

## 1.1 Transportaufgabe

Das Nutzfahrzeug als Lastkraftwagen oder Lastzug hat die Aufgabe, eine Nutzlast mit möglichst geringem Aufwand über kürzere oder längere Strecken von Haus zu Haus zu transportieren. Die Vorgaben des Gesetzgebers in Form der deutschen Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) und die Vorschriften der EU beziehen sich nicht nur auf die Abmessungen und Gewichte, sondern auch auf die Emissionen des Dieselmotors. Um allen Transportaufgaben gerecht zu werden, bieten die Hersteller Transporter, Lastkraftwagen, Zugmaschinen, Auflieger, Anhänger und branchengerechte Aufbauten in großer Vielfalt an. Die wesentlichen Transportaufgaben sind:

- leichter urbaner und regionaler Verteilerverkehr mit Transportern
- schwerer Verteilerverkehr mit Solo-Lkw und leichten Sattelzügen
- nationaler Fernverkehr mit Lastzügen mit mittlerer Motorleistung
- internationaler Fernverkehr mit 40-t-Sattelzügen mit hoher Motorleistung und Fahrerhäusern mit hohem Komfort und Kommunikationsmöglichkeiten über Satelliten; Gliederzüge spielen eine untergeordnete Rolle
- kombinierter Verkehr mit speziellen Waggons als „Rollende Landstraße“ (Rola) für komplette Lastzüge oder durch Umsetzen der Ladungsträger auf spezielle Waggons
- Baustellenfahrzeuge mit Kippaufbau oder z. B. Betonmischaufbauten mit zwei bis fünf Achsen als Solo-Fahrzeuge oder Lkw mit Tandemachsanhänger; für erschwerten Betrieb mit Antrieb auf mehrere Achsen

Das Fahrgestell eines Nutzfahrzeuges ist universell, erst durch branchen- oder ladungsgerechte Aufbauten und eventuell Ladeeinrichtungen wird es spezialisiert. Für den Vor- und Nachlauf zu den Terminals des kombinierten Verkehrs werden Containerchassis als

Auflieger oder Anhänger für übliche Container bis 45' und für genormte Wechselaufbauten angeboten.

Transport und Logistik sind die Stützen einer wachsenden Weltwirtschaft und zugleich Schrittmacher einer fortschreitenden Globalisierung von Produktion und Wirtschaft. Das Nutzfahrzeug, selbst schon ein Produkt globalisierter Forschung, Entwicklung und Produktion, trägt und prägt den Globalisierungsprozess.

Bei allen Vorteilen, die der Güterverkehr auf der Schiene bieten kann, bleibt der grenzüberschreitende Verkehr durch mehrere Stromsysteme, verschiedene Spurweiten und unterschiedliche Sicherungssysteme gegenüber dem Lkw im Nachteil.

Am Transport der Güter des täglichen Bedarfs (Konsumgüter) wie auch der Investitionsgüter sind Fahrzeuge beteiligt, die sich zu Wasser, auf dem Land (Schiene und Straße) oder in der Luft bewegen. Die Wahl des für eine konkrete Transportaufgabe geeignetsten Verkehrsmittels ist vom Transportweg, der angestrebten Transportzeit, dem Ausbau des betreffenden Transportwegesystems, den Abmessungen und dem Gewicht des Transportgutes und vor allem den entstehenden Transportkosten abhängig. Unter Abwägung dieser Kriterien wählt der Auftraggeber oder der von diesem beauftragte Spediteur ein einzelnes oder eine Kombination aus mehreren Transportmitteln aus.

Für den Transport schwerer und großvolumiger Fracht über große Entfernungen sind aufgrund eines geringen spezifischen Energieverbrauchs wie auch niedriger spezifischer Transportkosten *Wasserfahrzeuge* am geeignetsten. Die niedrigen Transportgeschwindigkeiten erfordern allerdings erhebliche Frachtzeiten. Da die zur Verfügung stehenden Verkehrswege (Meere, Seen, große Flüsse, Kanäle) geographisch bedingt begrenzt sind, muss in der Regel auf andere Verkehrsmittel umgeschlagen werden.

*Schienenfahrzeuge* nutzen ein festes Gleiswegenetz, das aber nur für die wenigsten Transportaufgaben (Firmen mit Gleisanschluss) ausschließlich genutzt werden kann. Darüber hinaus sind ländliche Gebiete wie auch Gebirge selten durch die Bahn erschlossen. Die maßlichen Beschränkungen für das Transportgut ergeben sich durch das Bahn-Verladeprofil C22. Da die Bahn aus ökonomischen Gründen große Transporteinheiten (Züge) bildet, sind die Transportzeiten trotz der höheren Geschwindigkeiten größer als bei reinem Straßentransport, da durch Rangieraufgaben und den Umschlag auf Straßenfahrzeuge zeitliche Einbußen entstehen.

*Straßenfahrzeuge* profitieren in erster Linie vom weit und engmaschig ausgebauten Straßenverkehrswegenetz. Kurze Transportzeiten und die Möglichkeit, „just in time“ zu liefern, sind das oft entscheidende Argument im Vergleich zum Transport auf der Schiene. Belastend auf Mensch und Umwelt wirken sich die insbesondere durch den gewerblichen Güterfernverkehr verursachte hohe Verkehrsdichte auf den Autobahnen und Bundesstraßen, Abgasbelastigung und Umweltschädigung wie auch der hohe Bedarf an Verkehrsflächen aus.

*Luftfahrzeuge* (Flugzeuge) sind bezüglich kürzester Transportzeiten über große Entfernungen unschlagbar. Sie werden allerdings nur dort eingesetzt, wo die hohen spezifischen Transportkosten in angemessener Relation zum Warenwert stehen oder leicht verderb-



**Abb. 1.1** „CargoRoo Trailer“ (ADtranz)

liche Waren kurze Transportzeiten zwingend erfordern. Als attraktives Transportmittel für besonders schwere und großvolumige Lasten sehen zukunftsweisende Konzepte das Luftschiff an.

*Straße-Schiene-Transportkonzepte* sind mit weniger als 10% am Gütertransport in Deutschland beteiligt. Um den kombinierten Verkehr attraktiv zu machen, sind besondere technische und logistische Konzepte entwickelt worden. Abbildung 1.1 zeigt das mobile Umschlagsystem „CargoRoo Trailer“. Dieses basiert auf Eisenbahnwagen mit bordeigenen Lafetten als Umschlageinrichtungen und dem Sattelanhänger als einheitlichem Straßenfahrzeug. Statt Umschlaganlagen wird lediglich ein Gleis und beiderseits Fahrbahnen für die Sattelkraftfahrzeuge benötigt.

---

## 1.2 Entwicklungsschritte des Nutzfahrzeugs

Der Lastkraftwagen blickt auf mehr als 100 Jahre Entwicklungszeit zurück [1]. Zunächst mussten Antriebskomponenten des Personenkraftwagens übernommen werden, bis eine eigenständige Lkw-Technik, vorläufig noch mit Antrieb durch einen Ottomotor, entstand.

**Abb. 1.2** Mercedes-Benz-Dieselmotor OM 471 als Reihensechszylinder mit Abgasturboladung und Ladeluftkühler wird in Deutschland, in den USA (Detroit Diesel) und Japan (Fuso) für schwere Lkw mit Zulassung nach Euro 6 gebaut. (Daimler AG)



Karl Benz verfolgte in Gaggenau die Entwicklung eines Dieselmotors für Lastkraftwagen und konnte 1923 den ersten Lkw der Welt mit Vierzylinder-Dieselmotor vorstellen. Der Motor arbeitete nach dem von Prosper L'Orange entwickelten Trichtersystem für die Einspritzung des Kraftstoffs. Die MAN hatte 1923 auch schon einen leichten Dieselmotor fertig, aber erst 1924 stellte sie einen Lkw mit diesem Dieselmotor vor.

Nur mit dem wirtschaftlich arbeitenden Dieselmotor mit hoher Lebensdauer sind Lkw und Lastzüge als Stützen logistischer Systeme denkbar; er bietet immer noch Potenziale für weitere Fortschritte in der Verbrennungsentwicklung. Gegen die zahlreichen Varianten der Einspritzverfahren, zum Beispiel Vorkammerverfahren, Wälzkammer- und Luftspeicherverfahren setzte sich die von der MAN von Anfang an angewandte Direkteinspritzung durch.

Die Verbrennungsentwicklung, verbunden mit steigenden Einspritzdrücken bis 3000 bar, ermöglicht niedrigen Kraftstoffverbrauch mit immer geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Einige Hersteller bieten bereits Motoren nach Euro 6 an (Abb. 1.2).

Nachdem der Gesetzgeber den Lastkraftwagen mit vier Achsen und 32 t Gesamtgewicht (in Deutschland viel zu spät) zugelassen hatte, geht die Entwicklung vielachsiger Fahrgestelle für Sonderaufbauten weiter (Abb. 1.3). Mit derzeit sieben Achsen dürfte ein Maximum erreicht sein. Diese Fahrgestelle verwenden Komponenten aus der Serie und sind daher preiswert realisierbar. In einigen Fällen sind schwere Kranfahrgestelle ersetzbar und das „Baukastensystem“ heutiger Nutzfahrzeugtechnik lässt mehr Spielraum für individuelle Lösungen.

In gleichem Maß trifft das auch für Schwerlastzugmaschinen zu, die speziell in den Bauformen 6 × 4 und 8 × 4/4 dank der verfügbaren leistungsstarken Motoren und Getriebe nicht mehr als Sonderbauform gefragt sind.

Komfort und Sicherheit sind nicht trennbar und so mutierte die primitive Kabine zum komfortablen Fahrerhaus, das dank Telematik dem Fahrer überall eine Kommunikation



**Abb. 1.3** Fünfachsiges Fahrwerk mit 5. Achse als gelenkte Nachlaufachse für Sonderaufbauten (Daimler AG)

mit der Zentrale, der Frachtbörse oder einer Werkstatt ermöglicht. Insgesamt werden an das heutige Nutzfahrzeug folgende Anforderungen gestellt:

- Hohe aktive und passive Sicherheit
- Hohe Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit
- Ölwechselintervalle im Fernverkehr von mehr als 100.000 km und geringe Standzeiten durch Werkstattaufenthalte
- Konkurrenzfähigkeit im globalen Wettbewerb
- Optimale Schonung von Fahrwerk, Ladung und Straße
- Zuverlässigkeit in allen Klima- und Wetterbedingungen

### 1.2.1 Einfluss von Rahmenbedingungen

Durch den Ausbau der Autobahnen zu einem zusammenhängenden Netz erstrebten die Transportunternehmer mehr Nutzlast und größere Länge, weil dadurch das Verhältnis von Nutzlast zu Eigengewicht verbessert und der Kraftstoffverbrauch relativ gesenkt werden kann. Der Gesetzgeber setzte aber im Interesse eines flüssigen Verkehrs aller Fahr-



**Abb. 1.4** Untermotorisierter Lastzug 1936 von Henschel/Kässbohrer mit 125-PS-Dieselmotor, 34 t Gesamtgewicht (3,7 PS/t) (Karl Kässbohrer GmbH)

zeugarten Grenzen. Der ursprüngliche Lastzug mit 35 t Gesamtgewicht und 22 m Länge (Abb. 1.4) entwickelte sich ab 1965 zum neuen Lastzug mit 38 t Gesamtgewicht und 18,75 m Länge mit Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h. Das später auf 40 t erhöhte Gesamtgewicht ist durch bessere Fahrwerke mit geringerer dynamischer Belastung der Straße, vor allem durch die bei Lastwagen und Anhängern vorwiegend verwendete Luftfederung, gerechtfertigt.

Die Längenbegrenzung von 22,5 auf 18,75 m brachte einschneidende Änderungen:

- Der vorgebaute Motor wurde unter das Frontlenkerfahrerhaus verlegt
- Reihenmotoren waren nur beschränkt nutzbar, es entstanden für höhere Motorleistungen die kürzeren V-Motoren
- Der fünfsachsige Sattelzug löst zunehmend die Lastzüge mit Anhänger ab

Das kippbare Fahrerhaus erlaubte den Zugang zum Motor. Der Standardlastzug mit zweiachsigem Motorwagen und dreiachsigem Anhänger wich international mehr und mehr dem Sattelzug mit zweiachsiger Zugmaschine und dreiachsigem Auflieger als betriebswirtschaftlich optimale Lösung; die Trennung von Antrieb und Nutzlast erhöht die Flexibilität des Fuhrparks, da die Zahl der Zugmaschinen niedriger sein konnte als die der Auflieger.

Die Zeit der untermotorisierten Lastzüge endete mit der Einführung der Formeln 6 PS/t und später 8 PS/T. Parallel zu dem Entstehen der Europäischen Union (EU) wurden Empfehlungen, Vorschriften und Gesetze verabschiedet, die für den grenzüberschreitenden Verkehr in Europa verbindlich sind. Sie betreffen nicht nur Maße und Gewichte, sondern auch Geräuschabstrahlung nach Außen einer Begrenzung gasförmiger und fester Emissionen und, beginnend mit Euro 0. Heute ist Euro 5 verbindlich und die Hersteller der Motoren sind bereits auf Euro 6 eingestellt.

### 1.2.2 Antrieb und Fahrleistung

In den 1930er Jahren standen für 35-t-Lastzüge Dieselmotoren mit 125–150 PS (92–110 kW) zur Verfügung; die spezifische Antriebsleistung betrug damit 3,6 bis 4,3 PS/t (Abb. 1.4). Die Höchstgeschwindigkeiten auf ebener Fahrbahn betragen für Lastzüge höchstens 60 km/h und auf leichten Steigungen trat bereits ein erheblicher Geschwindigkeitsverlust ein. Die Getriebe verfügten über nur vier Gänge und hatten allenfalls einen so genannten Schnellgang zur Herabsetzung der Motordrehzahl bei hoher Dauergeschwindigkeit.

Da der Gemischtverkehr mit Personen- und Lastwagen ständig zunahm, wurde zunächst die Vorschrift 6 PS/t und bald 8 PS/t eingeführt. Für den 38-t-Lastzug waren damit Motorleistungen von 228 PS (168 kW) und 304 PS (224 kW) Voraussetzung. In dieser Zeit wuchs die Erkenntnis, dass der Drehmomentverlauf des Motors eine wichtigere Rolle spielte als die Motorleistung und das wiederum führte zu Lösungen mit Aufladung und Ladeluftkühlung einerseits und andererseits zur Entwicklung von Getrieben mit feiner Abstufung durch 12 bis 16 Gangstufen. Die vielstufigen Getriebe ließen dem Unternehmer die Wahl, entweder mit schwächerer Motorisierung aber viel Schaltarbeit wirtschaftlich zu fahren oder mit hoher Motorisierung und wenig Schaltarbeit kürzere Umlaufzeiten seiner Lastzüge zu erreichen. Der Gesetzgeber hat hier wiederum die Innovationen geweckt, die sonst aus Kostengründen erst später wirksam geworden wären.

Im Leistungsbereich bis ca. 400 kW werden nun durchweg Reihensechszylindermotoren verwendet, nur im höheren Bereich bis ca. 500 kW werden von MAN, Mercedes-Benz und Scania noch Motoren in V-Form gebaut (Abb. 1.5). Ganz aus der Reihe fällt der Sechszylindermotor von Volvo mit maximal 552 kW. Der Gewinn an Fahrleistung durch derart hohe Motorleistung ist bei den heutigen Belastungen der Fernstrecken umstritten, aber für den Schwerlastbereich sinnvoll.

Beachtlich ist die Auswirkung der stetigen Leistungssteigerung auf Durchschnittsgeschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch bei den 38-t- und 40-t-Zügen auf gemischter Rundstrecke, getestet durch das Magazin „lastauto omnibus“. 1966 lag der erzielbare Geschwindigkeitsdurchschnitt bei knapp unter 50 km/h bei einem Verbrauch von ca. 51 l/100 km. Die Geschwindigkeit erhöhte sich bis 1986 auf ca. 65 km/h bei gleichzeitig gesunkenem Verbrauch auf ca. 36 l/100 km. Der Trend setzte sich fort und nähert sich asymptotisch der Grenze von 70 km/h und einem Verbrauch von unter 30 l/100 km. Und das bei gesunkener physischer Belastung des Fahrers durch elastische Motoren und halbautomatische Getriebe.

Das Nutzfahrzeug hat aus dem Gedanken an Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit heraus eine Rolle als Vorreiter für entsprechende Entwicklungen im Bau von Personenkraftwagen übernommen. Der Abgasturbolader mit Ladeluftkühlung bescherte dem Pkw-Dieselmotor bereits deutliche Fortschritte.



**Abb. 1.5** Schwerlastzugmaschine Actros-SLT (8×4/4) mit V8-Motor mit 480 kW. Zusatzkühlanlage hinter dem Fahrerhaus (E. Hoepke)

### 1.2.3 Elektronik gewinnt stetig an Bedeutung

Ebenso richtungweisend zeigt sich die elektronische Dieselregelung, die durch Abkoppeln des Gaspedals von dem Einspritzsystem ein Fahren im optimalen Bereich des Motorkennfeldes ermöglicht und zugleich unerwünschte Emissionen einschränkt. Durch gezielte Voreinspritzung des Kraftstoffs wird die Verbrennung verbessert und die Geräuschentwicklung vermindert. Elektronisch geregelte Aufladesysteme tragen zu besserem Drehmomentverlauf ebenso bei wie zu wirtschaftlicherer Fahrweise.

Die elektronischen Assistenzsysteme zur Entlastung des Fahrers und zur Steigerung der Sicherheit erreichten einen hohen Standard. Obwohl der Gewinn an aktiver Sicherheit hoch ist, finden die Systeme nur zögernd Eingang; der Gesetzgeber müsste europaweit die Einführung vorgeben, vor allem, um die mit hohem materiellem Schaden und oft mit Todesfolge verbundenen Auffahrunfälle zu vermeiden. Mit Hilfe des Spurassistenten wird das Fahrzeug auf Kurs gehalten.

Die Entwicklung weiterer Systeme ist noch im Gang. Dazu gehören Fußgängererkennung, Kommunikation der Fahrzeuge untereinander und weitere Verbesserungen des Fahrlichts und der Rundumbeleuchtung der Fahrzeuge bei Nacht. Versuche mit einer Kommunikation zwischen Verkehrsampeln und Fahrzeug mit automatischer Bremsung bei Rotlicht ist noch Zukunft. Ohne Erfolg blieben bisher Systeme, den Grad der Wachheit des Fahrers zu ergründen, aber selbst wenn es gelänge, der Fahrer wird immer das



**Abb. 1.6** Volumenzug „long truck“ von Kögel mit einer Länge von 25,25 m. Zunächst als Praxisversuch mit 40 t Gesamtgewicht zugelassen (Kögel)

schwächste Glied in der Kette bleiben. Die Elektronik weist im Bau von Kraftfahrzeugen die größten Zuwachsraten auf und wird mehr und mehr Einfluss auf das Verkehrsgeschehen ermöglichen.

#### 1.2.4 Ausblick

Der Dieselmotor hat immer noch Potenzial zur Weiterentwicklung. Später als noch vor wenigen Jahren angenommen, wird der emissionsfreie Antrieb mit einer Brennstoffzelle andere Antriebe ersetzen, vorausgesetzt, dass eine emissionsfreie Gewinnung des Brennstoffs hierfür realisiert ist. Hybridantriebe sind sicher eine Zwischenlösung; sie sind bereits auch für schweren Lkw anwendbar, das Kostenproblem ist noch im Vordergrund, vor allem durch die Batterie.

Frühere Versuche, die Bremsenergie durch Speichern von Hydrauliköl zurück zu gewinnen, werden wieder aus der Schublade geholt, um das Batterieproblem zu umgehen. Eine endgültige Lösung ist derzeit nicht zu sehen. In allen Fällen alternativer Antrieb kommt der Elektronik eine Schlüsselrolle zu.

Der Nutzen eines Lkw wird maßgeblich von den Kosten bestimmt. Die Anschaffungskosten betragen nur ca. 15 % der gesamten Betriebskosten, Sicherheitstechnische Fortschritte führen sich aber nur dann ein, wenn sie gesetzlich verankert werden. Ein Weg zur Minimierung der Kosten durch eine andere Betriebsweise liegt in der Bildung längerer Lastzüge mit einer Länge von 25,25 m, theoretisch mit Erhöhung des Gesamtgewichts auf 60 t. Der Gewinn liegt in der höheren Ladekapazität ohne eine proportionale Steigerung der Fahrwiderstände. Das Gesamtgewicht solcher Züge bleibt auf 40 t begrenzt (Abb. 1.6).

Die Investitionen sinken, da ein größerer Teil des Eigengewichts und der Ladekapazität auf Anhänger entfällt, ohne dass die Kosten des Lkw oder der Zugmaschine steigen. Noch ist diese Lastzugattung umstritten und in der StVZO noch nicht vorgesehen.



**Abb. 1.7** Designstudie Aerotrailer spart im Jahr ca. 2000 Liter Dieselmotorkraftstoff und mehr als 5 t CO<sub>2</sub> (Daimler AG)

Der fahrerlose Betrieb von schweren Lkw für innerbetriebliche Zwecke, verbunden mit automatischer Be- und Entladung, ist Realität. Ein fahrerloser Betrieb auf öffentlichen Straßen ist nicht vorstellbar, aber eine Führung des Lkw durch Leitkabel in größeren Betriebshöfen und in Tunnelstrecken zur Erhöhung der Sicherheit ist denkbar.

Zusammenfassend betrachtet, werden der Lkw und der Lastzug der Zukunft diese Merkmale haben:

- Höchste Wirtschaftlichkeit durch hochentwickelte Dieselmotoren im Fernverkehr
- Größte Umweltverträglichkeit durch Hybridantriebe im Verteilerverkehr
- Große aktive Sicherheit durch Anwendung aller elektronischen Sicherheitssysteme
- Weitere Optimierung der Aerodynamik (Abb. 1.7), um den Verbrauch zu mindern
- Reibungsminimierung im Antriebsstrang und Minderung des Rollwiderstands durch neue Reifenkonzepte

Alle diese Punkte gewinnen für die geplante Einführung längerer Lastzüge für Volumentransporte besondere Bedeutung, um mit den derzeitigen Motorleistungen gleiche Wirtschaftlichkeit ohne größere Umweltbelastung und größere Verkehrsgefährdung zu erreichen.

Für Einführung der Brennstoffzelle mit Elektroantrieb und Bremsenergieerückgewinnung kann trotz großer Fortschritte noch kein Zeitplan erstellt werden.

## 1.3 Rechtliche Grundlagen, Vorschriften, Normen

### 1.3.1 Rechtliche Grundlagen

Das Straßenverkehrsgesetz (StVG) bildet die Rechtsgrundlage für den Bau und den Betrieb von Kraftfahrzeugen. § 1 StVG bestimmt die Zuständigkeit für deren Zulassung. § 6 StVG ermächtigt den Bundesminister für Verkehr zum Erlass von Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften, welche deren Beschaffenheit, Ausrüstung, Prüfung und Kenntlichmachung betreffen.

Auf einer solchen Ermächtigung beruht die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO). Die §§ 16 bis 29 regeln Fragen der Zulassung und der regelmäßigen Untersuchung. Für den Fahrzeugkonstrukteur sind die in den §§ 30 bis 67 aufgeführten Bau- und Betriebsvorschriften besonders wichtig. Sie werden ständig dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Ältere, bereits im Verkehr befindliche Fahrzeuge sind durch die in § 72 StVZO ausgeführten Übergangsvorschriften teilweise von der Anpassungspflicht auf die aktuelle Verordnungslage entbunden oder es wird eine angemessene Frist für eine entsprechende Umrüstung eingeräumt. In vielen Textstellen wird auf weitere, im Anhang aufgeführte Bestimmungen verwiesen. Diese sind ausnahmslos in verbindlich nationales Recht umgesetzte EU-Richtlinien.

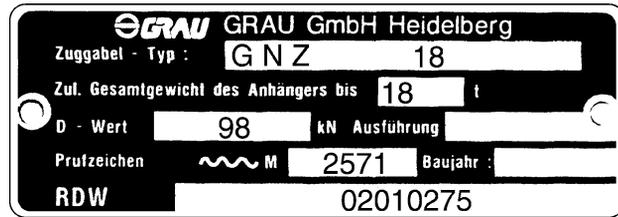
Die Fahrzeugteileverordnung (FzTVO) beruht auf § 22a StVZO, wonach bestimmte Einrichtungen an Kraftfahrzeugen in einer amtlich genehmigten Bauart ausgeführt sein müssen.

Allgemeine Grundsätze, insbesondere solche zur sicherheitstechnischen Gestaltung von Kraftfahrzeugen, werden in § 30 StVZO (*Beschaffenheit der Fahrzeuge*) formuliert:

- Niemand soll geschädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet, behindert oder belästigt werden.
- Die Insassen sollen insbesondere bei Unfällen vor Verletzungen möglichst geschützt sein und das Ausmaß und die Folgen von Verletzungen sollen möglichst gering bleiben.
- Fahrzeuge müssen in straßenschonender Bauweise hergestellt sein.
- Fahrzeugteile, die für die Verkehrs- und Betriebssicherheit wichtig sind und die besonders leicht abgenutzt oder beschädigt werden können, müssen einfach zu überprüfen und leicht auswechselbar sein.

Die in § 30 StVZO genannten allgemeinen Gestaltungsgrundsätze werden durch zahlreiche, im Verkehrsblatt (Amtsblatt des Bundesverkehrsministeriums) veröffentlichte Richtlinien und Merkblätter konkretisiert [7]. Auszugsweise seien hier genannt: Zulässige Messwertabweichungen bei Fahrzeugprüfungen (Toleranzkatalog); Richtlinien für die Verbindung zwischen Container und Fahrzeug; Richtlinie über die Gestaltung und Ausrüstung der Führerhäuser; Merkblatt über Aufbauten von Viehtransportfahrzeugen; Sicherung von hydraulisch wirkenden Kippeinrichtungen sowie von Hub- und sonstigen Arbeitsgeräten.

**Abb. 1.8** Prüfzeichen für Bauartgenehmigung durch das Kraftfahrt-Bundesamt (Grau GmbH)



Fahrzeugteile, die für die Verkehrs- und Betriebssicherheit eines Fahrzeuges von besonderer Bedeutung sind, unterliegen nach § 22a StVZO der *Bauartgenehmigungspflicht*. Hierunter fallen unter anderem kraftstoffbetriebene Heizungen, Gleitschutzeinrichtungen, Scheiben aus Sicherheitsglas, Auflaufbremsen, Verbindungseinrichtungen zwischen Fahrzeugen, sämtliche lichttechnischen Einrichtungen, Fahrtschreiber und Sicherheitsgurte. Dabei ist es gleichgültig, ob diese Teile an zulassungspflichtigen oder zulassungsfreien Fahrzeugen verwendet werden und der Einbau vorgeschrieben ist oder freiwillig vorgenommen wurde (z. B. Einbau zusätzlicher Bremsleuchten).

Die Anforderungen, welche bauartgenehmigungspflichtige Teile erfüllen müssen, sind in den „Technischen Anforderungen an Fahrzeugteile bei der Bauartprüfung nach § 22a StVZO“ (veröffentlicht im Amtsblatt des Bundesverkehrsministeriums) enthalten. Die Fahrzeugteilverordnung (FzTVO), die das Verwaltungsverfahren über die Prüfung und Kennzeichnung bauartgenehmigungspflichtiger Fahrzeugteile regelt, unterscheidet:

- Allgemeine Bauartgenehmigung für die Bauart eines Typs für reihenweise zu fertigende Einrichtungen
- Bauartgenehmigung im Einzelfall für einzeln zu fertigende Einrichtungen

Für die allgemeine Bauartgenehmigung ist ein Antrag beim Kraftfahrt-Bundesamt nötig, der vom Hersteller, einem vom Hersteller Beauftragten oder im Falle von Importfahrzeugteilen von einem Händler mit ausschließlicher Vertriebsberechtigung gestellt werden kann. Ein Doppel des Antrags, zwei Muster der zu prüfenden Einrichtung, eine Typenbezeichnung und Funktionsbeschreibung, eine maßstäbliche Zusammenstellungszeichnung, Angaben zu den zugeordneten Fahrzeuggewichten (z. B. bei Zugeinrichtungen) und über die verwendeten Werkstoffe sind der zuständigen Prüfstelle einzureichen. Nach Erstellung des Gutachtens durch die Prüfstelle entscheidet das Kraftfahrt-Bundesamt. Es erteilt die Bauartgenehmigung und vergibt das Prüfzeichen (Abb. 1.8), das aus einer Wellenlinie von drei Perioden, der Prüfnummer und einem vor dieser Nummer anzubringenden Unterscheidungsbuchstaben der Prüfstelle besteht.

Die Beantragung und Erteilung einer Bauartgenehmigung im Einzelfall ist wesentlich unkomplizierter. Sie wird unter Vorlage des Gutachtens eines amtlich anerkannten Sachverständigen für den Kraftfahrzeugverkehr bei der zuständigen Verwaltungsbehörde beantragt. Die Erteilung erfolgt durch den Vermerk „Einzelgenehmigung erteilt“ auf dem Gutachten.

Nach § 18 StVZO dürfen Kraftfahrzeuge mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 6 km/h und deren Anhänger auf öffentlichen Straßen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie durch Erteilung einer *Betriebserlaubnis* und durch Zuteilung eines amtlichen Kennzeichens von der Verwaltungsbehörde (Zulassungsstelle) zum Verkehr zugelassen sind.

Für reihenweise zu fertigende Fahrzeuge kann die Betriebserlaubnis dem Hersteller nach Antrag beim Kraftfahrt-Bundesamt und der Prüfung durch eine beauftragte Prüfstelle allgemein erteilt werden (§ 20 StVZO). Für einzeln zu fertigende Fahrzeuge muss der Hersteller die Betriebserlaubnis bei der Verwaltungsbehörde beantragen und einen Fahrzeugbrief vorlegen, in dem ein amtlich anerkannter Sachverständiger bescheinigt haben muss, dass das Fahrzeug richtig beschrieben ist und den geltenden Vorschriften entspricht (§ 21 StVZO).

Im Fall von Veränderungen an einem bereits zugelassenen Fahrzeug erlischt die Betriebserlaubnis, wenn Teile des Fahrzeugs verändert werden, deren Beschaffenheit vorgeschrieben ist oder deren Betrieb eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer bedeuten kann (§19 StVZO). Beispielkataloge [7] beschreiben detailliert, welche Fahrzeugveränderungen zum Erlöschen der Betriebserlaubnis führen.

Mit dem 1. Januar 1993, der Verwirklichung des EG-Binnenmarktes, ist die Allgemeine Betriebserlaubnis für Fahrzeuge in allen EG-Mitgliedsstaaten auf eine neue rechtliche Grundlage gestellt worden. Die entsprechenden Richtlinien 92/53/EWG und 70/156/EWG gestatten außereuropäischen Fahrzeugherstellern den Verkauf von Fahrzeugen in allen Mitgliedsstaaten, wenn die EU-Betriebserlaubnis (Typengenehmigung) einer Genehmigungsbehörde in einem der Mitgliedsstaaten erteilt wurde.

### 1.3.2 Nationale Normen, Vorschriften und Richtlinien

Der Normenausschuss (FAKRA) im Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) führt für alle Kraftfahrzeuge nach DIN 70010 sowie deren Anhängern Normungsaufgaben bezüglich Vereinbarkeit, Austauschbarkeit und Sicherheit durch. Dabei ist es gleichgültig, ob diese mit Verbrennungsmotoren, Elektromotoren oder Hybridantrieben ausgerüstet sind. Weiter dazu gehört auch die Normung der gesamten Ausrüstungen vorstehend genannter Fahrzeuge und deren Aufbauten sowie von Containern. Das fünfbandige FAKRA-Handbuch [8] enthält über 700 DIN-Normen und Norm-Entwürfe, bei denen der Normenausschuss Kraftfahrzeuge Haupt- oder Mitträger ist:

- Band 1: Allgemeine Kfz-Technik
- Band 2: Motoren und Triebwerkteile
- Band 3: Räder und Reifen
- Band 4: Bremsausrüstungen
- Band 5: Elektrische Ausrüstung

Auf der Rechtsgrundlage des siebten Sozialgesetzbuches (SGB VII) ist jeder Unternehmer Mitglied einer Berufsgenossenschaft, wobei die Zuordnung sich nach dem Produkt richtet, welches das Unternehmen herstellt. Für Fahrzeugbaubetriebe sind das in der Regel die Metallberufsgenossenschaften.

Entsprechend ihrer Aufgabe, mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren zu sorgen, sind die Berufsgenossenschaften ermächtigt, als autonomes Recht *Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit* (BG-Vorschriften) [9] zu erlassen und die Betriebe auf derer Einhaltung hin zu überprüfen. Für den Fahrzeugbau sind relevant: BGV A1 (Allgemeine Vorschriften, früher VGB 1); BGV C27 (Müllbeseitigung, früher VBG 126); BGV D4 (Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen, früher VBG 20); BGV D6 (Krane, früher VBG 9); BGV D8 (Winden, Hub- und Zugeräte, früher VBG 8); BGV D29 (Fahrzeuge, früher VBG 12).

Relevante *Unfallverhütungsvorschriften*, welche überwiegend Beschaffenheitsanforderungen enthalten, sind VBG 5 (Kraftbetriebene Arbeitsmittel) sowie VBG 14 (Hebebühnen).

Weitere berufsgenossenschaftliche Schriften (früher ZH-1-Schriften) sind die so genannten *Berufsgenossenschaftlichen Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit* (BGR), einer Zusammenstellung von Inhalten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, BG-Vorschriften, technischen Spezifikationen oder berufsgenossenschaftlichem Erfahrungsgut sowie die *Berufsgenossenschaftlichen Informationen* (BGI) und die *Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze* (BGG).

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat in Zusammenarbeit mit Fachleuten aus Industrie, Güterkraftverkehr, Berufsgenossenschaften und TÜV sowie Fahrzeug- und Aufbauherstellern *VDI-Richtlinien* zur Sicherung von Ladungen auf Straßenfahrzeugen erarbeitet (siehe Abschn. 5.5): Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen (Richtlinie VDI-2700), Zurrmittel (Richtlinie VDI-2701), Zurrkräfte (Richtlinie VDI-2702).

Der Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. ist Herausgeber zahlreicher Merkblätter [10] (*VdTÜV-Merkblätter*) zu Fragen der technischen Sicherheit. Die Merkblätter zum Kraftfahrwesen befassen sich unter anderem mit Verbindungseinrichtungen (Nr. 712), der Prüfung von Druckluftbremsanlagen (Nr. 742 und Nr. 754) und der Sicherung von Schraubenverbindungen (Nr. 1).

Von brennbaren Flüssigkeiten als auch unter Druck stehenden Gasen gehen besondere Gefahren aus. Wichtige Regelwerke, die sich mit den Anforderungen bezüglich Lagerung und Transport dieser Medien befassen, sind: Gerätesicherheitsgesetz (GSG), Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE), Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF), Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF), Druckbehälterverordnung (DruckbehV), Technische Regeln Druckbehälter (TRB).

**Regelung Nr. 13**

Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge  
hinsichtlich der **Bremsen**

Anwenderstaat	Datum	Zust. Behörde	Zust. Techn. Dienst
E 1 Deutschland	29.11.1980	1/A	1/F u. 1/S
E 2 Frankreich	21. 7.1980	2/C	2/C u. 2/E
E 3 Italien	1. 6.1970	3/A a u. b	3/B a bis h
E 4 Niederlande	1. 6.1970	4/A	4/A
E 5 Schweden	—	—	—
E 6 Belgien	11.10.1976	6/A	6/A
E 7 Ungarn	18.10.1976	7/A	7/C u. 7/F
E 8 Tschechoslowakei	18. 9.1982	8/A	8/C
E 9 Spanien	6. 2.1989	9/A	9/D
E 10 Jugoslawien	5. 1.1985	10/A	10/A
E 11 Vereinigtes Königreich	30.11.1979	11/A	11/A
E 12 Österreich	—	—	—
E 13 Luxemburg	1.10.1983	13/A	13/B b u. c
E 14 Schweiz	—	—	—
E 16 Norwegen	—	—	—
E 17 Finnland	—	—	—
E 18 Dänemark	—	—	—
E 19 Rumänien	5. 6.1981	19/A	19/E
E 20 Polen	—	—	—
E 21 Portugal	—	—	—
E 22 UdSSR	17. 2.1987	22/A	22/B

**Abb. 1.9** Übersicht über die Vertragsparteien der ECE-Regelung Nr. 13 (aus [11])

Die zuständige Genehmigungsbehörde für die Bundesrepublik Deutschland ist das Kraftfahrt-Bundesamt in Flensburg (1/A), die zuständigen Technischen Dienste die Abgasprüfstelle beim Rheinisch-Westfälischen Technischen Überwachungsverein e.V. in Essen (1/F) und die Technische Prüfstelle beim Kraftfahrzeug-Überwachungsverein e.V. in Dresden (1/S).

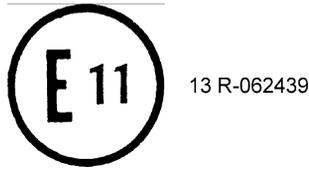
**1.3.3 Internationale Richtlinien**

Der internationale Warenaustausch – hier der Export und Import Fahrzeugen und Fahrzeugteilen – wird immer dann schwierig sein, wenn innerhalb der in Handelskontakt stehenden Staaten Rechtsvorschriften mit unterschiedlichen Anforderungen bestehen. Mit dem wirtschaftlichen und politischen Zusammenwachsen Europas lag es nahe, die technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge und deren Anhänger anzugleichen und Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, auf der Basis gemeinsam erarbeiteter Vorschriften Genehmigungen zu erteilen und diese gegenseitig anzuerkennen.

Mit der Harmonisierung der Vorschriften für Fahrzeuge befassen sich die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (ECE) sowie die Europäische Union (EU), früher Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG).

*ECE-Regelungen* enthalten Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen. Die nationale Inkraftsetzung dieser Regelungen ist den Vertragsstaaten freigestellt. Von diesen Regelungen hat das Bundesministerium für Verkehr im Rahmen der Ermächtigung des § 6 StVG bislang 126 durch Rechtsverordnung ohne Zustimmung des Bundesrates national in Kraft gesetzt (Abb. 1.9).

Das Prüfzeichen der nach ECE genehmigten Fahrzeugteile besteht aus einem Kreis, in dessen Innerem sich der Buchstabe „E“ und die Kennzahl des Staates befinden, der die



**Abb. 1.10** ECE-Genehmigungszeichen (aus [11]). Das hier gezeigte, an einem Fahrzeug angebrachte Genehmigungskennzeichen bedeutet, dass dieser Fahrzeugtyp im Vereinten Königreich (E11) nach der Regelung Nr. 13 unter der Nummer 062439 hinsichtlich der Bremsanlage genehmigt wurde.

Genehmigung erteilt hat sowie aus der Genehmigungsnummer in der Nähe dieses Kreises (Abb. 1.10).

Im nationalen Betriebserlaubnisverfahren sind ECE-Regelungen immer dann von Bedeutung, wenn sie national in Kraft gesetzt sind. § 21a StVZO führt dazu aus, dass im Verfahren auf Erteilung der Betriebserlaubnis Genehmigungen und Prüfzeichen anerkannt werden, die ein ausländischer Staat unter Beachtung der mit der Bundesrepublik Deutschland vereinbarten Bedingungen für Ausrüstungsgegenstände oder Fahrzeugteile erteilt hat.

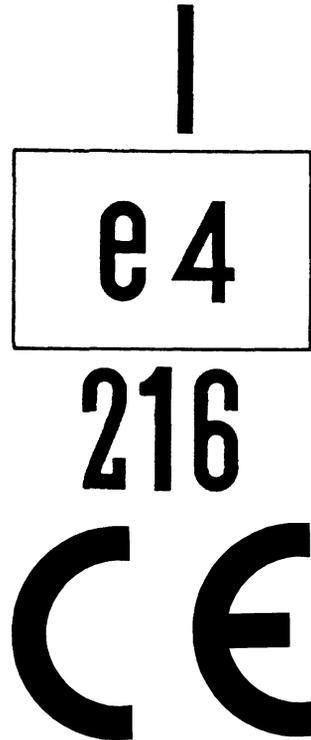
*EU-Richtlinien* (EWG-Richtlinien) enthalten Vorschriften für den Bau und die Ausrüstung von Straßenfahrzeugen innerhalb der Mitgliedsstaaten. Sie müssen bis zu einem durch die jeweilige Richtlinie festgesetzten Zeitpunkt in das geltende nationale Recht übernommen werden. Für die Bundesrepublik Deutschland müsste demnach die StVZO so erweitert werden, dass in ihr die harmonisierten Vorschriften der EU enthalten sind. Da aber durch eine volltextliche Einbindung die StVZO auf ein Mehrfaches an Umfang anwachsen würde, wird zurzeit in den §§ der StVZO nur auf mit anzuwendende EU-Richtlinien verwiesen.

EU-Richtlinien dürfen, auch wenn sie noch nicht in nationale Vorschriften umgesetzt sind, anstelle der betreffenden Vorschriften der StVZO angewendet werden.

Für Fahrzeugteile kann auf Antrag des Herstellers eine EU-Bauartgenehmigung erteilt werden. Das entsprechende Prüfzeichen besteht aus einem Rechteck, in dessen Innerem sich der Buchstabe „e“ und die Kennzahl des Mitgliedstaates befinden, der die Genehmigung erteilt hat, sowie die Bauartgenehmigungsnummer (Abb. 1.11).

Der EG-Ministerrat hat im Jahr 1989 die Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen harmonisiert. Durch die Richtlinie 89/392/EWG (*Maschinenrichtlinie*) werden verbindliche Voraussetzungen zur Vereinheitlichung des sicherheitstechnischen Standards im Bereich der Europäischen Union geschaffen, die dem Schutz der Verbraucher und Arbeitnehmer, die mit diesen Maschinen arbeiten, dienen sollen. In Deutschland ist die Maschinenrichtlinie durch eine Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (GSG) in nationales Recht umgesetzt worden und ab dem 1.1.1995 anzuwenden. Der Hersteller einer Maschine muss die Konformität mit den Bestimmungen formell erklären und diese Konformitätserklärung durch Anbringen des so genannten CE-Zeichens (CE = Commu-

**Abb. 1.11** EU-Bauartgenehmigungszeichen (aus [11]). Der Rückstrahler mit dem dargestellten EU-Genehmigungszeichen ist ein Rückstrahler der Klasse I, für den in den Niederlanden (4) unter der Nummer 216 eine Bauartgenehmigung entsprechend Richtlinie 76/757/EWG erteilt wurde.



**Abb. 1.12** CE-Zeichen

nautés Européennes) (Abb. 1.12) bestätigen. Er versichert damit, dass die betreffende Maschine allen einschlägigen Richtlinien der EU entspricht.

Im Gegensatz zum CE-Zeichen ist das GS-Zeichen (Geprüfte Sicherheit) (Abb. 1.13) ein ausschließlich deutsches Sicherheitszeichen. Es darf nur von zugelassenen Institutionen (beispielsweise berufsgenossenschaftlichen Fachausschüssen) nach einer eingehenden sicherheitstechnischen Prüfung vergeben werden. Das CE-Zeichen kann es nicht ersetzen, sondern nur ergänzen.

Der Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie erstreckt sich, wie der Name schon sagt, in erster Linie auf Maschinen. Maschinenanlagen, auswechselbare Ausrüstungen und Sicherheitsteile sind dabei den Maschinen gleichgestellt. Unter einer Maschine wird

**Abb. 1.13** GS-Zeichen (TÜV Süddeutschland)



nach Definition der Richtlinie die Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Vorrichtungen verstanden, von denen mindestens eines beweglich ist. Maschinenanlagen werden als eine Gesamtheit von Maschinen beschrieben, die als Gesamtheit angeordnet sind und auch als Gesamtheit betätigt werden und funktionieren. Auswechselbare Ausrüstungen sind solche, welche die Funktion einer Maschine ändern und vom Bedienungspersonal selbst angebracht werden können. Als Sicherheitsteile gelten alle Teile, deren Ausfall oder Fehlfunktion die Sicherheit oder Gesundheit von Personen gefährdet.

Über die Anwendung der Maschinenrichtlinie auf Fahrzeuge und ihre Aufbauten bestehen gegenwärtig teilweise noch unterschiedliche Auffassungen. Grundsätzlich sind zunächst nach Artikel 1 Abs. 3 Fahrzeuge und dazugehörige Anhänger, die ausschließlich für den Transport von Gütern auf öffentlichen Straßen konzipiert sind, vom Anwendungsbereich der Richtlinie ausgeschlossen. Dazu gehören z. B. hydraulisch betätigte Führerhauskippeinrichtungen, Ersatzradhebevorrichtungen und Sattelstützwinden.

Alle Fahrzeugteile, die jedoch nach Definition der Richtlinie Maschinen sind und nicht der Beförderung eines Gutes dienen, sondern dazu konzipiert sind, dieses Gut vor, während oder nach der Beförderung zu bewegen, zu bearbeiten oder zu behandeln, fallen unter den Anwendungsbereich der Richtlinie [12]:

- Ladekräne und Ladebordwände
- hydraulische Kippvorrichtungen
- Transportbetonaufbauten
- Kühlaggregate
- durch gespeicherte Energie betriebene Falttüren und Rolll Tore
- durch Hilfsenergie betriebene verschiebbare und klappbare Zwischenwände
- hydraulisch, elektromechanisch oder manuell verstellbare Zwischenböden
- Ausschubkabinen für Sonderfahrzeuge
- Hubdächer und Schiebeverdecke

Für Fahrzeugaufbauten und deren Aggregate, die bereits den berufsgenossenschaftlichen Vorschriften entsprechen, ergeben sich durch die erforderliche Anwendung der Maschinenrichtlinie oft nur geringfügige konstruktive Änderungen. Allerdings verursacht das CE-Kennzeichnungsverfahren oft erhebliche Kosten für die erforderlichen technischen Dokumentationen wie Gefahrenanalyse, Bedienungsanleitungen und Gebrauchsanweisungen.

Bei der überwiegenden Zahl der technischen Produkte, die von der CE-Kennzeichnung betroffen sind, ist das Konformitätsverfahren nach Modul A anzuwenden. Hier genügt es, dass der Hersteller die erforderlichen technischen Unterlagen zur Verfügung der Behörden hält, die Konformität des Produktes mit den einschlägigen Richtlinien erklärt und das CE-Zeichen anbringt. Nur in bestimmten Fällen (gefährliche Maschinen im Sinne der Richtlinie) muss vor dem Inverkehrbringen das Produkt durch einen unabhängigen Dritten zertifiziert werden.

### 1.3.4 Fahrzeugbenennungen

DIN 70010 (Systematik der Straßenfahrzeuge) benennt und definiert in Übereinstimmung mit der internationalen Norm ISO 3833 bestimmte Straßenfahrzeuge nach deren technischen Merkmalen. Dabei wird nicht berücksichtigt, ob die benannten Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen amtlich zulassungsfähig sind oder nicht. Als Beispiele seien hier genannt:

- Lastkraftwagen, der entweder als Solo-Fahrzeug eingesetzt oder mit Gelenkdeichselanhänger oder Zentralachsenanhänger zu einem Lastkraftwagenzug kombiniert wird.
- Sattelzugmaschine, die mit einem Sattelanhänger zu einem Sattelkraftfahrzeug oder mit einem Nachläufer und der verbindenden Ladung zu einem Brückenzug kombiniert wird.

### 1.3.5 Allgemeine Abmessungen

Entsprechend der Empfehlung ISO/R 612 der International Organisation for Standardization (ISO) sind in DIN 70020 Teil 1 die allgemeinen Abmessungen von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängerfahrzeugen benannt und definiert. Dabei wird von einem Fahrzeug ausgegangen, das sich auf einer horizontalen Standebene in Geradeauslaufstellung befindet und bei einem der Achslast angepasstem Reifenfülldruck bis zum zulässigen Gesamtgewicht belastet ist.

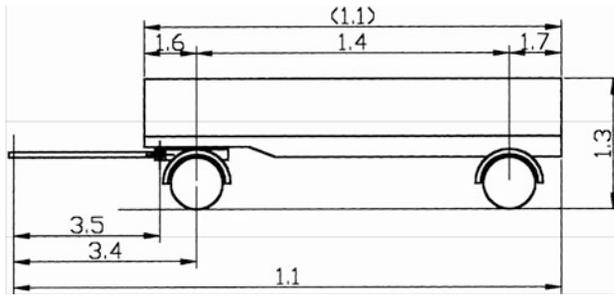
DIN 70020 definiert folgende Fahrzeugmaße (nicht vollständig). Die Nummern in Klammern entsprechen sowohl der Nummerierung in der Norm als auch der Abb. 1.14 bis 1.16:

*Fahrzeugaußen- und Nutzmaße:* Fahrzeuglänge (1.1), Fahrzeugbreite (1.2), Fahrzeughöhe (1.3), Radstand (1.4), Spurweite (1.5), Vordere Überhanglänge (1.6), Hintere Überhanglänge (1.7), Rahmenhöhe (1.8), Rahmenlänge hinter Führerhaus (1.9), Größte Innenmaße des Laderaumes (1.10), Lichte Innenmaße des Laderaumes (1.11).

*Fahrbetriebs- und Fahrwerksmaße:* Bodenfreiheit vor, zwischen und hinter den Achsen (2.1.1), Bodenfreiheit unter einer Achse (2.1.2), Rampenwinkel (2.2), Vorderer Überhangwinkel (2.3), Hinterer Überhangwinkel (2.4), Kleinster Spurkreisdurchmesser (2.6), Kleinster Wendekreisdurchmesser (2.7).

*Anhängebetriebsmaße:* Frontabstand der Anhängerkupplung (3.1.1), Frontabstand der Sattelpupplung (3.1.2), Ausladung der Anhängerkupplung (3.2.1), Heckabstand der Anhängerkupplung (3.2.2), Höhe der Anhängerkupplung (3.2.3), Sattelvormaß (3.2.4), Höhe der Sattelpupplung (3.2.5), Heckradius (3.3), Ausladung der Zuggabel (3.4), Länge der Zuggabel (3.5), Schwanenhalsfreiradius (3.6), Vorderer Überhangradius (3.7).





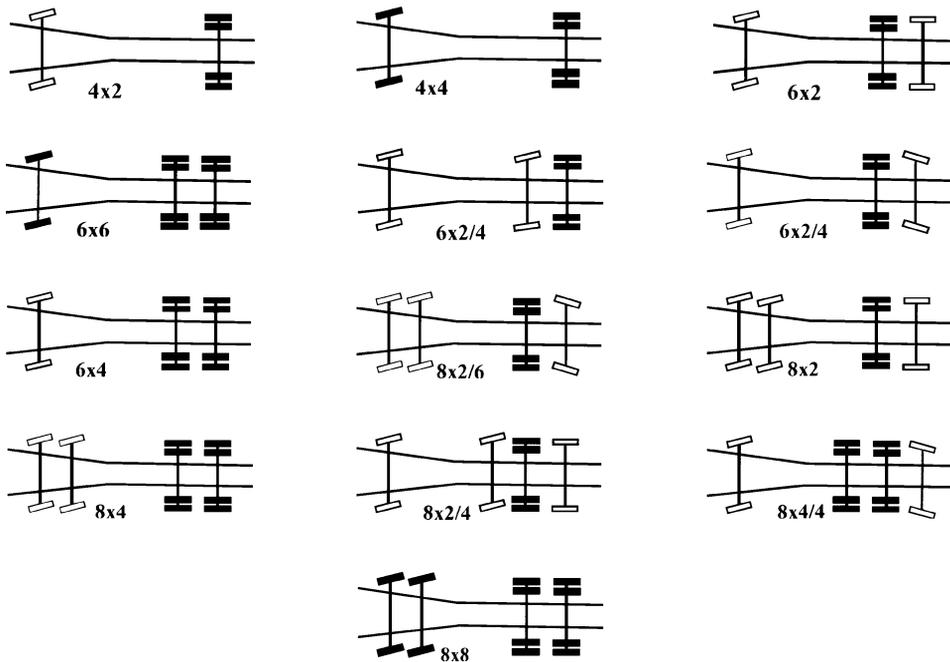
**Abb. 1.16** Allgemeine Fahrzeugabmessungen entsprechend DIN 70020 (Gelenkdeichselanhänger)

## 1.4 Lastkraftwagenangebot

Bedingt durch gesetzliche Rahmenbedingungen und einsatzspezifische Anforderungen haben sich bei den am Markt angebotenen Nutzfahrzeugen Klassen mit merkmalsprägenden Eigenschaften herausgebildet. Strukturierungsmerkmale für Solo-Fahrzeuge sind die Gewichtsklassen 2,8, 3,5, 7,5, 12 und 18 t für 2-achsige, 26 t für 3-achsige und 32 t für 4-achsige Fahrzeuge. Für Fahrzeugkombinationen ergeben sich je nach Anzahl der Achsen und dem dadurch begrenzten Gesamtgewicht (§ 34 StVZO) 28 t, 36(38) t und 40 t. Daneben bestimmen Anzahl von angetriebenen wie auch gelenkten Rädern, die Art der Federung und die dem Fahrzeug-Gesamtgewicht zugeordnete Motorleistung das Fahrzeugkonzept. Meist werden Gruppen von Fahrzeugen bestimmter Gewichtsklassen oder für einen gemeinsamen Verwendungszweck als Baureihe mit Abstufungen von Gesamtgewichten, Radständen und Antriebsleistungen entwickelt. Sie erhalten zur Typisierung ein einheitliches Erscheinungsbild und einen eigenständigen Namen: IVECO (Daily, Eurocargo, Stralis), MAN (TGL, TGM, TGS, TGX), Mercedes Benz (Sprinter, Vario, Atego, Axor, Actros), Renault (Master, Mascott, Midlum, Premium, Magnum, Kerax), Volvo (FL, FM 9, FM 12, FH 12, FH 16, NH 12).

### 1.4.1 Typenbezeichnung von Lastkraftwagenfahrgerstellten

Zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Lastkraftwagenfahrgerstellten sind von den Herstellern Typenbezeichnungen eingeführt worden, die am Fahrzeug im Bereich der Fahrerhauskabine angebracht werden. Sie entsprechen allerdings keiner einheitlichen Konvention und können in unterschiedlicher Verschlüsselung Angaben über Baureihe, Gesamtgewicht, Motorleistung, Verwendungszweck, Federung, Solo-/Anhängerversion wie auch Antriebs- und Fahrwerksart enthalten. Als Beispiele älterer Baureihen seien hier aufgeführt:



**Abb. 1.17** Antriebs- und Fahrwerksarten (nach SCANIA)

IVECO: MT 400 E 30 T/P (MT: Medium Truck = Mittelschwere Reihe; 400: 40 t zulässiges Zuggesamtgewicht; E: EURO-Generation; 30: 300 PS; T/P: Sattelzugmaschine, Luftfederung an der Hinterachse)

MAN: 18.224 MLC (18: 18 t zulässiges Gesamtgewicht; 22: 220 PS; 4: Baumuster Nr. 4; M: Baureihe M 2000; L: Blatt-/Luftfederung; C: Pritschenwagen/Chassis)

Die Bezeichnung der auf Abb. 1.17 beispielhaft dargestellten Antriebs- und Fahrwerkskonzepte erfolgt nach einem einheitlichen Schlüssel:

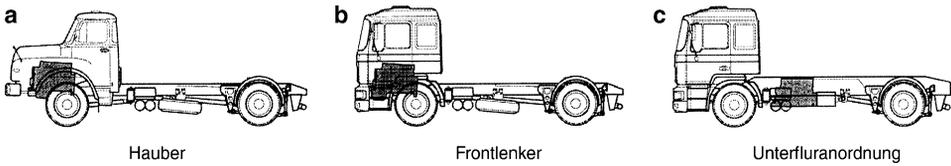
$N \times Z / L$  mit

$N$  = Anzahl der Räder (Doppelbereifung zählt als ein Rad)

$Z$  = Anzahl der angetriebenen Räder

$L$  = Anzahl der gelenkten Räder, wobei  $/L$  in eindeutigen Fällen weggelassen wird

Der klassische, nur hinterachsanantriebene Lastkraftwagen mit achsschenkelgelenkten Rädern an der Vorderachse wird demnach mit  $4 \times 2$  und bei Allradantrieb mit  $4 \times 4$  gekennzeichnet. Dreiachsfahrzeuge ( $6 \times 2$ ) für den Straßeneinsatz haben zusätzlich zur angetriebenen doppelbereiften Hinterachse eine einzelbereifte Vor- oder Nachlaufachse.



**Abb. 1.18** Motoranordnungen: Hauber (a), Frontlenker (b) und Unterfluranordnung (c) (MAN)

Wahlweise werden auch Dreiachsfahrzeuge mit liftbarer Nachlaufachse oder wegen der hervorragenden Kurvenläufigkeitseigenschaften  $6 \times 2/4$ -Fahrzeuge mit zwangsgelenkter Vorlauf- oder Nachlaufachse angeboten. Sattelzugmaschinen für den Straßeneinsatz sind entweder  $4 \times 2$ - oder  $6 \times 2/4$ -Fahrzeuge. Im Baustellenverkehr werden zweiachsige  $4 \times 4$ -, dreiachsige  $6 \times 4$ - und  $6 \times 6$ - bzw. vierachsige  $8 \times 4/4$ -,  $8 \times 6/4$ - und  $8 \times 8/4$ -Fahrzeuge eingesetzt. Bau-Sattelzugmaschinen gibt es in der  $4 \times 4$ -,  $6 \times 4$ - und  $6 \times 6$ -Version.

## 1.4.2 Motoranordnungen

Je nach Lage des Motors unterscheidet man die drei prinzipiell unterschiedlichen Anordnungskonzepte Hauber, Frontlenker und Frontlenker in Unterflurbauweise (Abb. 1.18).

Beim *Hauber* (Haubenfahrzeug) sitzt der Fahrer hinter der Vorderachse. Der Motor ist vor der Achse angeordnet, wodurch die Innengeräusche minimiert werden. Fahrer und Beifahrer können mühelos einsteigen. Der Motorvorbau gewährt einen wirkungsvollen Schutz in jeder Fahrsituation. Für den Einsatz auf der Baustelle ergibt der weit vorne liegende Schwerpunkt des Fahrgestells Sicherheit beim Kippbetrieb. Der lange Radstand sorgt für exzellente Geradeauslaufeigenschaften und bringt z. B. für Schneeräumfahrzeuge die nötige Richtungsstabilität. Der Motor ist ausgesprochen gut zugänglich. Alle Service- und Wartungsarbeiten können schnell und ohne Probleme durchgeführt werden. Hauber stellten bis in die 1950er Jahre hinein den Stand der Technik dar, wurden aber unter der Zielsetzung maximaler Ladelängen bei begrenzten Längenabmessungen für Solofahrzeuge wie für Fahrzeugkombinationen durch Frontlenkerfahrzeuge verdrängt. Ihr Einsatzgebiet beschränkt sich auf den außereuropäischen Markt (USA, Mittlerer Osten) und auf den Einsatz als Baustellen- und Schneeräumfahrzeug.

Beim *Frontlenkerfahrzeug* ist der Motor unter dem Fahrerhaus angeordnet. Hauptvorteil dieser Bauweise ist neben den möglichen großen Ladelängen die optimale Straßenübersicht für den Fahrer und der infolge des kürzeren Radstandes kleinere Wendekreis. Des Weiteren ermöglicht der tiefliegende Rahmen maximale Aufbauhöhen und somit großes Ladevolumen. Nachteilig sind die erforderliche besondere Geräuschkapselung des Motors und die aufwändige Konstruktion des kippbaren Fahrerhauses.

*Frontlenkerfahrzeuge in Unterflurbauweise* haben einen zwischen den Achsen eingebauten Motor. Das Fahrerhaus ist mit dem der reinen Frontlenker-Bauweise identisch,

**Abb. 1.19** Volkswagen Caddy  
(Verlag H. Vogel)



weist jedoch einen durchgehend ebenen Boden im Fußraum auf. Der tiefliegende Schwerpunkt und die gleichmäßige Achslastverteilung garantieren auch bei leerem oder teilbeladenem Fahrzeug eine gute Traktion und ein ausgewogenes Fahrverhalten. Durch den höherliegenden Rahmen und die schlechte Zugänglichkeit des Motors hat sich diese Konzeption nicht durchsetzen können. Sie wird derzeit nur als Fahrschulfahrzeug (MAN) angeboten.

### 1.4.3 Lastkraftwagenangebot nach Gewichtsklassen

*Leichte Lieferwagen und Pick-Ups* sind für viele Handwerker und Gewerbetreibende die preiswerte Alternative zum Transporter der 2,8-Tonnen-Klasse. Wenn nicht als Pick-Up-Variante vom Geländewagen abgeleitet, basieren diese Fahrzeuge auf Pkw-Karosserien, von denen die Frontpartien und Fahrerhäuser fast identisch übernommen sind (Abb. 1.19).

*Transporter bis 2,8 t Gesamtgewicht* waren bis zur Neuregelung der Vorschriften über Geschwindigkeitsbegrenzungen im September 1997 diejenigen Transporter, für die noch kein Tempolimit von 60 km/h auf Landstraßen und 80 km/h auf Autobahnen galt und dadurch sehr erfolgreich verkaufte Fahrzeuge.

*Transporter bis 3,5 t Gesamtgewicht* zeigen seit der Verschiebung des Tempolimits auf Gesamtgewichte jenseits der 3,5 t steigende Verkaufszahlen. Stark motorisierte Modelle mit bis zu 156 PS sorgen für flotte Fahrleistungen. Neben Kastenwagen (Abb. 1.20) werden auch verstärkt Lastkraftwagenfahrgerüste mit tragendem Leiterrahmen angeboten.

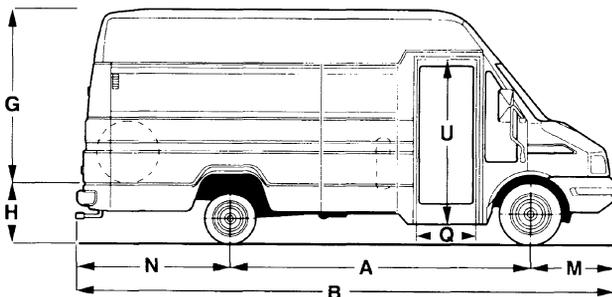
*Schwere Transporter und leichte Lastkraftwagen* teilen das Nutzfahrzeugangebot *bis 7,5 t Gesamtgewicht*. Zum einen sind das die teilweise noch selbsttragend gebauten Großraumkastenwagen (Abb. 1.21), zum anderen die Klein-Lastkraftwagen mit tragendem Leiterrahmen (Abb. 1.22).

Aufgrund der neuen EU-Führerscheinregelung ist das Angebot in dieser Gewichtsklasse in den letzten Jahren kaum gewachsen, da der künftige Pkw-Führerschein der Klasse B

**Abb. 1.20** Mercedes-Benz Sprinter (Verlag H. Vogel)



**Abb. 1.21** IVECO Daily (IVECO)



**Abb. 1.22** Isuzu NQR70L (Verlag H. Vogel)



nur zum Fahren eines Fahrzeuges bis zu 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht ermächtigt. Für Führerscheininhaber der alten Klasse 3 bleibt der 7,5-Tonner nach wie vor ein interessantes Fahrzeug, da es mit Tandemanhänger und durchgehender Druckluftbremsanlage zu einem Lastkraftwagenzug mit bis zu 18,5 t Zug-Gesamtgewicht kombiniert werden darf.

*Leichte Verteiler-Lastkraftwagen bis 12 t Gesamtgewicht* (Abb. 1.23) sind noch eine sehr junge Fahrzeugklasse, die nach der Einführung der Lkw-Maut in Deutschland von der noch bis zu dieser Gewichtsklasse hinauf kostenfreien Benutzung der Autobah-

**Abb. 1.23** Mercedes-Benz Atego (Verlag H. Vogel)



**Abb. 1.24** MAN M 2000 (Verlag H. Vogel)



nen profitieren. Hierfür sind speziell für den Solo-Einsatz ausgelegte Modelle entwickelt worden.

*Solo-Lastkraftwagen bis 18t Gesamtgewicht* sind auf geringes Eigengewicht und günstigen Anschaffungspreis hin konzipierte Fahrzeuge für den Verteilerverkehr. Für Gesamtgewichte bis 28 t bei insgesamt drei Achsen bietet als Fahrzeugkombination eine 18-t-Sattelzugmaschine mit einachsigen Auflieger und zwangsgelenkter 10-t-Achse (Abb. 1.24) viel Ladevolumen bei niedrigen Betriebskosten.

*Lastkraftwagen bis 18t Gesamtgewicht für Anhängerbetrieb mit bis zu 36t Gesamtgewicht* werden sowohl als Solo-Fahrzeug im städtischen Verteilerverkehr als auch mit Anhänger auf der Überlandstrecke eingesetzt. Sie sind oft die Antwort auf eine der maximalen Nutzlast exakt angepasste Fahrzeugkonzeption. Während sich vierachsige Lastkraftwagenzüge (Gliederzüge) eher für den flexiblen Einsatz mit gelegentlichem Solo-Betrieb eignen, setzen sich im Lebensmittel-Verteilerverkehr dank gelenkter Aufliegerachsen rangierfreudige vierachsige *Sattelkraftfahrzeuge mit bis zu*

**Abb. 1.25** Mercedes-Benz Actros (Verlag H. Vogel)



38 t Gesamtgewicht durch, da sie an der Rampe in einem Zug be- und entladen werden können.

*Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen bis 18 t Gesamtgewicht für Anhänger- bzw. Aufliegerbetrieb im schweren Verteilerverkehr mit bis zu 40 t Gesamtgewicht* sind Fahrzeuge für hohe Lasten auf kurzen Strecken. Gegenüber den schweren Langstreckenfahrzeugen bieten sie mehr Nutzlast bei sparsameren Triebwerken und günstigerem Anschaffungspreis. Sie werden meist mit einem für Einzelfahrer vielfach ausreichendem kurzen und schmalen Fahrerhaus ausgerüstet.

*Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen bis 18 t Gesamtgewicht für Anhänger- bzw. Aufliegerbetrieb im Fernverkehr mit bis zu 40 t Gesamtgewicht* (Abb. 1.25) sind die Flaggschiffe im Fahrgestellangebot. Um mit einem gut ausgelasteten Zug durchschnittliche Fahrleistungen zwischen 76 und 78 km/h zu erreichen, sind Leistungsgewichte zwischen 8 und 12 PS/t erforderlich. Dies entspricht bei 40 t Gesamtgewicht einem Leistungsbedarf zwischen 320 und 480 PS. Das Leistungsgewicht von 8 PS/t orientiert sich an Flachlandstrecken und relativ niedrigen Aufbauten. 12 PS/t werden erforderlich, wenn es bergige Autobahnen und windreiche Strecken mit Großaufbauten zu überwinden gilt.

*Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen für den Volumentransport* sind auf niedrige Höhen der Fahrgestellrahmenoberkante hin konzipiert. Bei maximal 13,60 m Aufbaulänge lassen sich beim volumenoptimierten Sattelkraftfahrzeug 100 m<sup>3</sup> und beim Lastkraftwagenzug mit maximal 15,65 m Aufbaulänge 120 m<sup>3</sup> Ladevolumen erreichen. Daher kann sich, ganz im Gegensatz zum allgemeinen Trend, beim Volumentransport der Lastkraftwagenzug (Gliederzug) gegenüber dem Sattelkraftfahrzeug nach wie vor behaupten.

Der Volumentransport ist aufgrund der niedrigen Ladungsgewichte ganz klar eine Domäne der Mittelklasse-Lastkraftwagen. Gesamt-Zuggewichte, die selten über 30 t gehen, machen sowohl schwere Rahmenkonstruktionen als auch starke Motoren in den meisten Fällen überflüssig. Speziell bei Paketdiensten und Möbelspeditionen besteht Interesse nach Volumen-Gliederzügen für Wechselbrücken mit 1020 mm Abstellhöhe. Sollen mit

diesen Fahrzeugen auch Standard-Wechselbrücken mit 1320 mm Abstellhöhe aufgenommen werden, sind entweder Hubschwingen oder hydraulisch anhebbare Tragegestelle erforderlich.

*Dreiaxelige Lastkraftwagen mit Lenk- und/oder Liftachsen* sind Fahrzeuge, die sich durch hohe Nutzlast, gute Wendigkeit und geringen Reifenverschleiß auszeichnen. Da für den Wendekreis der Radstand zwischen der Vorderachse und der nichtgelenkten doppelbereiften Antriebsachse entscheidend ist, bieten sich hier gelenkte Nachlaufachsen mit Einzelbereifung an. Ist eine Nachlaufachse zusätzlich liftbar, kann sie auf verschneiter oder vereister Fahrbahn durch Anheben die Antriebsachse kurzzeitig höher belasten (Anfahrhilfe gemäß Ausnahmereverordnung zu § 34 StVZO) und damit deren Traktion verbessern. Eher für den Fernverkehr geeignet ist die nichtgelenkte Liftachse, die bei Leerfahrten oder bei Teilbeladung angehoben werden kann. Fahrzeuge mit gelenkten Vorlaufachsen (siehe Abb. 4.18) verlieren gegenüber denen mit Nachlaufachsen an Wendigkeit, sind aber bei großen Hecklasten (Ladekran, Ladebordwand, Hecklade-Müllsammelfahrzeug, Zentralachsanhängerbetrieb) erforderlich.

*Kipperfahrgestelle und Sattelzugmaschinen für den Einsatz am Bau* glänzen nicht durch hohe Nutzlasten, sondern zeichnen sich durch soliden Fahrgestellrahmen, kurze Radstände, Blattfederung, mehrachsigen Antrieb und bei Bedarf Außenplanetenachsen und größere Bereifung aus. Sie garantieren im Geländeeinsatz hervorragende Traktion sowie ausreichende Bodenfreiheit bei großen Überhangwinkeln und großem Rampenwinkel. Das Marktsegment bis 7,5 t Gesamtgewicht war infolge der alten „Dreier“-Führerschein-Bestimmung ein interessantes Fahrzeug, das allerdings mit Kipperaufbau und Ladekran kaum mehr als 1,5 t Nutzlast bieten konnte. Vermutlich wird mit Einführung der neuen Fahr-Erlaubnisklassen die Entwicklung eher in Richtung 12 t Gesamtgewicht gehen. Der schwere 4×4-Zweiachser mit Dreiseitenkipper und 18 t Gesamtgewicht ist ein Fahrzeug für den universellen Einsatz. Im Solo-Betrieb sind Nutzlasten von acht bis neun Tonnen möglich und bei entsprechender Motorisierung können schwere Tiefladeanhänger gezogen werden. Dreiaxelige 6×4- oder 6×6-Kipperfahrgestelle bieten deutlich mehr Nutzlast. Für hohe Transportleistungen bei variablem Einsatz werden sie gerne mit einem Zentralachshänger kombiniert. Im schweren Gelände ist allerdings der vierachsige 8×8/4-Kipper (Abb. 1.26) sowohl bezüglich der Nutzlast als auch Traktion unumstritten das leistungsfähigste Fahrzeug.

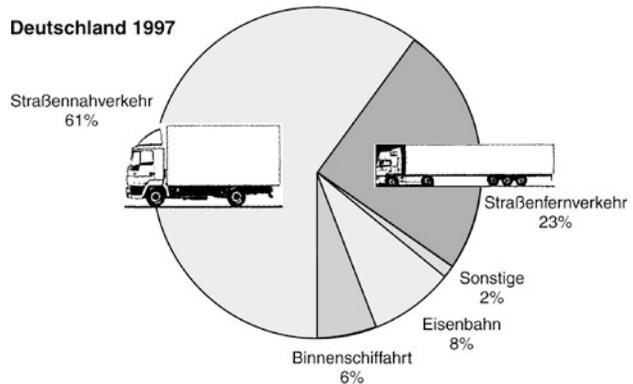
*Schwere dreiaxelige und vierachsige Fahrgestelle ohne Allradantrieb* haben ihr Haupteinsatzgebiet als Träger von Betonmischer-Aufbauten. An der Schnittstelle zwischen Bau- und Straßenbetrieb hat maximale Nutzlast hier höhere Priorität als perfekte Geländegängigkeit. Der Fahrgestellrahmen ist daher gegenüber dem Kipperfahrgestell wesentlich filigraner.

*Schwerlastzugmaschinen* sind immer dann erforderlich, wenn es Gesamtgewichte von deutlich über 40 t über große Entfernungen zu bewegen gilt. Spezielle Schwerlastversionen von Serienfahrzeugen werden dazu mit Motorleistungen mit bis zu 1000 PS, Wandlerschaltkupplung zum verschleißlosen Anfahren, Primär-Retarder (zwischen Motor

**Abb. 1.26** DAF 85CF (Verlag H. Vogel)



**Abb. 1.27** Güterverkehr in Deutschland (aus [14])



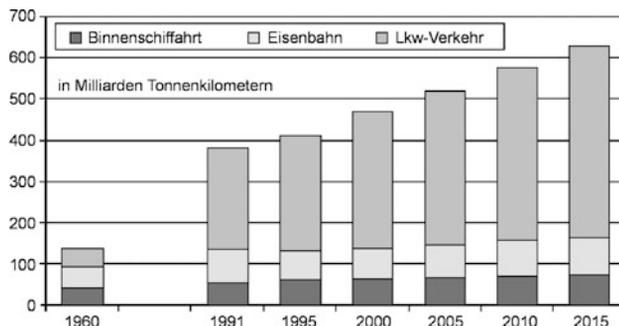
und Getriebe angeordnet) sowie Zusatzkühlung für Motor und Getriebe ausgestattet. Da Schwerlastzugmaschinen extrem teuer sind und sich nur dann rentieren, wenn sie permanent im Einsatz sind, gehen viele Schwertransport-Spezialisten dazu über, zwei oder drei Standard-Zugmaschinen vor ihre Spezialanhänger zu spannen.

Eine umfassende Übersicht über das Lastkraftwagenangebot bietet [13].

## 1.5 Entwicklungsschwerpunkte und künftige Konzepte

Nutzfahrzeuge nehmen im Güterverkehr gegenüber anderen Verkehrsträgern eine deutlich führende Stellung ein. Von den insgesamt im Jahr 1997 in Deutschland transportierten Waren (3,9 Milliarden t) entfielen 60 % auf den Lkw-Nahverkehr und weitere 23 % auf den Fernverkehr. Der Anteil der Bahn betrug lediglich 8 % (Abb. 1.27 und 1.28). Beim Transport typischer Einzelhandelsgüter (Lebensmittel, Druckereierzeugnisse, Pharmaprodukte) beträgt der Anteil des Lkw-Transports sogar über 96 %. Hauptgrund für den Vorsprung

**Abb. 1.28** Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten (aus [14])



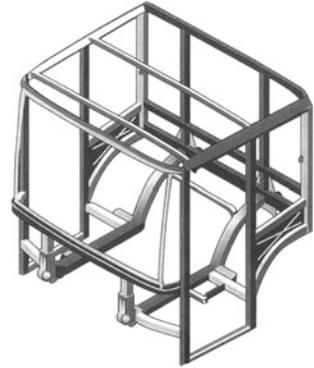
der Nutzfahrzeuge ist ihre Flexibilität, die Ware in der Regel vom Absender bis zum Empfänger direkt, d. h. ohne umzuschlagen, transportieren zu können. Die Zahlen machen deutlich, dass die Straße allein aus Kapazitätsgründen (wenn man nur 10 % der transportierten Gütermenge auf die Bahn verlagern würde, müsste die Kapazität der Bahn verdoppelt werden) auf längere Sicht Verkehrsträger Nummer eins bleiben wird. Da es für den überwiegenden Teil des Straßentransports überdies praktisch keine Verlagerungsmöglichkeit auf andere Verkehrsträger gibt, müssen die zweifelsohne von ihm ausgehenden Beeinträchtigungen noch geringer werden. Nutzfahrzeuge müssen daher so wirtschaftlich, so umweltverträglich und so sicher sein, wie dies unter den gegebenen technischen Voraussetzungen möglich ist [14].

Für zukünftige Entwicklungen stecken Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen den entsprechenden Rahmen ab. Zu diesen Rahmenbedingungen gehören die zulässigen Abmessungen, Achslasten und Gesamtgewichte (siehe Abschn. 3.1). Hier scheinen mit der Anhebung der Gesamtlänge für den Lastkraftwagenzug von 18,35 auf 18,75 m bei einer unveränderten Systemlänge von 16,40 m und der Anhebung der Fahrzeugbreite von 2,50 auf 2,55 m auf längere Sicht unaufweichbare Grenzen gesteckt zu sein. Im Rahmen dieser Bedingungen gab und gibt es stets neue Bemühungen, die Ladevolumina zu vergrößern (Kurzkuppelsysteme, Zentralachsanhänger, Niederquerschnittsreifen, Low-Deck-Sattelzugmaschine, Hubdach). Als konstruktiv mögliche Obergrenze sind für Sattelaufleger etwa  $110 \text{ m}^3$  erreichbar. Der Versuch, durch konstruktive Maßnahmen Sattelkraftfahrzeugkonzepte auf die zulässige Gesamtlänge eines Gliederzuges abzustimmen und die Kurvenläufigkeit entsprechend zu verbessern (Swap-Trailer, Krone GmbH), scheiterten am Veto des Bundesverkehrsministeriums.

Im Zuge der Volumenoptimierung wurde für Sattelkraftfahrzeuge der Standard einer einheitlichen Sattelkupplungshöhe von 1250 mm aufgegeben. Auch für Wechselaufbauten sind neben der genormten Abstellhöhe von 1320 mm auch solche bis hinunter zu 1020 mm üblich.

Der Trend zu immer leichteren Fahrzeugen und einer damit verbundenen Steigerung der Nutzlast ist ungebrochen. Im Bereich des Motorwagens zeigen sich Gewichtseinsparungsmöglichkeiten durch den Ersatz des Stahl-Leiterrahmens durch eine Aluminium-

**Abb. 1.29** Fahrerhaus-Rohbastruktur nach dem Space-Cage-Prinzip (aus: ATZ 100(1998) Nr. 9)



konstruktion, Achsgehäuse aus Stahlblech, Fahrerhäuser nach dem Space-Cage-Prinzip (Abb. 1.29) oder aus Faserverbundwerkstoffen (Abb. 1.30) sowie Super-Single-Bereifung für die Antriebsachse. Die Einsparungspotenziale bei Anhängern bzw. Aufliegern betreffen den Einsatz hochfester Feinkornbaustähle oder warmausgehärteter Aluminiumwerkstoffe für den Rahmen, selbsttragende Böden aus stranggepressten Aluminiumprofilen sowie der Computerunterstützung in Konstruktion und Berechnung. Für das Sattelkraftfahrzeug mit 40 t Gesamtgewicht werden derzeit für den Schiebegardinen-Auflieger als unterster Grenzwert 5,2 t Leergewicht erzielt. Der als Sattelzugmaschine für die gewichtsensiblen Branchen (Tank-, Silo- und Kühlaufleger) konzipierte Axor von Mercedes-Benz erreicht als betriebsfertiges Fahrzeug 6,5 t.

Bei kleineren Fahrzeugen zeigen sich seit der veränderten Gesetzeslage deutliche Verschiebungen in den Gewichtsklassen. So liegen Transporter mit 3,5 t Gesamtgewicht (keine Geschwindigkeitsbegrenzung mehr) sowie die 12-Tonnen-Klasse (z. B. IVECO Eurocargó), für die in Zukunft auf deutschen Autobahnen noch keine Benutzungsgebühr

**Abb. 1.30** Fahrerhaus des kleinen Unimog aus Kohlefaser-Verbundwerkstoff (aus: F+K 1/2000)



entrichtet werden muss, voll im Trend; und mit der neuen EU-Führerschein-Regelung wird die 7,5-Tonnen-Klasse bald keine Rolle mehr spielen.

Neu- und Weiterentwicklungen im Bereich der Motoren konzentrieren sich neben der Steigerung der spezifischen Leistung (max. 30 kW je Liter Hubraum), des Wirkungsgrades und der damit verbundenen Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs (min. 190 g/kWh) verstärkt auf den Sektor der Abgasemission. 1992/93 wurden die zulässigen Abgasgrenzwerte durch die Richtlinie 91/542/EWG (EURO-1) erstmals festgeschrieben und seither stetig reduziert. Seit 2005/06 gilt EURO-5 nach Richtlinie 1999/96/EG mit einem gegenüber EURO-1 von 9 auf 3,5 g/kWh gesenkten zulässigen  $\text{NO}_x$ -Wert. Unabhängig davon werden für die sensiblen Innenstadtbereiche alternative Antriebe erprobt. Dies sind der Erdgasmotor (CNG-Erdgasmotor von MAN), die Diesel-Elektro-Hybrid-Technik, der Gasturbinen-Elektro-Hybrid-Antrieb (Volvo Environment Concept Truck) und die Brennstoffzelle.

Die moderne Schaltgetriebetechnik basiert für schwere Nutzfahrzeuge auf bewährten mechanischen 16-Gang-Getrieben. Zur Entlastung des Fahrers und zur Optimierung von Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch sind sie in der Lage, vollständig autonom zu schalten. Dazu erfasst eine intelligente Elektronik eine Vielzahl von Parametern (Fahrbahnsteigung oder -gefälle, Fahrzeuggewicht, Beladungszustand, Motorleistung, Fahrstil des Fahrers), errechnet durch eine Fuzzy-Logik die Schaltstrategie und steuert vollautomatisch die elektrohydraulisch betätigten Aktuatoren im Getriebe.

Die Erhöhung der aktiven Sicherheit durch leistungsfähigere Bremssysteme sind ohne Scheibenbremsen und EBS (elektronische Bremsensteuerung) nicht denkbar. Während ein Sattelkraftfahrzeug älterer Bauart mit Trommelbremsen zum Abbremsen aus 80 km/h bis zum Stillstand noch einen Bremsweg von etwa 60 m benötigt, vermindert sich dieser mit Scheibenbremsen an den Vorderrädern und einem auf 10 bar erhöhten Betriebsdruck auf 45 m, mit Scheibenbremsen rundum auf 42 m.

Als in die Zukunft gerichtete Entwicklung sind die Fahrdynamikregelung (FDR) und der abstandsgeregelte Tempomat (ACC) zu sehen. FDR ist in der Lage, durch gezielte Bremseneingriffe der Schleuderbewegung (z. B. bei übersteuernder Zugmaschine und untersteuerndem Auflieger) entgegenzuwirken. ACC ist eine Erweiterung des konventionellen Tempomaten, der die zusätzliche Fähigkeit erhält, bei Annäherung auf vorausfahrende Fahrzeuge die Geschwindigkeit zu reduzieren und einen Sicherheitsabstand einzuregeln.

Mögliche Beiträge zur Steigerung der Sicherheit von Nutzfahrzeugen zeigte bereits das Tankfahrzeug TOPAS (Tankfahrzeug mit optimierten passiven und aktiven Sicherheitseinrichtungen). Aktuelle Maßnahmen zur Steigerung der passiven Sicherheit sind die Ausstattung der Fahrerhäuser mit Airbag und für den Kollisionsfall die Verbesserung der Kompatibilität des Nutzfahrzeuges zu anderen Verkehrsteilnehmern (Seitliche Schutzvorrichtung, Frontschutzsysteme, Plankenrahmen).

Die Entwicklung der Nutzfahrzeugelektronik ging zunächst in den 1980er Jahren von den überwiegend mechanischen Steuer- und Regelsystemen aus und ersetzte diese durch elektronische Stand-alone-Systeme. Der Anwendungsbereich beschränkte sich auf Funk-

tionen des Antriebsmanagements. Seit der Einführung des CAN-Datenbus-Systems in Zweidraht-Technik am Anfang der 1990er Jahre ist es möglich geworden, Fahrzeugelektroniken zu vernetzen und somit Daten bzw. Informationen allen angeschlossenen Teilnehmern zur Verfügung zu stellen.

Einen „Welt-Lkw“ wird es durch die gravierenden Unterschiede in den Kontinenten nicht geben, aber das Beispiel Daimler-Truck Group mit Mitsubishi und Freightliner zeigt, dass eine Gleichteilstrategie und eine Bildung von Entwicklungszentren für Komponenten, z. B. Achsen und Motoren, erfolgreich sein kann. Generell sind zukünftige Entwicklungen ein Produkt aus Erfahrung, interdisziplinärer Forschung und intensiver Entwicklungs- und Konstruktionsaktivität. Die Zukunft baut sich daher durch schrittweise Weiterentwicklung des Stands der Technik auf.

Ein Beispiel für Weiterentwicklung ist der vierachsige Lkw, der nach jahrelanger Bewährung in der Schweiz 1985 endlich auch in Deutschland, zunächst mit 30 t zulässigem Gesamtgewicht, später mit 32 t, zugelassen wurde. Nachdem fünfachsiges Solo-Lkw für die Bauwirtschaft in den Niederlanden und ab 2006 auch in der Schweiz zugelassen sind, bahnt sich eine entsprechende Entwicklung auch in Deutschland an, bislang sind solche Fahrgestelle für Sonderzwecke, z. B. mit Aufbau einer Betonpumpe, Betonmischer und Hubmastsystemen mit Sondergenehmigung zugelassen.

Eine andere schon greifbare Entwicklung sind die in Skandinavien und den Niederlanden verkehrenden Lastzüge mit 25,25 m Länge und 60 t Gesamtgewicht. Einerseits ist es bestechend, solche Züge mit dreiachsigem Auflieger und zweiachsigem Tandemanhänger mit Langdeichsel zu bilden, andererseits sollten solche Züge über Lenksysteme verfügen, die straßenschonender sind als heute üblich. Schon 1936 gab es acht- und neunachsige Züge mit ca. 30 m Länge und bis 67 t Gesamtgewicht, bei denen in der Kurve alle Anhängerräder schräglaufwinkelfrei in der Spur der Zugmaschine liefen. Hier müsste noch Entwicklungsarbeit geleistet werden. In diesem Zusammenhang gewinnt der bei niedrigen Geschwindigkeiten zuschaltbare Antrieb der Vorderräder besondere Bedeutung; für die 60-t-Lastzüge müssen zwei Achsen angetrieben sein und der Hydro Drive vermeidet den permanenten Antrieb zweier Achsen.

Die Elektronik weist im Automobil allgemein die größte Zuwachsrate auf. Hier liegt für Nutzfahrzeuge noch ein großes Potenzial, um den Betrieb wirtschaftlicher ökologischer und sicherer zu gestalten. Mit der prognostizierten Zunahme des Straßengüterverkehrs in zweistelliger Höhe in den nächsten Jahren und in Anbetracht des zu schleppenden Ausbaus der Fernstraßen erreicht die Sicherheit den höchsten Stellenwert. Elektronische Bausteine und Systeme werden also den Stand der Technik von morgen bestimmen. Die Fahrerassistenzsysteme sollen wie ein aufmerksamer Beifahrer den Fahrer, der das schwächste Glied in der Kette bildet, unterstützen. Die aktuellste Sicherheitstechnik müsste in den geplanten 60-t-Zügen installiert sein (Abb. 1.31).

Die Assistenzsysteme werden nicht zu einem fahrerlosen Betrieb auf öffentlichen Straßen führen, aber im Werksgelände oder auf Betriebshöfen ist er bereits nach dem Muster fahrerloser Transportsysteme in automatisierten Produktionen realisiert. So werden in



**Abb. 1.31** Modellversuch 2006: Eco-Combi von Mercedes-Benz mit acht Achsen, 60t Gesamtgewicht und 25,25 m Länge. Mercedes-Benz Actros mit 440-kW(598-PS)-Dieselmotor, ca. 10 PS/t (Daimler AG)



**Abb. 1.32** Innerbetrieblicher fahrerloser Transport mit automatischem Materialumschlag mit dreiaxsigem Mercedes-Benz Actros (Daimler AG)

einem Bauleistungsunternehmen zwei dreiaxlige Lkw im zweischichtigen, fahrerlosen Betrieb (Abb. 1.32) mit elektronischer Spurführung und vollautomatischer Be- und Entladefunktion eingesetzt. In 10.000 Fahrten zwischen Produktion und Lager werden ca. 14.000 t jährlich transportiert. Kollisionen werden durch Sensoren verhindert. Eine Anwendung des Systems in Autohöfen zum Umladen von Behältern oder Containern von Lastzügen auf Verteilerfahrzeuge oder zum Zwischenlagern ist denkbar.

Ein weiteres Beispiel ist die Entwicklung der Betriebsbremse – ohne gesetzliche Vorgaben – von der reinen Druckluftbremse über die elektrisch angesteuerte Druckluftbremse zur rein elektrischen Bremse (brake by wire), jeweils mit kürzerer Ansprechzeit und kürzerem Bremsweg. Parallel dazu führt der Ersatz mechanisch-hydraulischer Lenksysteme durch ein elektrisches Lenksystem (steer by wire) zu ganz neuen Perspektiven.

Der Versuch liegt nahe, aus den nachvollziehbaren Entwicklungsschritten durch Extrapolation den Stand der Technik in der Zukunft zu fixieren. Wie aber die Erfahrung zeigt, ist das nur mit großem Vorbehalt möglich. Die prognostizierte Steigerung der Güterverkehrsleistung von 1997 bis 2015 um 60 % tritt offenbar ein und stellt für Verkehrsplaner, Straßenbauer und Fahrzeughersteller eine Herausforderung dar.

---

## Literatur

- 1 Sievers, I.: 110 Jahre Daimler-Lastwagen. ATZ **09**, 720–723 (2006)
- 2 Hoepke, E.: Hundert Jahre Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor. ATZ **09**, 386–399 (1996)
- 3 Hoepke, E.: Hundert Jahre Verbrennungsmotor im Nutzfahrzeug. MTZ **09**, 470–475 (1990)
- 4 Hoepke, E.: Euro II – Ein Höhepunkt nach 70 Jahren Dieselmotor im Lastwagen. ATZ **07/08**, 418–426 (1994)
- 5 The emission legislation – challenge or opportunity? Vortrag von Prof. M. Schittler (Daimler AG) auf der Tagung der AVL List GmbH in Graz 2003, ICPC 2003-2.1
- 6 Demark, R., Groddeck, M. und Ruetz, G.: Die neue Dieselmotoren-Baureihe 890 von MTU. MTZ **02**, 80–86 (2006)
- 7 StVZO Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, Loseblatt-Ausgabe. Kirschbaum-Verlag, Bonn
- 8 FAKRA-Handbuch, Normen für den Kraftfahrzeugbau. Beuth-Verlag, Berlin
- 9 Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Berufsgenossenschaftliches Vorschriften- und Regelwerk. Carl Heymanns Verlag, Köln
- 10 Verband der Technischen Überwachungsvereine e.V.: VdTÜV-Merkblätter. Verlag TÜV Rheinland, Köln
- 11 FEE Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Richtlinien der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft für Straßenfahrzeuge und Regelungen der Economic Commission for Europe für Kraftfahrzeuge und Anhänger, Loseblatt-Textsammlung. Kirschbaum-Verlag, Bonn

- 12 Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik: Einzelfragen zur Anwendung der EG-Maschinenrichtlinie auf bestimmte Anbauteile und Geräte. ZKF-Seminar 26.09.1995, Frankfurt
- 13 Nutzfahrzeug Katalog 1999/2000. Verlag Heinrich Vogel, München (1999)
- 14 Schubert, K.: Die Bedeutung des Nutzfahrzeuges heute und morgen. In: VDI-FVT-Jahrbuch 2000, Fahrzeug- und Verkehrstechnik. VDI-Verlag, Düsseldorf (2000)