse vieler junger Menschen. Aber nur wenige wissen genauer, was in seinem Motor und Getriebe vor sich geht. Dieses Buch behandelt die Technik des Kraftfahrzeugs und erzählt aus dessen Geschichte.

