

ZWARE VOERTUIGEN EN DE VERKEERSVEILIGHEID

Een probleemverkenning

R-85-34

J.P.M. Tromp

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

### Voorwoord

#### 1. Inleiding

#### 2. Het voertuig

##### 2.1. Statische kenmerken

##### 2.1.1. Massa, afmetingen en geometrie

##### 2.1.2. Bediening, uitzicht en comfort

##### 2.1.3. Lading

##### 2.2. Dynamische kenmerken

##### 2.2.1. Rijeigenschappen

##### 2.2.2. Remeigenschappen

##### 2.3. Inzetgebied

##### 2.4. Hinder voor andere weggebruikers

#### 3. De weg

##### 3.1. Geometrie

##### 3.2. Sterkte en slijtage

#### 4. De bestuurder

#### 5. Conclusies

#### 6. Vervolgonderzoek

## VOORWOORD

Vrachtwagens en bussen nemen in het verkeer een aparte plaats in: zij dienen voor het vervoer van goederen en personen en vormen een belangrijke maatschappelijke factor. Ten opzichte van de technisch meest verwante categorie voertuigen - personenauto's - bestaan belangrijke verschillen in reismotivatie, bestuurderskenmerken en voertuigeigenschappen. Zo zal de reismotivatie voortkomen uit overwegend economische motieven, zijn de bestuurders beroepskrachten en zullen de gebruikte voertuigen voornamelijk om bedrijfseconomische redenen gekozen worden.

Het ongevallebeeld wijkt eveneens af. Ongevallen met vrachtwagens en bussen zijn ernstiger dan ongevallen met andere voertuigen. Er vallen veel slachtoffers en er is ook aanzienlijke materiële schade.

In deze probleemverkenning wordt het functioneren van vrachtwagen en bus in het verkeer op hypothetische wijze beschouwd. Daar waar zij minder goed of slecht functioneren is een verhoogde kans op het ontstaan van ongevallen.

Dit rapport is opgesteld door J.P.M. Tromp van de afdeling Pre-Crash Onderzoek.

Prof. ir. E. Asmussen, directeur

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## 1. INLEIDING

Kenmerkend voor vrachtwagens (met een totale massa van meer dan 3500 kg) en bussen (geschikt voor het vervoer van meer dan 8 personen) is de grote massa; de van personenauto's afwijkende geometrie met starre, uitstekende delen; de grote afmetingen en de afwijkende bedieningseigenschappen.

Het aantal letselongevallen per miljoen verreden voertuigkilometers is bij vrachtwagens niet veel verschillend van dat bij personenwagens; het aantal ongevallen met dodelijke afloop per miljoen verreden voertuigkilometers echter is groter (ongeveer een factor 2, zie o.m. Middelhaue e.a., 1976 en Riley & Bates, 1980), terwijl de slachtoffers voor het overgrote deel bij de (meestal zwakkere) tegenpartij vallen (Noordzij & Blokpoel, 1980). Bij bussen is het letselongevallenquotient ca. 2 maal zo hoog als bij vrachtwagens, het dodelijke-ongevallenquotient ca. 1,5 maal zo hoog. De ernst van ongevallen waarbij zware voertuigen betrokken zijn, is dan ook groot, terwijl de inzittenden van deze voertuigen relatief goed beschermd zijn. Vrachtwagens en bussen daarom bedreigend genoemd worden. Belangrijke, hieraan bijdragende eigenschappen zijn inherent aan de vervoersfunctie, namelijk de massa en de grootte. Dit zal fysische grenzen stellen aan de mogelijkheden om de ernst van ongevallen met vrachtwagens te verminderen. Wijzigingen in de vrachtwagenmassa, indien al mogelijk, zullen een beperkt effect hebben, omdat het massaverschil met eventuele botspartners groot zal blijven. Het is daarom van belang om het ontstaan van ongevallen met vrachtwagens en bussen zoveel mogelijk te voorkomen. Dit vereist enerzijds mogelijkheden om conflicten uit de weg te gaan (zoals bijvoorbeeld scheiding van verkeerssoorten naar tijd of naar plaats, herverdeling van transport), anderzijds mogelijkheden om conflicten te verhinderen (bijvoorbeeld verbetering van voertuigeigenschappen, verbetering van de werkomstandigheden). De ernst van ongevallen kan daarbij verminderd worden door de botseigenschappen te verbeteren (bijvoorbeeld aanpassing van de geometrie, kreukelzones).

In deze probleemverkenning zal beschreven worden welke eigenschappen van het zware voertuig, de weg en de bestuurder in verkeerssituaties tot minder goed of zelfs slecht functioneren van vrachtwagens en bussen zouden kunnen leiden. Dit slechte functioneren kan mogelijkwijze leiden tot conflicten en ongevallen.

Een volgende stap na deze probleemverkenning zal zijn met behulp van ongevallengegevens zwaartepunten aan te wijzen in de problemen met de verkeersveiligheid van zware voertuigen en aan te geven welke maatregelen overwogen kunnen worden. De invoering van maatregelen is dan verder afhankelijk van kosten/baten-verhoudingen en van maatschappelijke haalbaarheid.

## 2. HET VOERTUIG

### 2.1. Statische kenmerken

#### 2.1.1. Massa, afmetingen en geometrie

Loopt bij personenauto's de massa uiteen van ca. 500 kg tot een wettelijke 3500 kg, bij vrachtwagens loopt dit uiteen van een wettelijke 3500 kg tot een wettelijke 50.000 kg voor de zwaarste combinatie (95-percentielwaarden e.d., zie RWS, 1980). Dit geeft al aan hoezeer bij botsingen de lichtste partner in het nadeel zal zijn.

Gezien de wettelijke beperkingen aan de totale massa van voertuigen zal iedere veiligheidsvoorziening die de ledige massa van het voertuig zal verhogen, zeer moeizaam in te voeren zijn. Hiermee wordt namelijk de verhouding tussen eigen gewicht en nuttige lading in negatieve zin gewijzigd en daarmee een rentabiliteitsfactor van het transportmiddel.

Vrachtwagens en bussen zijn aanzienlijk groter dan personenauto's. De wettelijke maximum lengte bedraagt 12 m voor ongelede voertuigen en 18 m voor combinaties, de wettelijke maximum breedte bedraagt 2,5 m en de wettelijke maximum hoogte 4 m (zie RWS, 1980).

Ook de geometrie van vrachtwagens wijkt belangrijk af van die van personenauto's. Deze laatste hebben in de loop van de ontwikkeling een zelfdragende carrosserie gekregen, die tot vlak bij de grond alzijdig gesloten is. Ook is een ontkoppeling tot stand gekomen tussen draagstructuur en de zones aan voor- en achterkant (de zogenaamde kreukelzones).

De bouwwijze van vrachtwagens is daarentegen nog geheel traditioneel: een op starre assen rustend chassis, waarop motor, cabine en opbouw bevestigd zijn. De zijkanten tussen en achter de assen zijn, op brandstoftanks e.d. na, geheel open en vormen grote gaten. Voetgangers en (brom)fietsen kunnen bij botsingen dan ook gemakkelijk onder de wielen geraken. Door de hoge belastingen zijn grote wielen en banden noodzakelijk, zodat het chassis tamelijk hoog boven de weg ligt. Hierdoor liggen aan de achterzijde van de vrachtwagen de starre, uitstekende delen ongeveer ter hoogte van de bovenkant van de motorkap van een personenauto. Bij achteroprijden wordt dan de kreukelzone van een personenauto niet of nauwelijks gebruikt

en kan de passagierskooi gepenetreerd worden (zie Middelhaue e.a., 1976; Mofatt e.a., 1980). Om deze reden is in de EEG een onderschuifbalk achter verplicht gesteld. Deze onderschuifbalk voldoet echter niet: zij is te star en te hoog (zie o.m. Beermann, 1978; 1980). De star aan het chassis bevestigde voorbumper ligt weliswaar op de juiste hoogte, doch is zeer stijf.

Bussen zijn structureel hetzelfde als vrachtwagens, echter rondom geheel bekleed. Bij moderne busconcepten (voornamelijk reisbussen) wordt het chassis echter steeds meer vervangen door een zelfdragende structuur, die in principe botsvriendelijker zal zijn.

### 2.1.2. Bediening, zicht en comfort

De bediening van vrachtwagens en bussen verschilt aanzienlijk van personenauto's. In de eerste plaats is de chauffeursstoel in het overgrote deel van de vrachtwagens en bussen voor of op de vooras geplaatst en ontbreekt een neus. Daardoor zal de controle op de voertuigbeweging moeilijker zijn: de bestuurder heeft nu een minder goede en anderssoortige terugkoppeling op de voertuigbeweging.

Bij vrachtwagens zal het gedrag van opbouw en lading maatgevend zijn voor bedieningscorrecties. Dit gedrag wordt slecht en laat naar de cabine doorgegeven (zie par. 2.2.1.). De bestuurder is daardoor niet goed in staat de voertuigreacties tijdig te herkennen en niet in staat tijdig te reageren. Hierdoor zou het voertuiggedrag in bochten en bij manoeuvres en het gevoel van de bestuurder voor het voertuig slecht overeenstemmen, met als gevolg een verminderde beheersbaarheid van het voertuig en een grotere kans op het ontstaan van kritische situaties. Bij bussen zal dit probleem nauwelijks een rol spelen, doordat er geen scheiding is tussen bestuurderscabine en passagiersruimte.

Het werken met versnellingsbakken met 8 of zelfs 16 versnellingen vergt zeer veel aandacht van de bestuurder. Een bekend probleem is het op snelheid houden van vrachtwagens, omdat er anders eindeloos moet worden opgeschakeld. Dit lokt nogal eens het 'opdrukken' van voorliggers en bruske inhaalmanoeuvres uit.

Het zicht naar voren is door de hoge rijpositie bij vrachtwagens en bussen goed, naar opzij en naar achteren slecht. Bij de huidige voorgeschre-



ven spiegelbezetting vallen grote gaten in het zichtveld (Blokpoel & Mulder, 1981; Case e.a., 1981). Andere verkeersdeelnemers worden daardoor slecht of in het geheel niet waargenomen. Rechtsafslaan en achteruitrijden moet vaak min of meer op de gok gebeuren.

Sommige merken voertuigen worden echter standaard uitgerust met een uitgebreidere spiegelbezetting dan voorgeschreven. (N.B. Sinds kort is in de EEG voor voertuigen boven 7,5 ton totaalgewicht een uitgebreider spiegelbezetting voorgeschreven).

Wel zijn tegenwoordig op zware voertuigen reflectoren op de zijkant en retroreflectoren achter voorgeschreven; knipperlichten opzij echter weer niet, zodat het soms niet duidelijk is of een voertuig rechtsaf wil slaan. Te zamen met een klein blikveld via de zijspiegel en baanverbreding in bochten (zie par. 2.2.1.), leidt dit vooral in stedelijke gebieden tot kritische situaties. Indien hieruit een botsing ontstaat, bestaat voor voetgangers en (brom)fietsers een grote kans op letsel door onder de wielen te raken (SWOV, 1976; Blokpoel & Mulder, 1981). Markering van uitstekende lading is voorgeschreven, echter alleen naar voor en naar achteren: zijdelingse markering ontbreekt. Markering van laad- en loskleppen in geopende toestand is niet voorgeschreven, waardoor deze slecht waarneembaar zijn.

Het comfort van vrachtwagens en bussen - stoelen, ventilatie en geluids- en trillingsisolatie - ligt tegenwoordig op een redelijk niveau (zie o.m. Rompe, 1978 en Piter, 1982).

De sterkte van de cabine - de weerstand tegen vervorming bij omslaan en tegen indringende lading - wordt beproefd met de zogenaamde 'Zweden'-test, die echter in de EEG niet voorgeschreven is.

Er worden geen veiligheidseisen ten aanzien van het interieur gesteld, zoals aanwezigheid van gordels, blusapparatuur, de belastbaarheid van stoelen e.d., behalve voor de in de Bondsrepubliek Duitsland toegelaten zogenaamde 'Tempo-100'-bussen (zie Burow, 1978). Zie verder ook Hirschberger (1982), Hirschberger e.a. (1977) en Rüter (1980).

### 2.1.3. Lading

Een van de belangrijkste kenmerken van vrachtwagens en bussen is de mogelijkheid tot het vervoer van goederen en personen. Het vervoer van lading

stelt specifieke eisen aan de opbouw van vrachtwagens. Te noemen zijn de soort lading, de wijze van beladen, de bevestiging van de lading en de verdeling ervan over het laadvlak, de uiteindelijke ligging van het zwaartepunt van het gehele voertuig en het al-dan-niet uitsteken van de lading (zie Miedel, 1977).

Bij gasvormige en vloeibare stoffen wordt de vrachtwagen be- en ontladen via vulopeningen en aftappunten, bij vaste ladingen vindt belading plaats van boven (zandwagens), van opzij (huifwagens) en van achteren (gesloten opbouw). Soms voert het voertuig eigen laad- en losmiddelen mee, zoals pompen, kranen en laadkleppen. Bij vloeibare ladingen zijn vaak schotten in de tankopbouw aangebracht om golfbewegingen tijdens rijden en remmen tegen te gaan, bij vaste ladingen zijn allerlei soorten bevestigingsmiddelen in gebruik, aan de buitenzijde kop-, zij- en eindschotten, rongen, de opbouw zelf, enz., binnenin sjoerbanden, klemmen, dwarsschotten, spieën enz. Deze middelen dienen om het schuiven of zelfs het verlies van lading te voorkomen, en om beschadigingen aan lading of voertuig te vermijden. In de praktijk wordt de lading nogal eens slordig of geheel niet bevestigd, vooral bij korte afstanden. Verlies van lading kan dan optreden, met gevolgen voor overige verkeersdeelnemers. Hoewel er volgens de statistiek weinig letselongevallen met afvallende lading gebeuren, kan dit tot grote hinder voor het overige verkeer leiden. Zelfs indien goed bevestigd wordt, is het nog mogelijk dat in extreme situaties de lading kan schuiven. De lading kan dan de cabine binnen dringen of van het voertuig schuiven. Ook kan het voertuig hierbij omslaan.

Een goede verdeling van de lading over het laadvlak voorkomt te hoge plaatselijke belastingen en te hoge aslasten. Overbelading komt echter veelvuldig voor, met beschadiging van de weg en op lange termijn van het voertuig tot gevolg. De uiteindelijke ligging van het zwaartepunt is van groot belang voor het voertuiggedrag. Een hoge zwaartepuntsligging betekent een geringe kantelweerstand en kan tevens grote chassistorsties teweegbrengen (vgl. betonmixers). Zie voor kantelgevaar: Ervin (1980); Favero (1979b) en Kemp e.a. (1978).

Een ander probleem doet zich voor bij lading die uitsteekt. Hiervoor zijn markeringsvoorschriften, echter alleen gericht op herkenbaarheid van achteren. Bij het afleggen van korte trajecten wordt vaak geen markering aangebracht. Stilstaande en ladende of lossende voertuigen behoeven speciaal aandacht vanwege de vaak onverwachte aanwezigheid en hinder, vooral

in stedelijke gebieden, en vanwege de (on)zichtbaarheid van uitstekende laad- en loskleppen e.d. (Noordzij & Van Kampen, 1973; Van Kampen, 1984). Het vervoer van gevaarlijke stoffen is een aparte problematiek (Breekveldt, 1981 en Elsaesser, 1978).

Bij bussen liggen de problemen wat eenvoudiger. Het maximale aantal (staan)plaatsen zal maatgevend zijn. Een groot aantal staande mensen kan in bochten e.d. echter aardig doordrukken. Hierbij worden echter zelden problemen gesignaleerd.

## 2.2. Dynamische eigenschappen

### 2.2.1. Rijeigenschappen

In vergelijking met personenauto's zijn vooral vrachtwagens en in mindere mate bussen veel zwakker gemotoriseerd (RWS, 1980). De acceleratie is veel trager en de topsnelheid ligt lager, vooral bij beladen voertuigen. Mede gezien het ruimtebeslag - de vrachtwagen neemt ca. 2 à 3 personenauto-equivalenten in beslag - kan de vrachtwagen daardoor nogal eens een capaciteits- en doorstromingsbepalende factor in de verkeersafwikkeling zijn. Leeg kan en wordt de wettelijk toegestane maximum snelheid van 80 km/uur gemakkelijk overschreden. Sommige vrachtwagens halen dan tegen de 110 km/uur, sommige bussen tegen de 120 km/uur. Bij deze snelheden zal de stabiliteit tijdens rijden en remmen gering zijn, vooral bij gelede voertuigen. De snelheid in bochten - juist gezegd de maximale of toelaatbare dwarsversnelling - ligt lager dan die van personenauto's. De voornaamste reden hiervoor is de, zeker bij beladen voertuigen, veel ongunstiger verhouding tussen spoorbreedte en zwaartepuntshoogte, zodat de kantelweerstand gering is. Ook zijn de veer- en dempingskarakteristieken anders: deze zijn ontworpen op een beladen voertuig. Een leeg voertuig rijdt hierdoor nogal springerig; vooral losse trekkers zijn hierom soms berucht.

Daarnaast zijn er nog de problemen die zich voordoen bij de waarneming van dwarshelling en versnelling van een zwaar voertuig bij het nemen van een bocht. Bij personenauto's is de helling van de carrosserie gelijk aan de door de chauffeur waargenomen helling, evenals de dwarsversnelling. Bij vrachtwagens echter is de opbouw door middel van een relatief torsieslap chassis verbonden met een geveerde en gedempte cabine, waarin een

geveerde en gedempte bestuurdersstoel. Daardoor worden de dwarshelling en versnelling van de lading - zwaar en hoog - gedempt en getransformeerd waargenomen. Het zou zelfs mogelijk zijn dat frequentie en amplitudegang van de lading in een bereik liggen dat door filtering en demping tussen lading, chassis, cabine en stoel, niet meer in een voor de chauffeur behandelbare mate wordt doorgegeven. Een adequate terugkoppeling tussen gekozen en toelaatbaar bocht- en manoeuvregedrag is dan niet meer mogelijk. Bij trekker-oplegger-combinaties kunnen wellicht de waargenomen grootheden anders van richting zijn als die van de oplegger + lading, terwijl bij aanhangwagens deze informatie nagenoeg geheel zou kunnen ontbreken. Dit betekent dat de weinige informatie dan ook nog verkeerd geïnterpreteerd kan worden. Een verdere beperking kan zijn dat door de op- en neergaande beweging van stoel en cabine rolbewegingen moeilijker worden waargenomen. Hiermee vormt een streven naar comfort (isolatie) een tegenspraak met betere beheersbaarheid van (contact met) het voertuig.

Trekker-oplegger-combinaties en vrachtwagen-aanhanger-combinaties zijn op te vatten als ketens met 1 resp. 2 draaipunten. Zolang er trekkrachten op de draaipunten worden uitgeoefend, is de keten (semi-)stabiel. Door verstoringen in dwarsrichting (bijvoorbeeld wegdekoneffenheden, zijwind, stuurbewegingen) zal een slingergedrag op kunnen treden, met vergroting van de bestreken baan als gevolg, zodat de zijdelingse afstand tot andere verkeersdeelnemers kleiner wordt. Vergroting van de bestreken baan treedt ook op bij het maken van bochten. Het voertuig zal des te meer de bocht afsnijden indien de wielbasis groter, het voertuig minder geleed en de boogstraal kleiner is.

De wendbaarheid en manoeuvreerbaarheid van zware voertuigen is veel kleiner. Vooral in stedelijke gebieden kan dit grote problemen opleveren, bijvoorbeeld bij achteruitrijden. Een voorbeeld van geringere manoeuvreerbaarheid is het naar links uitwijken van (vooral) combinaties alvorens rechtsaf te slaan.

Diverse andere kenmerkende verschillen tussen personenauto's en vrachtwagens en bussen komen naar voren. Zo zullen voor vrachtwagens en bussen de ontruimtijden van kruispunten e.d. groter zijn door tragere acceleratie en grotere lengte; zal deze grotere lengte de inhaaltijd verlengen, wat vooral op tweestrookswegen lastig kan zijn; en zal passeren of inhalen op smalle wegen vanwege de grotere breedte moeizaam verlopen. Al

deze verschijnselen kunnen leiden tot kritische situaties en tot ongevallen. Alleen bij bussen kan bij de hoogste snelheden onder ongunstige omstandigheden een lichte vorm van aquaplaning optreden, maar in het algemeen treedt dit verschijnsel bij zware voertuigen niet op door de hoge contactdrukken tussen band en wegdek.

### 2.2.2. Remeigenschappen

Vrachtwagen- en busbanden worden vervaardigd uit natuurrubber. Het bij personenwagens toegepaste styreen-butadieen-rubber (SBR) vertoont bij hoge belastingen een te grote hysteresis en daardoor te grote warmteontwikkeling. Natuurrubber bezit echter een lagere wrijvingscoëfficiënt dan SBR, zodat vrachtwagens alleen om deze reden al in het nadeel zijn. De wettelijke eisen voor remvertraging liggen voor vrachtwagens en bussen lager, n.l. 4,0 resp. 4,5 m/s<sup>2</sup> tegen 5,5 m/s<sup>2</sup> voor personenauto's. Zware voertuigen halen deze eisen net, personenauto's overschrijden deze vertragingen gemakkelijk (tot 9 m/s<sup>2</sup> toe). Het belangrijkste verschil met personenauto's volgt uit de zeer grote verschillen in massa tussen lege en beladen toestand: het remsysteem zal in beide situaties bevredigend moeten functioneren. Om deze reden is in de EEG een lastafhankelijke regeling voor de achteras van vrachtwagen of trekker voorgeschreven. Immers, een voertuig dat in beladen toestand goed remt, zal in onbeladen toestand een fikse overberemming van de achteras kunnen vertonen, waarbij dan blokkeren en dus instabiliteit kan optreden. Bij gelede voertuigen kan blokkeren van de achteras van het trekkende voertuig scharen van de combinatie tot gevolg hebben: het remsysteem van vrachtwagens en bussen wordt in het algemeen luchtdrukbekrachtigd. Hierbij ontstaat een zekere aanspreektijd (ordegrootte ca. 1 s), waardoor de remwerking later intreedt. Bij lange combinaties ijlt de remwerking van de achterste assen na, waardoor de oplegger/aanhanger het trekkende voertuig opdrukt. De achteras van het trekkende voertuig zal door gewichtsoverzetting naar de vooras ontlast worden. Onder ongunstige omstandigheden, zoals een leeg voertuig en een nat wegdek, zal deze achteras gemakkelijk overberemd raken, ondanks lastafhankelijke regelingen op de achteras van het trekkende voertuig. De oplegger/aanhanger zal dan het trekkend voertuig uit de koers drukken, met scharen tot gevolg. Vanwege dit verschijnsel kan het voorkomen dat een chauffeur niet meer uit volle macht durft te remmen,

omdat de combinatie kan gaan uitbreken. Ook komt het voor dat hard remmen wordt vermeden vanwege de mogelijkheid van schuivende lading.

### 2.3. Inzetgebied

Het inzetgebied van vrachtwagens en bussen is medebepalend voor de conflictkansen en risico's die op kunnen treden. Zo zullen lange afstanden problemen met concentratie en vermoeidheid met zich meebrengen, inzet in stedelijke gebieden een grote kans op conflicten met voetgangers en tweewielers en lijndiensten en streekvervoer een grote kans op conflicten met tweewielers. Tabel 1 en 2 geven een globaal overzicht van het inzetgebied.

### 2.4. Hinder voor andere weggebruikers

Vrachtwagens en bussen kunnen onder een aantal omstandigheden hinder opleveren voor andere weggebruikers.

Door zichtafscherming zal de mogelijkheid tot anticiperen afnemen; capaciteitsbeslag kan vertragingen of wachttijden opleveren; en manoeuvreren en laden en lossen kan vooral in stedelijke gebieden hinder opleveren. Inhalen van zware voertuigen is een lastige aangelegenheid, vooral op tweestrookswegen (Tromp, 1984). De grootte van het voertuig geeft aanleiding tot het bewaren van een flinke zijdelingse afstand: dit zal invloed hebben op de benodigde rijstrookbreedte. Bij zijwind zal het passerende voertuig naar de vrachtwagen of bus toegezogen en vervolgens weggeduwd worden (Wouters, 1983). Bij regen zal bovendien, vooral bij aanwezigheid van door vrachtwagens veroorzaakte rijsporen, spat- en sproeiwater het zicht belemmeren (Tromp, 1984).

### 3. DE WEG

#### 3.1. Geometrie

Vrachtwagens en bussen zijn breed en lang, bezitten een grote draaicirkel en zijn traag, vooral op hellingen. De bestreken baan is op rechte weggedeelten groter door het slingergedrag van combinaties, en in bochten door baanverbreding door de grote wielbasis en door de geometrie bij gelede voertuigen. De hoogte van het voertuig is mede bepalend voor het ontwerp van viaducten, tunnels e.d. Opbouw en zwaartepunt en de dynamische eigenschappen van vrachtwagens zijn medebepalend voor de mate van verkanting in bogen en de verkantingswisselsnelheid (Pacejka, 1974). Het komt erop neer dat het zware voertuig een dominerende factor is in de geometrie van wegen: met name de rijstrookbreedte, de boogstralen, de verkantingen en verkantingsovergangen, de lengte van in- en uitvoegstroken en de hellingpercentages worden door de vrachtwagen gedicteerd. Binnen de bebouwde kom is het voor vrachtwagens moeilijk en soms zelfs onmogelijk om te manoeuvreren.

#### 3.2. Sterkte en slijtage

Vrachtwagens en bussen vormen de zwaarste categorie voertuigen. Wegconstructie en -verharding, viaducten, bruggen e.d. zijn dan ook op deze belastingen ontworpen. De hiervoor maatgevende aslastherhalingen worden afgeleid van aslastequivalenten, die voor de zwaarste categorie voertuigen een factor  $10^3$  à  $10^4$  hoger liggen dan voor personenwagens. Slijtage aan de weg wordt dan ook bijna uitsluitend door zwaar verkeer veroorzaakt, (zie o.m. Brouwers (1983); Kenis (1980) en Zibuschka (1981)). Vooral spoorvorming is hier een voorbeeld van. Hoewel golfvorming voor het overgrote deel door zettingen van de ondergrond optreedt, wordt dit incidenteel versterkt door vrachtverkeer. Daarnaast treedt schade op in krappe bogen als gevolg van de vaak starre asophanging bij tandemstellen. Geleiderailconstructies bezitten een tweetrapseffect om doorschrijden van zware voertuigen te verhinderen. De meeste andere veiligheids(bots)voorzieningen zijn niet ontworpen voor zware voertuigen: zij zouden dan te stijf worden voor personenauto's.

#### 4. DE BESTUURDER

De bestuurders in het personen- en goederenvervoer zijn beroepskrachten. Een gedeelte van hen, met name in openbaar vervoer en op (goederen) lijndiensten werkt op min of meer regelmatige tijden, bijvoorbeeld in ploegdienst. Een ander deel, vooral in het ongeregelde en in het internationale vervoer, werkt op onregelmatige tijden. Kenmerkend voor beide groeperingen is dat onder alle omstandigheden gereden moet worden, zoals mist, sneeuw en ijzel! Vaak staan de chauffeurs onder prestatiedruk, vooral in het internationale reis- en goederenvervoer, mede in verband met de economische positie ervan. Nogal eens moeten naast de eigenlijke rijtaak ook neventaken vervuld worden, zoals laden, lossen, papierwinkel, kaartverkoop e.d. In stedelijke gebieden zal door de veelvuldige conflictmogelijkheden een groot beslag op de bestuurder worden gelegd. De arbeidsomstandigheden zijn daardoor zwaar en de belasting groot. Oververmoeidheid kan optreden, met alle gevolgen van dien. Weliswaar is er een rijtijdenbesluit en is registratie van rij- en rusttijden verplicht (rijtijdenboekje, tachograaf), maar wordt hier nog weleens de hand mee gelicht (zie o.m. Arts (1982) en O'Hanlon (1981)). Ook is de rijopleiding nog verre van compleet.



5. CONCLUSIES

Uit de voorgaande probleemverkenning komt het volgende naar voren:

- Het voertuig: Vrachtwagens en bussen bezitten relatief slechte rij- en remeigenschappen, zijn lastig te bedienen en bieden weinig uitzicht naar achteren en opzij. Tevens zijn er problemen met lading, met parkeren, laden en lossen en met manoeuvreren. Vooral in stedelijke gebieden (met veel conflictmogelijkheden) werken deze eigenschappen sterk door. Een ontwikkeling van de passieve veiligheid, zoals die bij personenauto's heeft plaatsgevonden, is aan de vrachtwagen grotendeels voorbijgaan. Het verminderen van de ernst van de afloop van ongevallen staat zowel voor inzittenden als voor botspartners op een laag peil.
- De weg: De door de vrachtwagen aan de weg aangerichte schade - voornamelijk rijsporen - vormt een probleem voor andere verkeersdeelnemers.
- De bestuurder: De zware arbeidsomstandigheden - met name in het internationale goederen- en reisverkeer en in stedelijke gebieden - zullen tot een mindere goede taakvervulling kunnen leiden.

## 6. VERVOLGONDERZOEK

Als vervolg op deze probleemverkenning zullen (literatuur)gegevens verzameld worden uit binnen- en buitenland over ongevallen met zware voertuigen. Hierbij wordt dan een overzicht gegeven van de Nederlandse situatie en vergelijkingen gemaakt met de Europese en (voornamelijk) Amerikaanse situatie. Aangegeven wordt of de signaleerde problemen inderdaad tot ongevallen hebben geleid en in welke mate. Vervolgens zullen maatregelen beschouwd worden om deze ongevallen te voorkomen of om de afloop ervan te verminderen.

LITERATUUR

Arts, Th.B.W. (1982). Het rijtijdenbesluit: Een kwelling voor het wegvervoer (1 en 2). Wegvervoer 16 (1982) 17:20-24 en 18:13-15.

Beermann, H.J. (1978). Verformungsverhalten von Personenkraftwagen an Unterfahrschutzeinrichtungen. Heft 259 Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1978.

Beermann, H.J. (1980a). Experimentelle Untersuchungen zum Heckunterfahrschutz. Paper III. IfF-Tagung, Braunschweig, 1980.

Beermann, H.J. (1980b). Anforderungen an Unterfahrschutzanordnungen von Lkw und Anhängern. In: Entwicklungslinien in Kraftfahrzeugtechnik und Strassenverkehr, Forschungsbilanz 1980. Verlag TÜV-Rheinland, 1980.

Blokpoel, A. & Mulder, J.A.G. (1981). Het zichtveld van bestuurders van vrachtwagens. R-81-20. SWOV, 1981.

Breekveldt, J.G. (1978). Eisen te stellen aan voertuigen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. Proc. Journees Internationales de la Sécurité Routière, 1978.

Brouwers, J.A.C.Th. (1983). De weg. In: Wegen, verkeer en zwa(arde)re voertuigen. Preadviezen Congresdag 1983. Het Nederlandse Wegencongres, 1983.

Burow, K. (1978). Grossversuch zur Anhebung der Hoechstgeschwindigkeit für neuere Reisebusse. In: Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Fuhrpark. Verlag TÜV-Rheinland, 1978.

Case, K. e.a. (1981). Design of mirror systems for commercial vehicles. Automotive Engineer (1981) 12: 15-17.

Elsaesser, I. (1978). Strassenverkehrsunfälle von Fahrzeugen mit gefährlichen Gütern. Bundesanstalt für Strassenwesen, Köln, 1978.

Ervin, R.D. (1980). Tractor-semitrailer yaw stability during cornering. University of Michigan, 1980.

Ervin, R.D. (1983). The influence of size and weight variables on the roll stability of heavy duty trucks. SAE-Paper 831163. Society of American Engineers, 1983.

Favero, J.L.; Choulet, R. & Schiffer, M. (1979). Le problème du renversement des poids lourds. In: ONSER Cahiers d'Etude 47. ONSER, 1979.

O'Hanlon, J.F. (1981). De mislukking van EEG-verordening no. 543/69 om ernstige gevolgen van oververmoeidheid in het Europese beroepsvervoer te voorkomen. KNVTO-Nederlands Transport Congres, 1981.

Hirschberger, H.G. (1981). Sicherheitsgurte in Lkw und Omnibussen? Z.f. Verkehrssicherheit 27 (1981) 2: 56-59.

Hirschberger, H.G.; Rompe, K. & Tupova, J. (1977). Untersuchung zur Belastung von Nutzfahrzeugsitzen bei Auffahrunfällen. Automobil-Industrie (1977) 2: 41-47.

Van Kampen, L.T.B. (1984). Interne SWOV-notitie. (Niet gepubliceerd)

Kemp, R.N.; Chinn, B.P. & Brock, G. (1978) Articulated vehicle roll stability: Methods of assessment and effects of vehicle characteristics. TRRL Laboratory Report 788. Transport and Road Research Laboratory, 1978.

Kenis, W.J. (1980). Impact of truck weights on pavement life. Federal Highway Administration, Department of Transport, 1980.

Middelhaue, V.; Appel, H. & Heger, A. (1976). Sicherheitsanforderungen an Lkw Aussenteile, Ergebnisse kasuistischer und experimenteller Untersuchungen. In: Entwicklungslinien in der Kraftfahrzeugtechnik. Verlag TÜV-Rheinland, 1976.

Miedel, H. (1977). Fehler bei der Beladung von Lkw und Anhänger. Der Verkehrsunfall (1977) 10: 193-205.

Mofatt, C.A.; Wong, J. & Zaremba, L.A. (1980). Improved underride protection in moderate speed crashes. Proceedings 24th AAAM Conference, 1980.

Noordzij, P.C. & Blokpoel, A. (1980). Ongelijkheid en ongelijkwaardigheid in het verkeer. R-80-11. SWOV, 1980.

Noordzij, P.C. & Van Kampen, L.T.B. (1973). Ongevallen met geparkeerde vrachtwagens. Verkeerstechniek (1973) 5: 243-245.

Pacejka, H.B. (1974). Criteria te stellen aan de verkanting van een bocht met constante straal. Wegen (1974) 8: 234-240.

Piter, H. (1982). Das Klima am Arbeitsplatz Lkw-Fahrerhaus. Z.f. Verkehrssicherheit 28 (1982) 2: 73-80.

Riley, B.S. & Bates, H.J. (1980). Fatal accidents in Great Britain in 1976 involving heavy goods vehicles. TRRL Supplementary Report 586. Transport and Road Research Laboratory, 1980.

Rüter, G. (1980). Sicherheitsgurte an Nutzfahrzeugsitzen. In: Entwicklungslinien in Kraftfahrzeugtechnik und Strassenverkehr, Forschungsbilanz 1980. TUV-Rheinland, 1980.

Rompe, K. (1978). Das Kraftfahrzeug als Arbeitsplatz. In: Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Fuhrpark. Verlag TUV-Rheinland, 1978.

RWS (1980). Ontwerpvoertuigen. DKV 80-06. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 1980.

SWOV (1976). Afscherming van de zijkant van vrachtauto's. R-76-37. SWOV, 1976.

Tromp, J.P.M. (1984). Spat- en sproeiwater bij vrachtwagens. R-84-9. SWOV, 1984.

Wouters, P.I.J. (1983). Wind en wegverkeer. Bijdrage Verkeerskundige Werkdagen 1983. R-83-8. SWOV, 1983.

Zibuschka, F. (1981). Auswirkungen hoher Achslasten und Gesamtgewichte auf die Fahrbahn. In: Nutzfahrzeuge-Verkehrssicherheit, Tagungsbericht. KfV, 1981.

Soort	Gebied	Vervoer	Voertuigen	Verkeer
1. lange afstand	internation.	container stukgoed	trekker/oplegger zwaar	vermoeidheid
2. middellange afstand	nationaal	stukgoed	tr/opl vr/aanh middelzwaar/zwaar	
3. lijndiensten	regionaal	stukgoed	vr/aanh vr solo middelzwaar	conflicten tweewielers
4. distributie	stedelijk	stukgoed	vrachtwagen licht	conflicten voetg./tweew
5. bouwverkeer	klein/region.	bouwmat.	kippers/mixers licht-zwaar	

Tabel 1. Vrachtwagens

Soort	Voertuigen	Verkeer
1. stadsvervoer	standaard	soms geleed conflicten voetg./tweew.
2. streekvervoer	standaard	soms geleed conflicten tweewielers
3. groepsvervoer	2-assig	vaak oudere typen
4. reisvervoer	2/3-assig	met voorzieningen vermoeidheid

Tabel 2. Bussen

