

# ENTWICKLUNG EINES SPEZIALFAHRZEUGES FÜR DEN EINSATZ IM INNERBETRIEBLICHEN TRANSPORT

N. BRÜCKNER

Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden  
Sektion Fahrzeugtechnik

Eingegangen am 15 April 1986

## Abstrakt

Die an die Fahrzeuge der Transporttechnik in den Einrichtungen des Gesundheitswesens zur stationären Betreuung der Patienten und an die konstruktive Gestaltung eines solchen Spezialfahrzeuges gestellten Anforderungen. Fahrdynamische Untersuchung und Beanspruchungsanalyse ausschließlich theoretischer Natur des entworfenen Multicars M25 Sattelzuges.

## 1. Einleitung

Große Industriebetriebe und verschiedene Einrichtungen des kommunalen Bereiches verfügen über einen relativ umfangreichen Fahrzeugpark. Die wirtschaftlich bedeutsame und seitens des Warenumschlages zunehmende Kooperation einzelner Betriebe bringt zwangsläufig eine Zunahme der Transportaufgaben mit sich. Um die Transporte effektiv durchführen zu können, ist eine zielgerichtete und sowohl von technischer als auch ökonomischer Sicht fachgerechte Auswahl des Transportmittels notwendig. Gegenstand einer Untersuchung in der Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden war die Transporttechnik in den Einrichtungen des Gesundheitswesens zur stationären Betreuung der Patienten [4]. Diese medizinischen Einrichtungen sind dadurch gekennzeichnet, daß außer einer dreimaligen täglichen Speiserversorgung auch andere Transportgüter wie zum Beispiel Bettwäsche, Medikamente, Laborproben und anderes transportiert werden müssen. Hohe Anforderungen werden insbesondere an die Regelmäßigkeit der Speiserversorgung gestellt. Die Transportentfernungen betragen zwischen 0,5 km und 20 km. Während die kürzeren Strecken vorwiegend innerhalb der parkähnlichen Anlagen befahren werden, treten große Entfernungen auf, wenn die Einrichtungen im Stadtgebiet verteilt sind. Im Prozeß der medizinischen Behandlung und Pflege sind in einem Krankenhaus mit 1000 Bettplätzen täglich 21 t Güter mit einem Transportvolumen von 120 m<sup>3</sup> zu transportieren. Darüber hinaus fallen noch weitere Transportaufgaben bei der Instandhaltung der Gebäude und des Wegnetzes an.

Die im Einsatz befindliche Transporttechnik bedarf einer umfangreichen Modernisierung. Verbunden mit einer bedarfsgerechten Konzeption für ein

universell nutzbares Fahrzeug sind geeignete Transportcontainer zu entwickeln. Die funktionelle Einheit aus dem Transportfahrzeug und den Transportcontainern ist eine notwendige Voraussetzung für eine spürbare Rationalisierung des Transports bei gleichzeitiger Verbesserung der Arbeitsbedingungen.

Nachfolgend werden Entwicklungskriterien für ein universell einsetzbares Transportmittel aufgezeigt, wobei die Anforderungen aus den Einrichtungen des Gesundheitswesens resultieren. Die zum Einsatz kommenden Container mit den Abmessungen  $1500 \times 720 \times 1520$  mm und einer Gesamtmasse von maximal 300 kg waren ebenfalls Gegenstand der Untersuchung.

## 2. Einsatzspezifische Anforderungen an die konstruktive Gestaltung

Die geforderte Freizügigkeit im Einsatz wies grundsätzlich auf ein konventionelles Fahrzeug-Container-System mit geringem Investitions- und Instandhaltungsaufwand hin, das möglichst aus bewährten und standardisierten Fahrzeugen und Baugruppen bestehen soll. Gleichzeitig sind vier Container mit einer Gesamtmasse von 1200 kg zu transportieren, die schnell und sicher be- und entladen werden müssen. Weiterhin darf das Fahrzeug die Umwelt nicht stärker belasten als dies nach dem Stand der Technik unvermeidbar ist. Nicht zuletzt stand die Frage der Wirtschaftlichkeit, wobei der geringe Kraftstoffverbrauch das Primat hat.

Konkret sind die technischen Forderungen an ein Transportfahrzeug wie folgt zu fassen:

- Zulassung zum öffentlichen Straßenverkehr
- Höchstgeschwindigkeit zwischen 40 km/h und 50 km/h
- Nutzmasse mindestens 1200 kg
- ausreichende fahrdynamische Eigenschaften
- Reichweite ohne erneute Energiezuführung mindestens 100 km
- geringer Kraftstoffverbrauch
- geringe Lärm- und Abgasemission.

Bei der Untersuchung stellte es sich heraus, daß Lastkraftwagen mit geringer Gesamtmasse für Spezialaufbauten wie Ladekran und anderem nicht üblich sind. Die beste Lösung zur Ausnutzung der Zugmaschine und eines Anhängers ist ein Sattelzug. Im Ergebnis eines Variantenvergleiches und weiterführender Studien zu den im Einsatz befindlichen Fahrzeugen erwies sich der IFA Multicar M 25 als am besten geeignet. In Kombination mit einem Spezialsattelaufleger ist er in der Lage, einen wirtschaftlichen Transport auch bei kurzen Wegstrecken realisieren zu können. Die außerordentlich guten technischen Voraussetzungen des Multicar M 25 lassen eine Erweiterung der Varianten wie

Pritschenaufbau  
 Kofferaufbau  
 Dreiseitenkipperaufbau und anderes

um die Variante »Sattelzugmaschine« technisch als ohne weiteres möglich erscheinen.

Bei der Ergänzung des M 25 Grundfahrzeuges um die Variante Sattelzug ergeben sich folgende Vorteile:

1. Reduzierung der Fahrzeugtypen in der Einrichtung auf einen Grundtyp mit Spezialaufbauten, die untereinander austauschbar sind.
2. Der Multicar M 25 stellt ein robustes und wartungsarmes Fahrzeug dar; die Instandhaltungsaufwendungen sind gering.
3. Der verbrauchsarme Dieselmotor ist ein Beitrag zur Senkung des Kraftstoffverbrauches und zur Reduzierung der Schadstoffemission insbesondere im Vergleich zu anderen Fahrzeugen.
4. Mit den verschiedenen Aufbauvarianten lassen sich alle innerbetrieblichen Transportaufgaben durchführen. Eine Erweiterung der Aufbauvarianten ist leicht möglich.
5. Hohe Gesamtwirtschaftlichkeit bei geringen Betriebskosten.

### 3. Der Spezialsattelzug auf der Basis des IFA Multicar M 25

#### 3.1. Beschreibung der konstruktiven Gestaltung

Von Mitarbeitern des Wissenschaftsbereiches Kraftfahrzeugtechnik wurde ein spezieller Sattelaufleger für die eingangs erwähnten Anforderungen in den medizinischen Einrichtungen der DDR entwickelt. Die ersten Sattelzüge stehen kurz vor der Fertigstellung und werden noch 1985 der Praxis zur Verfügung stehen.

Eine Seitenansicht des Sattelzuges zeigt Abb. 1. Charakteristisch ist die bis auf die Fahrbahnoberfläche absenkbare Ladeplattform. Über die seitlich ausklappbaren Verkleidungen können rollbare Container beidseitig be- oder entladen werden. Das Heben und Senken der Plattform erfolgt hydraulisch, wobei diese im vorderen und hinteren Rahmengestell geführt wird.

Die keilförmigen Erweiterungen der Führungsschienen am unteren Ende gestatten einen begrenzten Seitenversatz der Plattform und somit eine Anpassung an eventuelle Neigungen der Fahrbahnoberfläche. Die beiden Hydraulikzylinder werden von der serienmäßig am Multicar M 25 vorhandenen Hydraulikanlage gespeist. Als problematisch erwies sich die Sattelkupplung, da serienmäßig keine für eine derartige Größenordnung zur Verfügung stand. Deshalb wurde eine spezielle Sattelkupplung mit Kupplungsbolzen für den Multicar

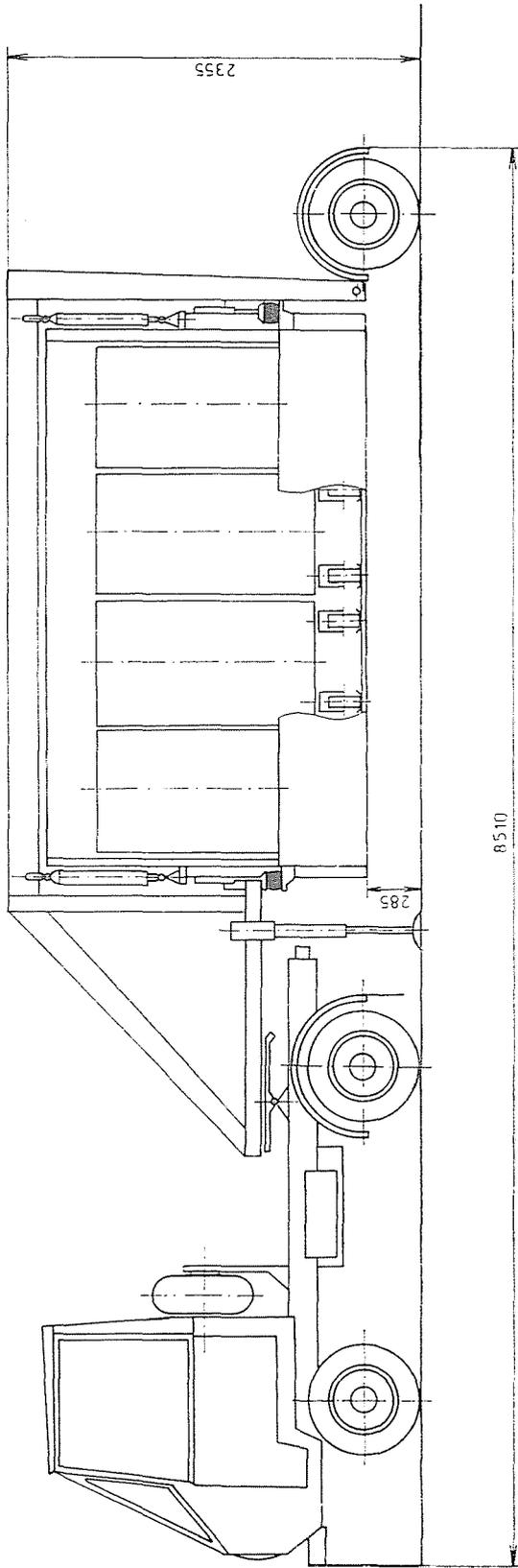


Abb. 1. Übersicht M25 Spezialsattelzug

M 25 konstruiert. Bei einer Querbeweglichkeit von  $0^\circ$  beträgt die vertikale Sattellast maximal 20 kN. Die Sattelhöhe des leeren Zugfahrzeuges beträgt 943 mm und das Sattelvormmaß 214 mm. Um den gesetzlichen Anforderungen an einen Sattelzug gerecht zu werden, wurde die Aufliegerachse hydraulisch abgebremst. Die Bremskreise von Zugfahrzeug und Auflieger werden lösbar gekuppelt, ohne daß die Hydraulikkreise geöffnet werden müssen. In der Erprobung hat sich diese Lösung gut bewährt. Die Bremswege des Sattelzuges liegen unterhalb der gesetzlich Geforderten. An der Aufliegerachse ist ein zusätzlicher Bremskraftbegrenzer eingebaut.

Zusammenfassend einige technische Parameter des Sattelzuges:

Gesamtbreite	1810 mm
Gesamtlänge	8510 mm
Gesamthöhe	2355 mm
Nutzmasse	1200 kg
Ladevolumen	7,6 m <sup>3</sup>
Antriebsleistung	33,1 kW
Höchstgeschwindigkeit	50 km/h
Steigfähigkeit	22%
Sattellast	14 kN

### 3.2. Fahrdynamische Untersuchungen

Im Projektierungsstadium wurden erste Untersuchungen zum Fahrverhalten durchgeführt. Dabei galt das Hauptaugenmerk dem Platzbedarf bei Kurvenfahrt, dem Kippverhalten, der Steigungsfähigkeit und dem Schwingungsverhalten.

Dabei gelangte man zu folgenden Ergebnissen: Der geringe äußere Wendekreishalbmesser des Multicar M 25 von  $r_a = 4500$  mm kann vom Sattelzug nicht genutzt werden, da in diesem Fall der Auflieger von der Zugmaschine kurzzeitig zurückgeschoben wird, er fährt also unkontrolliert aus der Spur heraus. Damit ergibt sich der kleinste nutzbare äußere Wendekreishalbmesser zu  $r_a = 6900$  mm. Einbiegungen bei Fahrbahnbreiten von 4 m bis 5 m können risikolos mit dem Sattelzug befahren werden, ohne die Wegefassungen zu überfahren.

Die Untersuchungen zum Kippverhalten sind im vorliegenden Falle darin begründet, daß es sich hierbei um einen Sattelzug geringer Abmessung handelt, der in den Parkanlagen relativ kleine Kurvenradien befährt.

Infolge der geringen Fahrgeschwindigkeit wurde es als ausreichend erachtet, ausschließlich die statische Kippgrenze zu berechnen, bei der die einwirkende Querkraft als zeitlich konstant wirkend angenommen wird. Zusätzlich zu den bekannten Berechnungsmethoden (6) wurden die Verdrehsteifigkeiten

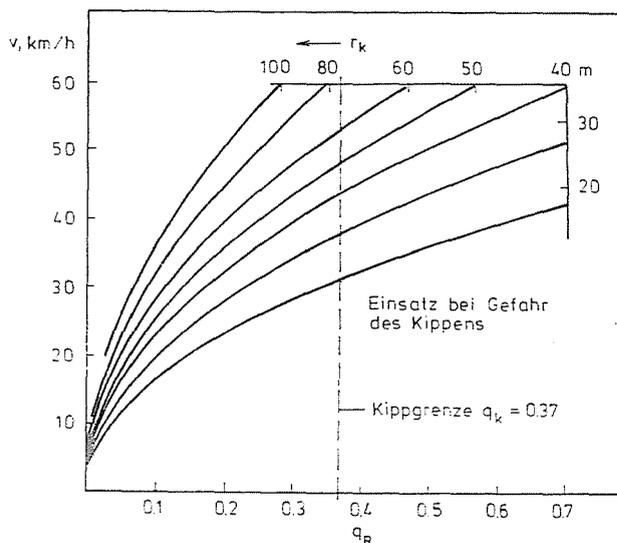


Abb. 2. Einsatzgrenzen des Sattelzuges

des Rahmens der Zugmaschine und des Aufliegers auf der Grundlage der Berechnung in (5) berücksichtigt.

Die Berechnungen ergaben eine statische Kippgrenze von  $q = 0,38$ . Bei einer Seitenbeschleunigung von 38% der Erdbeschleunigung verliert das kurveninnere Rad des Aufliegers somit den Fahrbahnkontakt. Unter Berücksichtigung dynamischer Vorgänge im Grenzbereich des Kippens besteht also im Bereich von  $q = 0,32 \dots 0,43$  generell Kippgefahr. Dazu veranschaulicht Abb. 2 die Einsatzgrenzen des Sattelzuges in Abhängigkeit von Kurvenhalbmesser und Fahrgeschwindigkeit.

Die Kippgrenze dieses Sattelzuges ist relativ unabhängig von der Schwerpunkthöhe, was auf die geringe Nutzmasse im Verhältnis zur Gesamtmasse zurückzuführen ist. Verringert man den Aufbauschwerpunkt auf 65% der Ausgangsgröße, so erhöht sich die relative Querbeschleunigung an der Kippgrenze um lediglich 3,5%. Damit ist mit einer nur geringen Beeinflussung der Kippgrenze durch die Beladung zu rechnen. Während des Einsatzes im innerbetrieblichen Transport sind häufig Auffahrampen zu befahren, die eine Steigung bis ca. 10% aufweisen. Es war daher der Nachweis einer ausreichenden Steigfähigkeit zu erbringen.

Aus den Berechnungen der dynamischen Achslasten und deren Vergleich mit den Antriebskräften an der Hinterachse des Multicar M 25 erhielt man die maximal möglichen Steigungen (Tabelle 1).

Damit ist eine ausreichende Steigfähigkeit auch bei einem vermindertem Kraftschlußbeiwert gegeben.

Tabelle 1

Rollwiderstandsbeiwert	Steigung			
	I. Gang		II. Gang	
	beladen	leer	beladen	leer
0,05	11,8%	11,0%	0,8%	11,0%
0,015	15,1%	15,0%	1,2%	15,0%

Steigfähigkeit des Sattelzuges bei nasser Fahrbahn  $\mu = 0,4$

Auf der Grundlage eines linearen Mehrmasse-Ersatzmodells des Sattelzuges (Abb. 3) wurden rechnergestützte Schwingungsuntersuchungen durchgeführt. Das Ziel bestand in der Ermittlung der Verläufe der Spektraldichte, der Aufbaubeschleunigungen und der dynamischen Radlasten sowie in Aussagen zu dem Einfluß der Fahrbahn. Das mathematische Modell wurde auf einem Digitalrechner ES 1040 abgearbeitet. Ohne auf die Auswertungen näher einzugehen, soll hier nur der Einfluß der Fahrbahn diskutiert werden. Es wurden zwei verschiedene, vermessene Fahrbahnen betrachtet, deren Spektraldichte in analytischer Form vorlag.

Die Fahrbahnen haben die Spektraldichten

$$\Phi_1(\omega) = 2,16 \cdot 10^{-5} \omega^{-3,42} v^{2,42}$$

$$\Phi_2(\omega) = 2,7 \cdot 10^{-3} \omega^{-1,88} v^{0,88},$$

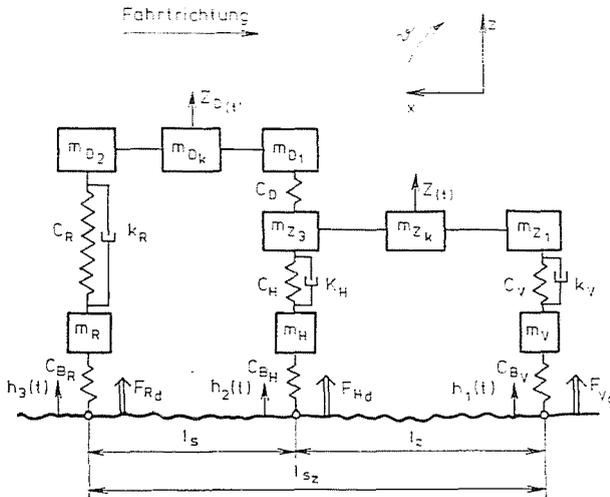


Abb. 3. Schwingungsersatzmodell eines dreiachsigen Sattelzuges mit den Koppelmassen  $m_{zk}$  und  $m_{dk}$  für Zugfahrzeuge und Auflieger, Vertikalbewegung  $z_z, z_d$  der Aufbauschwerpunkte und dynamische Radlasten  $F_{vd}, F_{hd}, F_{rd}$

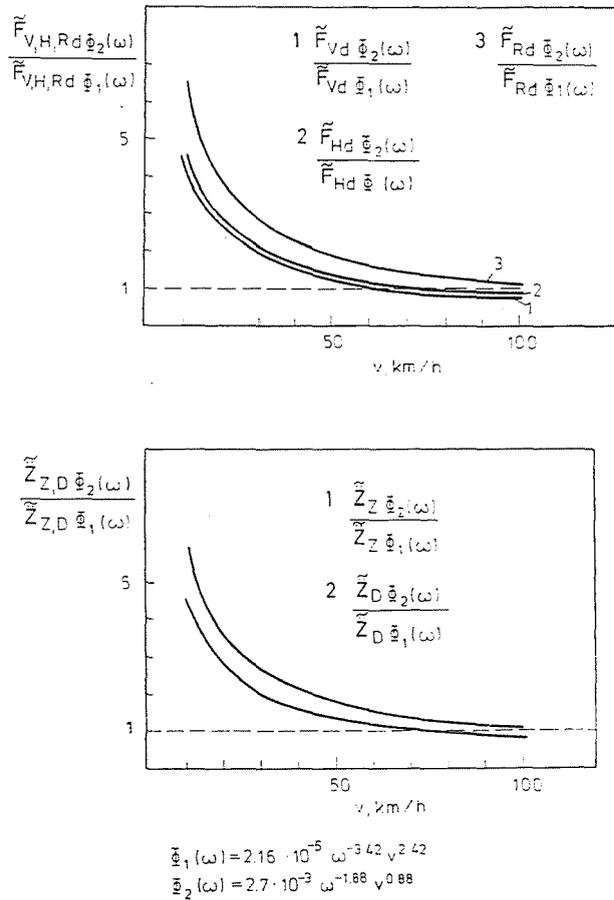


Abb. 4. Einfluß der Spektraldichte der Fahrbahn auf die Aufbaubeschleunigung und dynamische Radlaständerung

wobei die Fahrbahn mit  $\Phi_1(\omega)$  eine geringe Unebenheit, dafür aber eine große Welligkeit hat. Bei der anderen Fahrbahn verhält es sich genau umgekehrt.

Das Ergebnis der vergleichenden Betrachtung ist im Abb. 4 enthalten. Bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von  $v = 62$  km/h wirken sich Unebenheiten der Fahrbahn wesentlich stärker auf die Aufbaubeschleunigung und die dynamischen Radlasten aus. Dagegen dominiert der Einfluß der Welligkeit bei darüberliegenden Fahrgeschwindigkeiten. Daraus lassen sich weiterführende Forderungen für die Qualitätskontrolle von Fahrbahnen ableiten. Dazu sind jedoch noch bestätigende Aussagen mit anderen Ersatzmodellen erforderlich. Diese Analyse ist ausschließlich theoretischer Natur und erfolgte unabhängig von der mit dem Fahrzeug realisierbaren Fahrgeschwindigkeit. Weitere Einzelheiten zu diesen Untersuchungen sind in [4] enthalten.

## Zusammenfassung

Der Multicar M 25 Speziatsattelzug ist aus den besonderen Anforderungen in den medizinischen Einrichtungen der DDR entstanden. Mit der Einführung eines solchen Systems, bestehend aus dem Sattelzug und zugehörigen Containern zur Ver- und Entsorgung wird in den Krankenhäusern eine entscheidende Rationalisierung wirksam.

Die Ausführung des Sattelzuges läßt auch weitere Anwendungsgebiete in der Volkswirtschaft erwarten. Für universelle Einsatzzwecke ist es möglich, die Ladeplattform wie im vorliegenden Fall liftbar anzubringen oder auch starr mit dem Rahmengestell zu verbinden. Es können Spezialeinbauten installiert werden oder der Sattelzug kann ausschließlich mit offener Pritsche oder Koffer fahren. Ebenso ist ein Wechselaufliederverkehr möglich.

Damit können viele Bereiche in der Volkswirtschaft transporttechnisch besser ausgerüstet werden. Mit einer universellen Nutzung des Multicar M 25 Sattelzuges wird das umfangreiche Typenprogramm um eine weitere Variante erweitert.

## Literatur

1. HELLWIG, R.: Eine neue Fahrzeuggeneration aus Waltershausen — IFA Multicar M 25 Kraftfahrzeugtechnik 28 9, 263—266 (1978).
2. Fahrzeugwerk Waltershausen Betriebsanleitung Multicar M 25 2. Auflage 1978.
3. EICHORN-RAAB, E.—HÄHNCHEN, K.: Transportsysteme im Krankenhaus. Das Krankenhaus 63 4, 163—160 (1971).
4. Hochschule für Verkehrswesen »Friedrich List« Dresden, Wissenschaftsbereich Kraftfahrzeugtechnik, unveröffentlichte Arbeiten.
5. ERZ, K.: Über die durch Unebenheiten der Fahrbahn hervorgerufenen Verdrehungen von Straßenfahrzeugen ATZ 59 4, 89—96 (1957).
6. ISERMANN, H.: Die Kippgrenze von Sattelkraftfahrzeugen mit fester und flüssiger Ladung. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik. Heft 200, VDI-Verlag Düsseldorf 1970.

Dr. Ing. Norbert BRÜCKNER DDR-8010 Dresden Friedrich-List-Platz 1.