

| ANWB | **rai** | NVVA |

DE VEILIGHEID VAN VAKANTIE- EN RECREATIEVERVOER

Lading op, in, aan of achter voertuigen

Consult ten behoeve van de Nederlandse Vereniging van Automobiel-
assuradeuren (NVVA)

R-87-4

J.P.M. Tromp

Leidschendam, 1987

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Ongevallen
3. Probleemverkenning
 - 3.1. De technische kant van belading
 - 3.2. Omgaan met lading
4. Gegevens uit de literatuur
 - 4.1. Lading op of in het voertuig
 - 4.2. Aanhangers
5. Maatregelen
6. Discussie
7. Conclusies en aanbevelingen

Literatuur

VOORWOORD

De Nederlandse Vereniging van Automobiellasseuradeuren (NVVA) heeft de SWOV verzocht een consult uit te brengen over de verkeersveiligheid van particulier vervoer van lading in de vrije tijd. Het gaat hierbij om vervoer van lading op, in, aan of achter voertuigen, met name personenauto's en bestelwagens. Dit gebeurt zowel beroepsmatig als privé. In dit consult wordt alleen het privévervoer behandeld. Dit is te verdelen in vakantie- en recreatievervoer en gelegenheidsvervoer (doe-het-zelf-vervoer). Eerst zal de omvang van het probleem worden nagegaan aan de hand van ongeval- en schadegegevens. Hierna wordt een probleemverkenning opgesteld en een overzicht gegeven van de aanwezige literatuur. Gezien de beperkte doelstelling van de opdracht zal dit rapport geen uitputtend overzicht bieden. Wel is getracht het overzicht zo compleet mogelijk te maken op basis van beschikbare kennis.

Dit rapport is opgesteld door J.P.M. Tromp van de Hoofdafdeling Strategisch Onderzoek.

1. INLEIDING

Vervoer van lading is te onderscheiden in lading op een voertuig (met behulp van imperiaals en allesdragers), in het voertuig (in kofferbak of laadruimte), aan het voertuig (fietsrekken) en achter het voertuig (aanhangwagens en caravans). Problemen met lading - het begrip 'lading' wordt in dit rapport ruim uitgelegd - zullen voor een groot deel te maken hebben met het vaak sterk veranderde voertuiggedrag en voor een ander deel met de bevestiging van de lading. Het vaak incidentele karakter ervan leidt ertoe dat er weinig aanvullende rij-ervaring wordt opgebouwd. Bovendien bestaat de indruk dat de betrokkenen, juist door het incidentele karakter van lading, er niet toe geneigd zijn veel moeite (in kosten, in voorbereidingstijd) te doen om het vervoer op een zo veilig mogelijke wijze te laten plaatsvinden. Een belangrijk aspect bij dit geheel is het vakantieverkeer: Verre reizen, met vaak volledig bezette voertuigen, en vaak reeds voor de aanvang van de reis niet geheel uitgeruste bestuurders, scheppen een geheel eigen problematiek.

2. ONGEVALLLEN

De aanvullende SWOV-bestanden van ongevallen met dodelijke afloop bieden meer informatie dan de bestanden van de Dienst Verkeersongevallenregistratie (VOR) te Heerlen. In deze aanvullende SWOV-bestanden zijn ongevallen (met dodelijke afloop), waarbij voertuigen met dakdragers of caravans betrokken zijn geweest, niet als zodanig gecodeerd. Ook zijn geen aanvullende gegevens gevonden over dit probleem. Dit wijst erop dat de omvang van het probleem in Nederland gering is.

De ANWB heeft een analyse gemaakt van 765 ongevallen met vakantieverkeer, waarbij via de Alarmcentrale hulp is ingeroepen voor repatriëring van mensen en/of voertuigen; deze zijn vergeleken met 500 gevallen van hulpverlening waarbij geen ongeval heeft plaatsgevonden. Rijders met aanhangwagens waren minder bij ongevallen betrokken: in de ongevallengroep werd in 18% van de gevallen een aanhanger meegevoerd, tegen 31% in de controlegroep. Bestuurders van combinaties van personenauto en aanhanger onderscheiden zich van bestuurders van solo-auto's door meer rij-ervaring, langer bezit van een rijbewijs, en meer ervaring met rijden in het buitenland. Tijdens hellingaf rijden waren aanhangers twee maal zo vaak bij ongevallen betrokken als solovoertuigen. Ook in bochten kwamen meer aanhanger-ongevallen voor. Dit wordt aan het - voor de bestuurder - onverwachte gedrag van de combinatie geweten.

Vaughan (1974) bespreekt ongevallen met caravans in New South Wales (Australië). In een jaar (1972-1973) waren caravans bij 405 door de politie geregistreerde ongevallen betrokken, 0,35% van het totale aantal ongevallen, en bij 52 ongevallen met letsel, 0,18% van het totaal. Er vielen zes doden bij vijf ongevallen waarbij caravans waren betrokken. In twee van deze ongevallen was de aanwezigheid van een caravan niet van invloed (Tabel 1). De 405 ongevallen zijn nader geanalyseerd. Hieruit blijkt dat de stabiliteit van de combinatie een belangrijke rol speelt bij ongevallen: omslaan, slingeren, van de weg af raken en scharen zijn in iets meer van de helft der ongevallen als een oorzakelijke factor aan te merken (Tabel 2). Meer ongevallengegevens zijn op dit moment niet bekend.

Het aandeel ongevallen waarbij lading in, op of achter voertuigen betrokken is, zal dus vermoedelijk gering zijn. Eigenschappen van de voertuigcombinatie zelf - voornamelijk stabiliteit - spelen een grote rol bij deze ongevallen.

Type ongeval	Aantal ongevallen	Aantal letselong.	Aantal personen	
			gedood	gewond
Omslaan	91	3	0	4
Frontaal	68	17	3	26
Slingeren	54	7	1	10
Kop-staart	53	4	2	5
Van weg af	44	8	0	12
Scharen	27	2	0	3
Tegen vast voorwerp	18	2	0	3
Kruispunt	16	5	0	5
Overige	34	4	0	4
Totaal	405	52	6	72

Tabel 1. Ongevallen waarbij caravans betrokken zijn geweest in New South Wales (Australië) (Bron: Vaughan, 1974).

Slingeren speelde een rol bij	7 ongevallen
Wind	31 ongevallen
Omslaan	113 ongevallen
Scharen	29 ongevallen
Overige stabiliteitsfactoren	69 ongevallen
Defecten speelden een rol bij	50 ongevallen

Tabel 2. Stabiliteitsfactoren bij 405 ongevallen waarbij caravans betrokken waren in New South Wales (Australië) (Bron: Vaughan, 1974).

3. PROBLEEMVERKENNING

3.1. De technische kant van belading

Kern van het probleem is het vervoer van lading op, in, aan of achter een voertuig. Lading op een voertuig geschiedt met dakdragers (imperiaals en allesdragers), of bij bestelwagens met een laadbak. Lading in het voertuig is mogelijk in een aparte kofferbak, in de passagiersruimte, in een aparte, niet-afgescheiden ruimte achter de achterbank of achter de voorstoelen (3de of 5de deur, combinatiewagen) en in een afgescheiden ruimte (gesloten bestelwagen). Lading aan het voertuig komt voor in de vorm van fietsdragers op de trekhaak. Vervoer van lading achter een voertuig tenslotte vindt plaats met open aanhangers, gesloten aanhangers met een lage opbouw (bijvoorbeeld vouwkampeerwagens) en aanhangers met een hoge opbouw (zoals paardentrailers en caravans).

Hierbij is het gebruiksdoel als volgt te onderscheiden:

- beroepsvervoer (het gehele jaar door)
- particulier gelegenhedenvervoer (veelal in de vrije tijd)
- vakantievervoer (in de zomer en in de winter; en veel in het buitenland).

Dit is weergegeven in Tabel 3. Beroepsvervoer zal in dit rapport verder niet beschouwd worden.

In het volgende wordt lading op, in, aan of achter een voertuig beschouwd naar de volgende punten: het voertuiggedrag bij juiste belading, gevolgen van onjuist bestuurdersgedrag bij juiste belading, en de gevolgen van onjuiste belading. Hierna zullen enige constructieve overwegingen gegeven worden ten aanzien van lading.

Lading op het voertuig vindt plaats met behulp van dakdragers. Er bestaan twee soorten, de zogenaamde imperiaals, gelijkend op een rek, waarop allereerste goederen bevestigd kunnen worden; en zogenaamde allesdragers, bestaande uit twee beugels, waarop middels hulpstukken lading bevestigd kan worden, zoals ski's, surfplanken en fietsen. De voertuigfabrikant geeft een maximum waarde voor de daklast aan. Deze loopt uiteen van ca. 50 kg voor lichte voertuigen tot ca. 120 kg voor de zwaardere personenauto's. De belading van het dak zal invloed hebben op het voertuiggedrag het zwaartepunt komt hoger te liggen en daardoor zal de (vering en) demping van vooral rolbewegingen minder goed zijn. De rechtuitloop van het voertuig zal dan min-

	Beroepsvervoer	Particulier- vervoer	Vakantievervoer
Dakdrager	0	0	0
Bestelwagen met laadbak	0	zelden	nooit
Kofferbak	0	0	0
Niet aparte ruimte: 3/5de deur; combi.	0	0	0
Gesloten bestelwagen	0	weinig	camper
Open aanhanger	0	0	zelden
Gesloten lage aan- hanger	0	zelden	bagage-aanhanger vouwkampeervagen
Gesloten hoge aan- hanger	(veetrans- port)	(paarden- transport)	caravans

Tabel 3. Lading op, in, aan of achter voertuigen naar gebruiksdoel.

der stabiel zijn. De zijwindgevoeligheid zal toenemen, vooral bij volumieuze lading, zoals surfplanken, dakzakken, kano's en skidozen. Het bochtgedrag zal verslechteren door de geringere rolstabiliteit en het stuurkarakter kan zich wijzigen, bijvoorbeeld van onderstuur in overstuur. Bij een gegeven pedaalkracht zal de remweg langer zijn door het extra gewicht; door het hogere zwaartepunt treedt meer gewichtsoverzetting naar de vooras op, waardoor de achterwielen eerder zullen blokkeren. Bij bepaalde soorten lading zoals ski's en surfplanken, kunnen aerodynamische verschijnselen optreden waardoor het voertuiggedrag bij hoge snelheden verslechtert. Hetzelfde geldt voor trillende lading. Problemen zullen dan ook optreden als bij overigens juiste belading en bevestiging te hard wordt gereden, bochten met te hoge snelheid worden genomen en geen aangepaste afstand tot andere verkeersdeelnemers in acht wordt genomen. "Standaard"gedrag van een bestuurder zal eerst leiden tot verrassingen, waarna vervolgens bij krachtiger ingrijpen onverwachte voertuigreacties kunnen optreden. De voertuigbeheersing is dan niet meer optimaal met alle gevolgen van dien. Overbelading en onjuiste bevestiging zullen eveneens problemen opleveren. Overbelading kan gemakkelijk optreden omdat schattingen van de te vervoeren massa, zo zij al plaats vinden, vaak optimistisch zullen zijn. Overbelading kan de veranderingen in rij- en remgedrag van een voertuig zo verscherpen, dat het voertuig onverwacht snel aan de grenzen van beheersbaarheid komt. Bezwijken van de dakdrager, vooral bij fors remmen, is bij overbelading zeker niet denkbeeldig. Onjuiste bevestiging - te weinig of te zwak - kan leiden tot schuiven of afvallen van lading. Vooral bij hobbelige wegen of hoge snelheden kan de lading er aftrillen of afvliegen. De botsonveiligheid zal door deze factoren verslechteren.

De constructie van dakdragers en de bevestiging op het voertuig verschilt nogal eens. Traditioneel worden dakdragers met behulp van klemmen aan de regengoot van een voertuig bevestigd. Een aantal merken heeft op speciale punten op het dak bevestigingsmogelijkheden voor dakdragers aangebracht. Dit komt steeds vaker voor daar door de stroomlijntrend de regengootjes verdwijnen. Andere merken bieden combinatiewagens aan met vast gemonteerde dakrailingen, waardoor geen aparte dakdragers meer nodig zijn. In de meeste gevallen wordt de dakdrager op vier (bij sommige combinatiewagens zes) punten bevestigd. Van belang bij bevestiging is de (dynamische) krachtoverdracht naar het dak of de goot: voornamelijk de lengte en vormgeving van de inklemming en afsteuning. De inklemming moet zodanig aan de dakvorm aangepast zijn dat geen overbelasting door buiging van het imperiaal of de dak-

goot optreedt. Bij oudere voertuigen komen nogal eens verroeste regengoten voor, soms als gevolg van het gebruik van een dakdrager. Dat hier geen enkele dakdrager op houdt is duidelijk. Voor het dragen van de lading is de stijfheid van de dakdrager van belang: bij doorbuiging mag het dak niet geraakt of beschadigd worden, mogen de buigtrillingen de bevestiging niet loswerken, en mag geen metaalmoetheid optreden. Ook moeten trillingen voldoende gedempt worden en moet de lading goed bevestigd kunnen worden. Behalve de krachtinwerking tijdens het rijden moeten ook de extra krachten ten gevolge van de dwarsversnelling in bochten en ten gevolge van het remmen goed opgevangen worden. Dat dit niet bij alle dakdragers het geval is, blijkt uit de testen die IW-TNO in opdracht van de ANWB gedaan heeft: het kwam voor dat dakdragers bij een normale belading al tijdens een forse noodremming bezweken door knikkende poten, of zelfs van het dak losraakten (ANWB, 1986).

Bij lading in het voertuig kunnen twee situaties onderscheiden worden: er wordt alleen lading meegenomen; en behalve lading worden ook nog passagiers vervoerd. Als alleen lading wordt meegenomen, zal deze zich meestal achterin het voertuig bevinden. Het voertuig zal dan staartlastig kunnen worden, wat zich uit in minder goed recht uitlopen en een verhoogde zijwindgevoeligheid. In bochten zal het stuurkarakter veranderen en kan eerder uitbreken optreden. De remweg zal bij gelijke pedaalkracht langer zijn; door de hogere achterasbelasting zal echter minder snel blokkeren van de achteras optreden. Afhankelijk van de hoogte van de laadvloer en de aard van de lading komt het zwaartepunt hoger te liggen; het effect hiervan zal evenwel minder sterk zijn dan bij dakdragers. Een bijkomend punt kan zijn dat bij belading achterin de koplampafstelling niet meer correct is, waardoor verblinding kan ontstaan.

Als behalve de lading ook nog passagiers worden meegevoerd, zal het voertuig niet zo staartlastig zijn: de meegevoerde massa is evenredig over het voertuig verdeeld, waardoor de afwijkingen in dynamisch gedrag ten opzichte van het onbeladen voertuig minder uitgesproken zullen zijn. Een ander stuurkarakter, een langere remweg en een hogere zwaartepuntsligging zijn de voornaamste afwijkingen. Problemen ontstaan weer als bestuurders te weinig rekening houden met de - vaak sterk - veranderde eigenschappen van het voertuig. Overbelading van het voertuig kan gemakkelijk ontstaan: bij alleen lading achterin door overbelasting van de achteras, bij passagiers en lading doordat de totaal toegestane massa gemakkelijk overschreden wordt - denk aan een volledig bezette vakantie-auto.

De bevestiging is bij lading in een kofferbak niet zo belangrijk, wel echter bij voertuigen met 3de of 5de deur en bij combinatiewagens. Bij hard remmen en bij botsingen kunnen losse stukken lading door het voertuig vliegen en bestuurder en/of passagiers treffen. In sommige voertuigen worden daarom ook als extra een ladingnet of stangen aangebracht.

Lading aan een voertuig komt voor in de vorm van op de trekhaak bevestigde fietsrekken. Deze zullen door hun niet al te grote gewicht vermoedelijk weinig problemen voor het rij- en remgedrag van een voertuig opleveren. De mogelijke problemen zullen bestaan uit onvoldoende bevestiging, het vervoeren van meer fietsen dan waarvoor het rek bedoeld is, en het afdekken van de achterverlichting van het voertuig.

Bij smalle voertuigen kunnen de vervoerde fietsen enigzins uitsteken. Overigens is de wetgeving zodanig dat deze rekken voorzien moeten zijn van twee achterlichten en een verlichte nummerplaat.

Lading achter een voertuig vindt plaats met behulp van aanhangwagens, voornamelijk enkelassers. Rijden met een dergelijke combinatie wijkt essentieel af van rijden met solovoertuigen. Het manoeuvreren bijvoorbeeld verloopt anders en het uitzicht naar achteren en opzij is vaak beperkter. De combinatie voertuig-aanhanger is semistabiel zolang deze ongestoord rechtuit rijdt en het voertuig alleen trekkrachten op de aanhanger uitoefent. Voor deze stabiliteit zijn voornamelijk geometrie en massaverdeling verantwoordelijk. De demping van verstoringen wordt steeds kleiner naarmate de snelheid toeneemt. Verstoringen in de vorm van stuurbewegingen, zijwind en onvlakheid van de weg treden altijd op. Wordt op een gegeven moment de zogenaamde kritische snelheid bereikt - hierbij is de demping nul - dan zal het door deze verstoringen opgewekte slingergedrag niet meer wegebben. Bij nog hogere snelheden wordt de combinatie instabiel. In ongunstige gevallen ligt de kritische snelheid dicht bij of zelfs onder de toegestane 80 km per uur. Hoge aanhangwagens zijn zeer gevoelig voor zijwind. Hierdoor kunnen al tijdens rechtuit rijden (inhalen van of door vrachtwagens; windstoten bij bruggen) dusdanige slingeringen opgewekt worden dat de demping onvoldoende wordt. Ook het bochtgedrag is anders: de toelaatbare dwarsversnellingen liggen lager, terwijl het stuurkarakter van de combinatie geheel verschilt van die van een solovoertuig. Daarnaast is de bestreken baan groter. Het remgedrag is ook anders: een langere remweg en een instabieler gedrag. Blokkeren van de vooras van het trekkend voertuig treedt gemakkelijk op, waardoor de combinatie onbestuurbaar wordt. De snelheid is een essentiële

factor bij het meevoeren van aanhangers. Hogere snelheden leiden zonder meer tot kleinere veiligheidsmarges zonder dat dit goed waarneembaar is. "Standaard"reacties leiden ook hier tot onverwachte gedragingen van de combinatie, die bovendien vrij snel niet meer beheersbaar zijn. Overbelasting treedt gemakkelijk op doordat de massa van de lading verkeerd geschat wordt. De veiligheidsmarges bij hoge snelheden worden snel kleiner en het hiervoor gestelde geldt nog sterker. Tevens kan overbelading bij hoge snelheden leiden tot banddefecten; te lage bandspanning en verouderde banden spelen hierbij mee. Een ander probleem is schuiven of afvallen van lading, vooral in bochten en tijdens remmen. Bij botsingen zal dit alleen maar erger zijn. Bevestigingsmiddelen zijn vaak niet aanwezig of worden niet gebruikt, bevestigingspunten zijn niet altijd voorzien (bijvoorbeeld in caravans).

Aanhangwagens, zoals gebruikt door particulieren, zijn in het algemeen enkelassig, minder vaak twee-assers. Bij twee assen zijn deze meestal zo dicht bij elkaar geplaatst dat de wetgever deze als één as aanmerkt. Voertuigdynamisch gezien is dit juist. Een as betekent dat de lading op de juiste wijze over het laadvlak verdeeld moet worden om de dynamische effecten van deze in principe instabiele opstelling binnen de perken te houden. De bandbelastingen zijn bij aanhangers groter dan bij personenauto's: per band is een grotere massa te dragen, terwijl de bandenmaat over het algemeen kleiner is. Bevestiging van een aanhanger aan een voertuig geschiedt door middel van een trekhaak met kogel aan het voertuig en een kogelkop met vergrendeling aan de aanhanger. Een vangmuil wordt alleen toegepast bij grote aanhangers met twee of meer assen, die particulier nauwelijks gebruikt zullen worden. De wetgever schrijft een losbreekinrichting voor, die de remmen van de aanhanger in werking stelt, of een hulpkoppeling (staalkabel), zodat de aanhanger bij losraken meegesleept wordt. Een lichte aanhanger (beladen massa minder dan de helft van de massa van het trekkende voertuig) behoeft geen eigen rem te bezitten, zodat de remweg van de combinatie langer zal zijn dan die van het solovoertuig. Een zwaardere aanhanger moet van een rem voorzien zijn, meestal een oplooprem. Bij het remmen kan de vooras van het trekkend voertuig blokkeren, vooral bij nat wegdek. Een slecht afgestelde oplooprem kan leiden tot een scheeftrekkende aanhanger. De elektrische verbinding wordt tot stand gebracht met een steker en contactdoos. De contactdoos is meestal naast de trekhaak aangebracht en op deze lage plaats nogal corrosiegevoelig. Het klepje dat voor afdichting moet zorgen breekt gemakkelijk af. Gevolg kan zijn dat delen van de verlichting van de aanhanger uitvallen.

3.2. Omgaan met lading

Het particuliere vervoer van lading vindt slechts een aantal malen per jaar plaats, de betrokkene let erg op de kosten en de indruk bestaat dat veiligheidsoverwegingen een ondergeschikte rol spelen. Dit laatste zal voortkomen uit het feit dat ongevallen een zeldzame gebeurtenis vormen en dan ook gemakkelijk vergeten of (in psychische zin) verdrongen worden. Ook ontbreekt nogal eens de kennis om veilig met het vervoer van lading om te gaan.

Het particuliere gelegenheidsvervoer zal zich vooral op de wekelijkse koopavond, op zaterdag, en in mindere mate op zondag afspelen: vrije-tijdsvervoer. Te denken valt aan het vervoer van bouwmaterialen, zoals houten balken en plaatmateriaal van doe-het-zelf-centra naar huis; het vervoer van meubels; zelf verhuizen e.d. Vaak zal dit vervoer met de toevallig beschikbare middelen plaats moeten vinden en daardoor soms op primitieve wijze: vervoer met open kofferbak met uitstekende lading; balken of pijpen, die uit een zijraampje steken; primitieve of geen bevestiging. Geen rekening wordt gehouden met wind, trillen van lading en plotseling remmen; aan botsen wordt geheel niet gedacht. Wel wordt soms de snelheid gematigd, echter in geen verhouding tot de noodzakelijke snelheidsaanpassing. Overbelading komt ook veel voor, denk aan het vervoer van bouwmaterialen, zoals stenen en cement.

Het vakantie- en recreatieverkeer vertoont eigen kenmerken. Het kan onderverdeeld worden in dag- of weekeindrecreatie; binnenlandse vakantiebestemmingen; en buitenlandse reizen. Het vervoer vindt plaats met normale tot hoge snelheden. Het recreatievervoer op korte afstanden zal meestal op dezelfde dag heen en weer gaan, of vaak in het weekeinde. Hierbij worden bijvoorbeeld fietsen op of achterop de auto vervoerd, surfplanken en rubberboten op het dak en boten op een aanhanger. Bij binnenlandse vakantiebestemmingen wordt veel meer vervoerd; er wordt gebruik gemaakt van dakdragers, kleine aanhangwagens, vouwwagens en caravans. Vaak wordt het voertuig geheel volgepropt: 4 of 5 personen aan boord, kofferbak vol, imperiaal beladen, caravan erachter. Men is veelal gewend met 1 of 2 personen in een auto te zitten en bezit weinig ervaring met volledig beladen voertuigen. Bij reizen naar het buitenland zullen behalve de bovengenoemde factoren ook de volgende een rol spelen: De bestuurder is vaak hard aan vakantie toe; bij lange ritten kan vermoeidheid optreden, gepaard gaande met onoplettendheid, slaap en overmoed (steeds harder gaan rijden); en onbekendheid met lokale situaties, bijvoorbeeld bergen en niet verwachte weersgesteldheden.

4. GEGEVENS UIT DE LITERATUUR

4.1. Lading op of in het voertuig

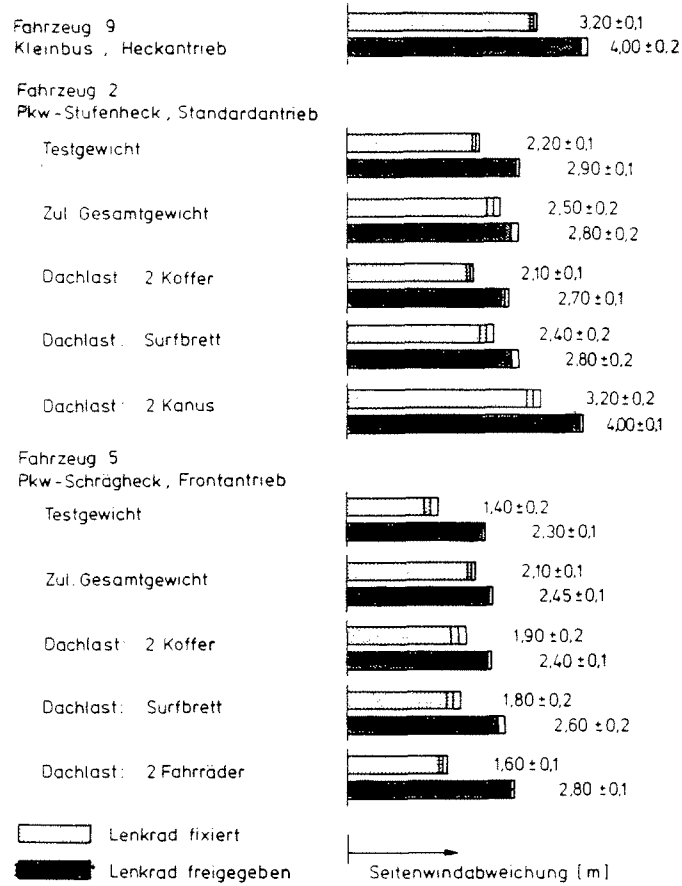
Er bestaat, voor zover bekend, weinig literatuur over lading op of in een voertuig.

Bastiaanse (1979) heeft in opdracht van de Stiftung Warentest te Berlijn dakdragers onderzocht. Een aantal bezweken vrij gemakkelijk bij botsproeven. Slechte bevestigingen en weinig weerstand tegen corrosie kwamen nogal eens voor.

De ANWB (1986) heeft recent ook dakdragers laten onderzoeken. Goede imperiaals zijn niet gevonden en een aantal kunnen de door de fabrikant opgegeven belasting niet aan. Bij de allesdragers waren wel goede exemplaren te vinden, doch bij sommige fabrikaten was het droef gesteld.

Grunow e.a. (1985) onderzochten het gedrag van personenauto's bij zijwind. Hiertoe zijn proeven genomen met behulp van windmachines. Sommige van de beproefde voertuigen waren voorzien van dakdragers met verschillende belastingen. De benodigde koerscorrecties bij het doorlopen van het zijwindtraject zijn voornamelijk af te lezen aan de stuuruitslag en de verandering van de gierhoeksnelheid (de hoeksnelheid om de hoogte-as). Deze namen bij een onregelmatig zijwindprofiel in lengterichting achtereenvolgens sterk toe bij een voertuig zonder daklading, met een daklading van koffers, met een surfplank en met fietsen op het dak. Een gebruikelijke maat voor de zijwindgevoeligheid is de koersafwijking bij vastgehouden stuur. Hoewel deze maat slechts een deelaspect geeft van het zijwindgedrag - het voertuiggedrag bij een koerscorrectie blijft buiten beschouwing - kan ter vergelijking een indruk worden verkregen. In Afbeelding 1 wordt de invloed van daklading op de koersafwijking bij zijwind weergegeven. Te zien is dat twee kano's op het dak een zelfde voertuiggedrag doen ontstaan als bij een bestelbusje: fikse koersafwijkingen zijn het gevolg. Als bepalende invloed wordt de toename van het oppervlak in dwarsrichting genoemd.

Magnusson (1978) heeft een onderzoek beschreven naar de invloed van daklading op het voertuiggedrag. Omdat het rapport in het Zweeds is geschreven, is alleen de (Engelse) samenvatting geraadpleegd. Simulaties suggereren dat een lading in de kofferbak gunstiger is dan een daklading bij remmen in een bocht; generalisering is echter niet verantwoord. Lading in het algemeen heeft een ongunstig effect op wisseling van rijstrook. Praktijkproeven zijn uitgevoerd met een Volvo 142 met een daklading van 120 kg. De kantelweerstand veranderde nauwelijks onder normale condities en de gedragingen tij-



Einfluß verschiedener Dachlasten auf den Seitenversatz zweier Pkw, 50 m hinter der Einfahrt in die Seitenwindstrecke gemessen. Der angegebene Bereich kennzeichnete die Standardabweichung

Afbeelding 1. Afwijking bij zijwind voor diverse voertuigen (Bron: Grunow e.a., 1985)

dens remmen werden nauwelijks beïnvloed door belading. Lading in een kofferbak verslechterde de stuurkarakteristiek en de dynamische stabiliteit bij rijstrookwisseling meer dan een daklading. Hierbij moet echter vermeld worden dat dit voertuig een grote overhang (afstand achteras-achterkant) bezit en dat het gedrag niet als gevaarlijk aangemerkt kon worden. Verder bleek het zijwindgedrag bij lading in de kofferbak slechter te zijn dan bij lading op het dak.

De conclusie kan getrokken worden dat lading op het dak het voertuiggedrag in ongunstige zin kan beïnvloeden: hoe groter de massa van de lading en hoe groter het volume, des te groter zal dit effect zijn. Ook lading in de kofferbak heeft invloed. Het is niet duidelijk wat ongunstiger is en in welke mate. Er zal weliswaar een zekere gewenning van de bestuurder aan de veranderde voertuigeigenschappen optreden, vooral bij veelvuldig optredende handelingen als rijstrookwisselingen en het nemen van bochten; onverwachte effecten als plotselinge zijwind kunnen onverwacht felle voertuigreacties opleveren en daarmee onveilige situaties. Dit zal ook voor hard remmen gelden.

4.2. Aanhangers

Er is vrij veel literatuur over het gedrag van personenauto-aanhanger combinaties. Niet alle aspecten echter zijn even uitputtend beschreven en sommige ontbreken geheel.

Een goed overzicht over deze literatuur is gegeven in Rompe (1982). Hierin worden 68 studies beschreven, waar onder Mitschke & Sagan (1980) en Zomotor e.a., (1981). In Tabel 4 (uit Rompe, 1982) wordt getoond welke gebieden van belang zijn voor het rijden met personenauto-aanhanger combinaties en wat tot nu toe onderzocht is, zowel door berekeningen als door metingen. De eerste categorie 'Prestaties' is voornamelijk van belang voor de verkeersdoorstroming, de tweede en derde categorie 'Stabiliteit' en 'Remgedrag' vooral voor de verkeersveiligheid. Hieronder worden enige resultaten uit Rompe (1982) besproken.

Tot nu toe is zeer veel aandacht besteed aan het slingergedrag bij hoge snelheden, zowel door simulatie als door praktijkproeven. Onderzocht is voornamelijk bij welke snelheid (meestal de kritische snelheid genaamd) een slingering niet vanzelf afneemt en de demping van deze beweging nul is, afhankelijk van onder meer afmetingen van zowel het trekkende voertuig als

Onderwerp	Berekeningen	Metingen
<u>Prestaties</u>		
Wegrijden op hellingen	-	2
Maximum snelheid		
Rijweerstand	-	8
Brandstofverbruik		
Acceleratievermogen	-	2
Kruipsnelheid op hellingen	-	-
<u>Dynamische stabiliteit</u>		
Slingergedrag	21	28
Berijden van een boog		
Stuurhoek	6	11
Onderstuurtdens		
Wisselen van rijstrook	1	6
Gas los laten/geven	-	-
Zijwindgevoeligheid	2	4
<u>Remgedrag</u>		
Vertragingsgedrag	6	11
Stabiliteit bij remmen	2	11
Continu remmen	-	-
Handremwerking	1	2

Tabel 4. Overzicht van de aantallen publikaties naar onderwerp over personenwagen-aanhangercombinaties (Bron: Rompe, 1982).

Parameter	Verbetering
<u>Personenauto</u>	
Massa	groter: ++
Wielbasis	groter: +
Overhang (afstand achteras-achterkant)	kleiner: +
Giertraagheidsmoment	groter: +
Zijdelingse stijfheid banden	groter: +
Rolstuur	grote invloed
 <u>Aanhanger</u>	
Giertraagheidsmoment	kleiner: ++
Dissellengte	groter: ++
Massa	kleiner: +
Kogeldruk	groter: +
Zijdelingse stijfheid banden	groter
Knikhoekdemping (hoek tussen auto en caravan)	wrijvingsdempers
Weerstand tegen dompen	groter

Tabel 5. Invloed van voertuigeigenschappen op de stabiliteit van een personenauto-aanhangercombinatie (Bron: Rompe, 1982).

van de aanhanger (Tabel 5). Bij de meeste berekeningen en praktijkproeven is niet ingegaan op de rol van de bestuurder. Meestal zal in het laatste geval de bestuurder de opdracht hebben gekregen een bepaald traject zo goed mogelijk te volgen. Alleen Gnadler & Zabadneh (1979) hebben dit aspect uitdrukkelijk beschouwd door in hun berekeningen een zogenaamde 'ideale bestuurder' op te nemen, een bestuurder die zo nauwkeurig mogelijk een opgegeven lijn volgt. Zij komen voor een aantal eigenschappen van voertuig en aanhanger tot tegengestelde resultaten dan anderen, bijvoorbeeld voor giertraagheidsmomenten (traagheidsmoment om de hoogte-as), en soms tot optima, bijvoorbeeld voor kogeldruk en dissellengte.

De aanbevelingen in Tabel 5 gelden alleen voor het slingergedrag. Een verandering van voertuigeigenschappen kan een positieve invloed uitoefenen op de dynamische stabiliteit, maar op andere terreinen juist een en ander verslechteren. Zo kan bijvoorbeeld een dissellengte niet onbeperkt groot worden gekozen: de bestreken baan in bochten zou dan te groot worden.

Een volgend onderwerp, waaraan relatief veel aandacht is besteed, is het bochtgedrag van combinaties. Dwarsversnellingen tot 5 m/s^2 op een droge weg zijn zonder meer haalbaar. Met toenemende dwarsversnelling neemt wel de slingerstabiliteit af. Dezelfde maatregelen om bij rechtuit rijden het slingergedrag te verbeteren, helpen ook voor het bochtgedrag. Er bestaat dan wel gevaar dat de bestuurder de kantelgrens van de aanhanger niet op tijd door heeft (Rompe, 1982). Het bochtgedrag zal uiteraard op een natte weg veel minder goed zijn: de mogelijke dwarsversnellingen zijn lager en de combinatie kan gaan slippen of blokkeren. Bij wisseling van rijstrook heeft een grote overhang van het trekkend voertuig en een (relatief) grote massa van de aanhanger een ongunstige invloed, analoog aan hetgeen opgemerkt is bij het slingergedrag. Een langere dissel heeft ook een ongunstige invloed, in tegenstelling tot het effect op het slingergedrag bij recht uitrijden: het breedtebeslag en de aanspreektijd van stuurbewegingen zijn gestegen. Een constructiewijze van een dissel, waarbij een virtueel draaipunt ontstaat op bijvoorbeeld de achteras van het trekkende voertuig heeft daarentegen weer een gunstige invloed. Bij zijwindstoten draait een personenauto uit de wind, een caravan daarentegen draait dan in de wind. Hierdoor ontstaan slingeringen. Een kleine overhang van het trekkende voertuig en banden met een hoge zijdelingse stijfheid verbeteren het zijwindgedrag van de combinatie. Bij een virtueel koppelpunt in het zwaartepunt van een trekkend voertuig onderscheiden personenauto en combinatie zich bij zijwind niet van elkaar (Rompe, 1982).

Tijdens het remmen zal door gewichtsoverzetting de kogeldruk groter worden. Daardoor zal de achteras van het trekkende voertuig extra belast worden en de vooras ontlast. Bij sterk remmen en bij nat wegdek zal de vooras blokkeren en de combinatie onbestuurbaar worden. Een lastafhankelijke regeling op de achteras zal het probleem verkleinen, maar niet wegnemen. Bij personenauto's wordt ca. 65 tot 80% van de remkracht door de vooras geleverd. Bij een combinatie zou dit ca. 50% moeten bedragen. Een antiblokkeersysteem kan het blokkeren van de vooras verhinderen, het gebruik van de remkracht is dan echter nog niet optimaal. Dit pleit voor een instelbare remkrachtverdeling van het voertuig. Dit zou dan wel op een betrouwbare en duurzame wijze uitgevoerd moeten worden.

Een belangrijke factor bij het remgedrag is de dynamische kogeldruk. Voor een verkleining van de kogeldrukvariaties zijn een geringe massa van de aanhanger, een laag zwaartepunt en een grote dissellengte van belang. De oploopprem heeft van de mogelijke remsystemen voor aanhangers de gunstigste werking (zie verder Rompe, 1982).

Belangrijkste punt bij remmen in de bocht is het blokkeren van de vooras. Alleen wanneer de remkrachtverdeling van het trekkend voertuig beter op de combinatie is afgestemd en de achteras meer beremd wordt, is een verbetering van het koershouden tijdens remmen mogelijk. Dan pas komt de gierstabiliteitsgrens aan de orde. Ook hier kan met succes een antiblokkeersysteem toegepast worden. Bij zeer lage stroefheden echter kan de as van de aanhanger gaan blokkeren, waardoor de aanhanger uitbreekt (Rompe, 1982).

5. MAATREGELEN

Maatregelen om de eerder vermelde problemen te lijf te gaan, kunnen weer onderverdeeld worden naar lading in, op, aan of achter voertuigen. De omvang van de gesignaleerde problemen is vaak niet bekend, zodat het nogal eens moeilijk zal zijn aan te geven wat het belang van te nemen maatregelen zal zijn.

Bij lading op het voertuig behelzen maatregelen het stellen van eisen aan sterkte en duurzaamheid aan dakdragers, aan bevestiging op het voertuig en aan bevestiging van lading op de dakdrager. Niet-roestende materialen, zelfborgende bevestigingen, voldoende sterkte, voldoende lange afsteunvlakken voor de steunen en aanpassing aan de vorm van de regengoot, zodat geen beschadigingen ontstaan, waardoor later roestvorming kan optreden. Duidelijke instructies zijn nodig over de toegestane massa van de belading, bevestiging met bijvoorbeeld sjoerbanden (geen zogenaamde spinnen), manieren om de windinvloed zoveel mogelijk te beperken, het wijzen op de gevolgen van onjuiste omgang met dakdragers en lading - schade en ongevallen.

Bij lading in voertuigen lijkt het voornaamste probleem schuivende lading te zijn, evenals (bij frontale botsingen) naar voren vliegende lading. Remedies zijn bevestiging van en bescherming tegen lading. Hiervoor zijn gemakkelijk te gebruiken bevestigingspunten, een laagliggende laadvloer met anti-schuifvoorzieningen, afscherming tegen lading door stevige rugleuningen van banken of stoelen, en een ladingnet tegen naar voren vliegende lading. Het standaard aanbrengen van een rechter buitenspiegel is aan te bevelen (wettelijk verplicht als het uitzicht via de binnenspiegel verstoord is). Een duidelijke en uitgebreide beschrijving van vervoer van lading in het instructieboek van het voertuig moet ook wijzen op het gewijzigde rij- en remgedrag en zou liefst alledaagse voorbeelden van vervoer van lading moeten laten zien. Een aangepaste achtervering en -demping en een automatische lastafhankelijke remdrukregelaar op de achteras kunnen het rij- en remgedrag verbeteren.

Bij lading aan het voertuig (voornamelijk fietsdragers) zijn alleen mogelijke problemen gesignaleerd bij de verlichting achter en de breedte. Hiervoor zullen de bestaande wettelijke voorschriften toereikend zijn.

Bij lading achter het voertuig - in dit verband aanhangers en caravans - is uit de literatuur redelijk wat bekend. Het gedrag van een voertuig-aanhangercombinatie kan verbeterd worden door geschikte eisen te stellen aan

massa, ophanging en geometrie van de combinatie (zie Hoofdstuk 3 en Tabel 5), zoals een juiste massaverhouding en een kleine overhang en een lange dissel. Ook het toepassen van een dissel met een virtueel draaipunt op de achteras is een goede maatregel. Het toepassen van een instelbare remkrachtverdeling en een anti-blokkeersysteem kan het remgedrag aanzienlijk verbeteren. Instructie over het beladen van de combinatie is hierbij zeer belangrijk: De aanhanger en speciaal een caravan zal voorzien moeten worden van gemakkelijk te gebruiken bevestigingspunten. In dit verband moet gedacht worden aan het advies om zware voorwerpen boven de as te plaatsen: het is niet duidelijk waar deze aan bevestigd moeten worden. Ook de plaats van de gasfles is een punt van discussie.

6. DISCUSSIE

Het grote probleem met lading en voertuigen is het incidentele karakter ervan. Als iemand bepaalde spullen slechts zelden gebruikt, zal er ook slechts weinig geld aan uitgegeven worden. Ook zal dan betrekkelijk weinig moeite worden gedaan om zich van het juiste gebruik op de hoogte te stellen. Als het dan ook nog relatief zelden misgaat, is de interesse om te investeren in veiligheid tamelijk gering. Dit betekent dat indien het probleem moet worden aangepakt, dat de overheid initieven zou moeten ontplooiën. Dat de interesse in veiligheid zeer gering is, en indien aanwezig, verkeerd gericht, bleek uit een bezoek aan een caravantentoonstelling in 1986. Op de meeste stands was geen enkele verwijzing te vinden naar verkeersveiligheid. Op een enkele stand was een verbeterde dissel met virtueel draaipunt te zien: een essentiële verbetering, die de veiligheidsmarge tussen de gereden snelheid en de snelheid, waarbij de combinatie instabiel wordt, vergroot. Er werd echter alleen op gewezen dat hierdoor harder gereden kon worden. Als dan weer dezelfde veiligheidsmarge (of het ontbreken daarvan!) als voorheen ontstaat, is toch de situatie verslechterd, omdat de snelheid nu veel hoger is. Eventuele conflicten of ongevallen leiden dan tot ernstiger gevolgen.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het aandeel ongevallen waarbij lading op, in, aan of achter voertuigen een rol speelt in het ontstaan ervan, is klein; in buitenlandse literatuur wordt voor ongevallen met caravans een aandeel genoemd van 0,35 % van alle ongevallen; de helft hiervan heeft te maken met de stabiliteit van de combinatie.
2. Dakdragers blijken al onder normale gebruiksomstandigheden te kunnen bezwijken. Nader onderzoek naar minimum eisen voor dakdragers voor sterkte, corrosievastheid en geschiktheid voor bepaalde typen auto's wordt aanbevolen.
3. Uit de literatuur zijn voldoende gegevens bekend om door geschikte keuze van voertuigeigenschappen een goed rijgedrag van de combinatie van personenauto en aanhanger te realiseren. Vorm van en massaverhouding tussen trekkende voertuigen en aanhangers zijn hiervoor belangrijk. Eisen aan alleen trekkende voertuigen of alleen aanhangers reiken niet ver genoeg.
4. Een instelbare (en betrouwbare en duurzame) remkrachtverdeling en eventueel een anti-blokkeersysteem bij personenauto's, die aanhangers kunnen trekken, valt te overwegen; evenals nader onderzoek naar eisen aan de verhouding tussen massa van aanhangers en trekkende voertuigen.
5. De elektrische verbindingen bij personenauto-aanhanger-combinaties behoeven verbetering, onder meer door het hoger plaatsen van de contactdoos, een betere afdichting ervan of toepassing van corrosiebestendige materialen.
6. Het verdient overweging voertuigen standaard met een rechter buitenspiegel uit te rusten, omdat door het vervoer van lading in, aan of achter het voertuig het uitzicht via de binnenspiegel snel verstoord is.
7. Het incidentele karakter van lading op, in, aan of achter particuliere voertuigen werkt onbekendheid met de omgang ermee in de hand. De middelen voor een veilige omgang met lading zijn aanwezig, doch worden vaak niet gebruikt, aangeschaft of voorzien. Vanwege het incidentele karakter wordt vaak sterk op de kosten beknibbeld.
8. Een betere voorlichting en een beter toezicht op vervoer van lading, de bevestiging ervan, voor overbelading en voor maximum snelheid is noodzakelijk.

LITERATUUR

- ANWB (1977). Caravan instructie. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, Den Haag, 1977.
- ANWB (1986). Brochure 'Imperiaals'. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, Den Haag, 1986.
- Auer, C.; Tröschel, C. (1983). Fahrverhalten von Pkw im Anhängerbetrieb. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 21(1983)6: 171-177.
- Bastiaanse, J. (1979). Dachgepäckträger für Personenkraftwagen. Instituut voor Wegtransportmiddelen IW-TNO, Delft, 1979.
- Bezuije, C. van (1982). Caravankeuring 1982. Gemeentepolitie Roosendaal en Nispen.
- Burckhardt, M. (1982). Zur Bremsdynamik eines Personenwagenzuges mit auf-
laufgebremsten Anhänger. Automobiltechnische Zeitschrift 84(1982)6:
285-288.
- Dettinger, J.; Richter, K-H. (1983). Bremsverhalten von Pkw-Anhänger-
Zügen in Notsituationen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 21(1983)1:
19-27.
- Gnadler, R.; Zabadneh, M. (1979). Passenger cars with single-axle
trailers. The dynamics of vehicles on roads and railway tracks. Proceedings
6th IAVSD-Symposium, 1979. Swets & Zeitlinger, Lisse, 1980.
- Grunow, D.; Heissing, B.; Hinze, P. (1985). Fahrverhalten von Pkw bei
Seitenwind. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 23(1985)6: 169-174.
- Magnusson, G. (1978). Taklastens inverkan på personbilars köregenskaper.
VTI rapport nr. 172. Statens Väg- och Trafikinstitut, Linköping, 1978.
- Mitschke, M.; Sagan, E. (1980). Untersuchungen zum Fahrverhalten von Pkw
mit Wohnanhängern. In: Entwicklungslinien in Kraftfahrzeugtechnik und
Strassenverkehr. Verlag TÜV-Rheinland, 1980.

- Peschke, W.; Mankau, H. (1982). Pendel-Zug. Automobil Revue (1982)18: 51, 53.

- Rompe, K. (1982). Fahrverhalten von Personenwagenzügen. Teil I und II: Automobiltechnische Zeitschrift 84(1982)6: 273-280/, en 84(1982)7/8 : 381-384.

- Vaughan, R. (1974). Caravans in traffic crashes. Department of Transport New South Wales, Australia, 1974.

- Ungerer, H. (1984). Statik und Dynamik von Personenwagenzügen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 22(1984)7/8 : 205-219.

- Zomotor, A.; Richter, K-H.; Kuhn, W. (1981). Untersuchung über Stabilität und das Aerodynamische Störverhalten von PKw-Wohnanhängerzügen. Automobil Industrie (1982)3 : 331-340.

- Zomotor, A.; Kuhn, W. (1982). Beitrag zur Verbesserung der aktiven Sicherheit von Personenwagen-Caravan-Zügen. Automobiltechnische Zeitschrift 84(1982)11: 565-570.