

Meer gebruik van aluminium in personenauto's

Mogelijke consequenties voor de verkeersveiligheid

R-94-76

Ir. J. van der Sluis & ir. F.C.M. Wegman

Leidschendam, 1994

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 170
2260 AD Leidschendam
Telefoon 070-3209323
Telefax 070-3201261

Samenvatting

In opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat heeft de SWOV onderzocht wat de consequenties zijn van het toepassen van meer aluminium in personenauto's. Autofabrikanten gebruiken sinds jaar en dag aluminium in hun produkten. De belangstelling voor aluminium is het afgelopen jaar toegenomen; dit hangt samen met de gewichtsbesparing en (daaruit voortvloeiend) het lagere brandstofverbruik die met de toepassing van aluminium bereikt kunnen worden. In het onderzoek is gekeken naar de invloed die gewichtsbesparing heeft op de dynamica van het voertuig en op de botsveiligheid van zowel de inzittende als de botspartner.

Op basis van de mechanica is aangetoond dat de versnelling en de vertraging die met een voertuig maximaal gehaald kunnen worden, niet afhankelijk zijn van het gewicht van het voertuig.

Het materiaalgebruik bij de beplating van auto's heeft invloed op de afloop van een botsing voor kwetsbare verkeersdeelnemers. De materiaaleigenschappen van aluminium zijn in dit opzicht gunstiger dan die van staal. Voor de veiligheid van de inzittende heeft het grote energie-absorberend vermogen van aluminium voordelen. Dit geldt zeker bij enkelvoudige botsingen; bij tweevoudige botsingen wordt de afloop tevens in belangrijke mate bepaald door de massa van de botspartner.

De invloed van gewichtsreductie op de verkeersveiligheid kan, behalve met behulp van beschouwingen die gefundeerd zijn op de mechanica, ook bestudeerd worden met behulp van de statistiek. Dit is onder meer gebeurd in de Verenigde Staten; na de oliecrisis in de jaren zeventig zijn de auto's daar kleiner en lichter geworden. Met behulp van statistische analyses heeft men bestudeerd wat de gevolgen hiervan zijn voor de verkeersveiligheid. De verschillende onderzoekers komen evenwel tot uiteenlopende conclusies.

De overheid zal lichtere voertuigen toejuichen, vanwege de positieve effecten voor het milieu. Een en ander mag echter niet ten koste gaan van de verkeersveiligheid. De overheid heeft verschillende instrumenten om, met het oog op de veiligheid, de voertuigindustrie te sturen. In dit verband zal de overheid tegelijkertijd in de gaten moeten houden of wijzigingen in het voertuigpark consequenties hebben voor de infrastructuur.

De voorspelde gewichtsreductie als gevolg van meer aluminium in voertuigen, bedraagt tien procent. De verwachting is dat deze reductie geen consequenties heeft voor de verkeersveiligheid. Aanname daarbij is, dat de spreiding van de voertuigmassa niet toeneemt. De verkeersveiligheid is, los van gewichtsreductie, altijd gebaat bij een kleinere spreiding van het voertuiggewicht.

Summary

Greater use of aluminium in passenger cars

The SWOV was asked by the Netherlands Transport Research Centre AVV of the Ministry of Transport and Public Works to study the consequences of applying a greater proportion of aluminium to passenger cars. Car manufacturers have been incorporating aluminium in their products for many years. Interest in aluminium has grown in the past year; this is because a reduction in weight and hence fuel consumption can be achieved through the application of aluminium.

The study considered the influence of a reduction in weight on the dynamics of the vehicle and how, in the event of a collision, this would affect the safety of both occupant and collision partner.

Based on mechanical principles, it was shown that the maximum acceleration and deceleration which can be attained by a vehicle are not dependent on its weight.

The material used for the panelling of cars influences the outcome of a collision for vulnerable road users. The material properties of aluminium are in this respect more favourable than those of steel. The considerable energy-absorbing capacity of aluminium also has a positive effect on the safety of the occupant. This applies in particular to single-party collisions; with two-party collisions, the outcome is also determined to a considerable degree by the mass of the collision partner.

In addition to using evaluations based on mechanical principles, the influence of a reduction in vehicle weight on road safety can be studied with the aid of statistics. Studies of this nature were carried out in the United States; following the oil crisis in the 1970s, manufacturers began to produce smaller and lighter cars. With the aid of statistical analyses, the effects of this change on road safety were studied. However, divergent conclusions were reached by the various researchers.

Whilst the government would applaud the introduction of lighter vehicles, due to their positive effects on the environment, such a change should not be associated with a negative effect on road safety. The government has various instruments at its disposal to control the car manufacturing industry and maintain standards of safety. In this context, the government should also monitor whether changes in the overall composition of cars on the road will have consequences for the infrastructure.

The predicted reduction in weight if more aluminium is incorporated in motor vehicles is ten percent. It is anticipated that such a reduction will not have any negative consequences for road safety, provided the distribution in vehicle mass does not increase. Not only a reduction in vehicle weight, but also a smaller distribution in vehicle weight is beneficial for overall road safety.

Inhoud

1.	<i>Inleiding</i>	6
2.	<i>Aluminium in voertuigen</i>	8
2.1.	Historie	8
2.2.	Huidige situatie	8
2.3.	De toekomst	8
3.	<i>Voertuigdynamica</i>	9
4.	<i>De botsveiligheid</i>	11
4.1.	De veiligheid van kwetsbare verkeersdeelnemers	11
4.2.	De veiligheid van de voertuiginzittenden	11
4.3.	De statistische relatie tussen voertuiggrootte en inzittendenveiligheid	13
5.	<i>De overheid en lichtere voertuigen</i>	14
6.	<i>Conclusies en aanbevelingen</i>	15
	<i>Literatuur</i>	16

1. Inleiding

In het afgelopen jaar heeft het aluminiumgebruik in voertuigen ruime aandacht gekregen in de pers; zowel aluminiumproducenten als autofabrikanten hebben de verwachting dat aluminium de komende tijd meer in voertuigen toegepast gaat worden.

Door ruimere toepassing van het lichte materiaal aluminium wordt de massa van de voertuigen kleiner, een ontwikkeling die overigens ook door toepassing van kunststoffen bereikt zou kunnen worden. Lichtere auto's hebben minder brandstof nodig en leveren dus minder uitstoot van schadelijke stoffen op. De vraag is nu of het lichter maken van voertuigen ook verkeersveiligheidsconsequenties heeft.

In het verleden kenmerkte het productieproces van aluminium zich door het gebruik van grote hoeveelheden energie. Tegenwoordig bestaat de mogelijkheid het aluminium te recyclen, wat tot energiebesparing leidt. De groei van het aanbod van gerecycled aluminium heeft structureel een lagere prijs tot gevolg. Een lagere prijs verhoogt de kans voor breder gebruik in de automobielenindustrie.

Aluminium is in de auto-industrie niet een nieuwe grondstof. Vooral in de kleine sportieve auto en bij speciale voertuigen, dus daar waar de prijs van minder belang is, wordt aluminium toegepast. Het materiaal wordt toegepast in gietstukken voor de motor (bijvoorbeeld inlaatspruitstukken, klependeksels) en plaatwerk voor de carrosserie. De nieuwste ontwikkeling is dat men ook steeds meer aluminium gaat toepassen in dragende delen. Hiervoor zijn fundamenteel andere produktiemethodieken nodig. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op het toepassen van aluminium in de auto-industrie.

Het is mogelijk om op basis van (a) de voertuigdynamica (hoofdstuk 3), (b) de botsmechanica en (c) de beschikbare kennis van het materiaal (beide hoofdstuk 4), te voorspellen in welke mate het gebruik van lichtere voertuigen invloed heeft op de verkeersveiligheid.

De dynamica van het voertuig bepaalt de mogelijkheden die een voertuig de bestuurder biedt om veilige dan wel onveilige manoeuvres uit te voeren. De botsmechanica zegt iets over de versnellingen die optreden wanneer twee voertuigen botsen. De materiaaleigenschappen van aluminium bepalen de energie-absorptie en de vervorming van het voertuig tijdens een botsing.

De laatste decennia is het gemiddelde voertuig gewicht in Nederland nauwelijks afgenomen. Er is in Europa sprake van een ontwikkeling dat dezelfde type auto's zwaarder worden door het toevoegen van accessoires en door eisen om de botsveiligheid van voertuigen te verbeteren.

De recent toegenomen belangstelling van de voertuigindustrie voor de toepassing van lichte materialen zou een antwoord kunnen zijn op deze trend: gewichtsbesparing in de carrosserie om de gewichtstoename door meer accessoires en onderdelen om de passieve veiligheid te vergroten te compenseren.

In de Verenigde Staten heeft de vraag naar zuiniger auto's, als gevolg van de oliecrisis in de jaren zeventig, geresulteerd in een groter aantal kleine auto's. Naar de verkeersveiligheidseffecten van deze zogenaamde *downsizing*, is aldaar onderzoek verricht.

Uit de bestudeerde ongevalsstatistieken blijkt dat de voertuigmassa een belangrijke parameter is voor de inzittendenveiligheid bij botsingen.

De statistische relatie tussen voertuigmassa en inzittendenveiligheid wordt in § 4.3 behandeld. Gegevens omtrent deze relatie zijn voor Europa ook relevant aan het worden, nu blijkt dat steeds meer autofabrikanten 'lichte voertuigen' op de markt willen brengen. In het op één na laatste hoofdstuk wordt bekeken welke rol de overheid heeft respectievelijk zou kunnen hebben bij het toepassen van aluminium in voertuigen; vooral het vaststellen van keuringseisen is van belang.

Het rapport wordt besloten met conclusies en aanbevelingen.

2. Aluminium in voertuigen

2.1. Historie

Aluminium wordt vanaf het ontstaan van de automobiellindustrie in voertuigen verwerkt. Vanwege de relatief hoge prijs ten opzichte van staal is het materiaal alleen op kleine schaal toegepast, hoofdzakelijk in de vorm van gietstukken.

Het lage soortelijke gewicht van aluminium is in de autoindustrie, in tegenstelling tot de vliegtuigindustrie, voor lange tijd van ondergeschikt belang geweest (het soortelijk gewicht van aluminium is 2,7 en van staal 7,9). Bovendien is aluminium altijd een lastig materiaal geweest om als plaatmateriaal te verwerken en om verbindingen mee te maken. Landrover gebruikt nog steeds nagelverbindingen om de aluminium beplating op de carrosserie aan te brengen. Citroën is één van de weinige automerken die aluminium heeft toegepast in een auto waarvan grote aantallen zijn geproduceerd. De motorkap van ID/DS serie was gemaakt van aluminium plaat.

2.2. Huidige situatie

Momenteel wordt er gemiddeld ongeveer 70 kilogram aluminium per auto gebruikt, hoofdzakelijk voor gietonderdelen. Dit jaar heeft Audi een model op de markt gebracht, de A6, waarvan de gehele carrosserie van aluminium wordt gemaakt. De ontwikkeling van het zogenaamde aluminium spaceframe (ASF) heeft Audi tien jaar gekost. De A8 is de opvolger van de Audi 100. Een Audi 100, met V6-motor, voorwielaandrijving en handversnelling weegt 1348 kilogram, een vergelijkbare uitvoering van de A6 weegt 1121 kilogram. Door middel van de spaceframe-technologie wordt 227 kilogram massa bespaard, bijna 17% van de massa van de Audi 100. Van andere merken is weliswaar bekend dat gewerkt wordt aan dezelfde toepassingsmogelijkheden, maar daarvan zijn geen resultaten bekend.

2.3. De toekomst

Onder druk van de steeds hogere milieu-eisen die aan auto's worden gesteld, werken verscheidene fabrikanten en onderzoeksinstituten aan gewichtsreductie van voertuigen. In eigen land ontwikkelt NedCar Engineering en Development te Helmond in samenwerking met Reynolds uit Harderwijk een zogeheten *spaceframe bodydrager*, opgebouwd uit aluminium profielen.

Ook zijn er ontwikkelingen op het gebied van de kleinere voertuigen. Mercedes heeft een aluminium conceptmodel, de Vision A93, ontwikkeld. De verwachting is dat de Vision A93 in de tweede helft van de jaren negentig op de markt komt. In Noorwegen is een spaceframe ontwikkeld door het PIV (Personal Independent Vehicle)-consortium.

De algemene verwachting is dat het gemiddelde aluminium gebruik in personenauto's van de huidige 70 kilogram in het jaar 2000 gestegen zal zijn tot 100 kilogram (Schlott, 1994). Dit betekent dat er in de komende jaren sprake zal zijn van een relatief bescheiden daling van het gemiddelde gewicht van personenauto's.

3. Voertuigdynamica

In welke mate de voertuigdynamica de verkeersveiligheid beïnvloedt is moeilijk te meten. Het vermeende 'GTi-effect', het op de markt komen van kleine autootjes met veel motorvermogen, kan optreden wanneer het aluminiumgebruik relatief grote gewichtsreducties tot gevolg heeft en het geïnstalleerde motorvermogen gelijk blijft.

De huidige ontwikkelingen gaan evenwel niet de GTi-kant op. De overwegingen om voertuigen lichter te maken liggen op het terrein van het milieu en het energieverbruik.

De afname van het gewicht maakt het mogelijk dat kleinere, meer zuinige motoren worden toegepast. Gewichtsreductie zal dan wel gekoppeld moeten worden aan vermogensreductie, teneinde een 'GTi-effect', dat voor de verkeersveiligheid als negatief bestempeld kan worden, te voorkomen. Hier ligt een belangrijke taak voor overheden. Immers, het is niet te verwachten dat een mogelijk ongunstige ontwikkeling op het gebied van de verkeersveiligheid zonder meer vanuit de industrie wordt voorkomen.

Daarbij komt dat gewichtsbesparing geen invloed heeft op de maximale versnellingen en vertragingen van de auto. Een voertuig waarvan het motorvermogen gelijk blijft, maar waarvan de massa wordt verminderd kan tot op zekere hoogte sneller optrekken. De maximaal mogelijke versnelling/vertraging wordt bepaald, zoals uit de volgende formules blijkt, door de wrijvingscoëfficiënt tussen band en wegdek en de versnelling van de zwaartekracht.

In *Formule 1* is tweede wet van Newton van het voertuig gegeven. Er is een aandrijfkracht F_a [N] nodig om het voertuig met een massa van m_v [kg] een versnelling van a_v [m/s] te geven.

$$F_a = m_v \cdot a_v \quad (1)$$

De wrijvingswet van Coulomb zegt dat de wrijvingskracht F_w evenredig is aan de wrijvingscoëfficiënt c maal de normaalkracht F_n . Of in formulevorm:

$$F_w = c \cdot F_n \quad (2)$$

De normaalkracht op de aangedreven wielen wordt bepaald door het produkt van de massa m_v van het voertuig en de zwaartekrachtversnelling g en een factor f die aangeeft welk deel van de totale massa door de aangedreven wielen wordt gedragen. De factor f wordt bepaald door de voertuiggeometrie.

$$F_n = f \cdot m_v \cdot g \quad (3)$$

Wanneer het voertuig optrekt, geldt dat de maximale aandrijfkracht gelijk is aan de maximaal mogelijke wrijvingskracht tussen de wielen en het wegdek. Een grotere aandrijfkracht zal de aangedreven wielen doen slippen.

$$F_a = F_w \quad (4)$$

Formule 3 in *2* en vervolgens *Formule 2* en *1* in *4* geeft de volgende gelijkens:

$$m_v \cdot a_v = f \cdot c \cdot g \cdot m_v \quad (5)$$

Uit de gelijkens van *Formule 5* valt de voertuigmassa m_v links en rechts van het gelijkteken weg. De maximaal mogelijke versnelling wordt dus bepaald door de factor f , de wrijvingscoëfficiënt en de zwaartekrachtversnelling. Op dezelfde wijze kan aangetoond worden dat de maximale remvertraging, net als de versnelling, onafhankelijk is van de voertuigmassa.

Overigens zijn de feitelijke remvertragingen en -versnellingen, die lager liggen dan de maximale versnellingen en vertragingen, wel te verbeteren onder overigens gelijke omstandigheden voor lichtere voertuigen.

Met de ontwikkeling van A8 door Audi is gebleken dat met een aluminium spaceframe het voertuig 40% torsie-stijver te maken is dan conventionele auto's. Door een torsie-stijve carrosserie wordt de wegligging over het algemeen beter, waardoor een sportiever rijgedrag mogelijk is. De directe invloed van de voertuigdynamica op de verkeersveiligheid is echter klein, omdat de veiligheid meer wordt bepaald door de bestuurder dan door de mogelijkheden van het voertuig.

4. De botsveiligheid

4.1. De veiligheid van kwetsbare verkeersdeelnemers

Bij de botsveiligheid van een voertuig is zowel de veiligheid van de inzittenden in het geding als die van de botspartner, veelal behorend tot de kwetsbare verkeersdeelnemers: fietsers en voetgangers.

Bij een botsing is het lokale gedrag van de carrosserie bepalend voor de veiligheid van fietsers en voetgangers. De traditioneel stijve carrosserieonderdelen zoals de raamstijlen van de voorruit, die veel letsel veroorzaken, zullen als gevolg van meer aluminium niet van karakter veranderen. Kwetsbare verkeersdeelnemers hebben wel baat bij aluminium beplating. Aluminium heeft de eigenschap dat het minder verstevigt tijdens plastische vervorming. Hierdoor wordt de kans op letsel als gevolg van lokale vervorming kleiner. Dit betekent dat toepassing van aluminium op plaatsen waar voetgangers, fietsers en bromfietsers veelal in aanraking komen met een personenauto zeker overwogen zou kunnen worden. Overigens komt de toepassing van kunststof hiervoor ook in aanmerking.

4.2. De veiligheid van de voertuiginzittenden

De chassiseigenschappen bepalen in belangrijke mate de inzittendenveiligheid. In iedere moderne auto worden kreukelzones ingebouwd. Aluminium is een geschikt materiaal om in kreukelzones te worden toegepast. Globaal geldt dat een onderdeel, ontworpen om een bepaalde hoeveelheid energie te absorberen, in aluminium uitvoering 50% minder weegt dan het stalen equivalent.

Massareductie met behulp van aluminium is gunstig voor het vermogen om botsenergie te absorberen. Daarbij komt dat de kinetische energie van een voertuig evenredig is met de massa. Een massareductie van 10% geeft bij iedere snelheid 10% reductie van de kinetische energie-inhoud. Er hoeft in het geval van een botsing 10% minder energie gedissipeerd te worden.

Voor enkelvoudige botsingen geldt zonder meer dat gewichtsreductie, bij gelijkblijvend energie-absorberend vermogen, geen nadelen heeft voor de botsveiligheid van de inzittenden. Voor tweevoudige botsingen is dat uiteraard niet het geval. De variatie van de voertuigmassa in het huidige verkeer is groot. In het extreme geval van een botsing tussen een personenauto en een vrachtwagen, doet de hoeveelheid energie die de personenauto absorbeert en de kinetische energie inhoud van de personenauto, nauwelijks meer ter zake. De snelheidsverandering die de botspartners ondergaan, een grove maat voor de letselernst (Joksch, 1992), is namelijk omgekeerd evenredig met de massa.

m1	v1	m2	v2	$\Delta v1$	$\Delta v2$
[kg]	[m/s]	[kg]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
800	27,78	800	-27,78	27,78	27,78
800	27,78	1000	-27,78	30,86	24,69
800	27,78	1250	-27,78	33,88	21,68
800	27,78	1500	-27,78	36,23	19,32
800	27,78	40.000	-27,78	54,47	1,09

Tabel 1: De snelheidsverschillen van voertuigen met verschillende massa als gevolg van een frontale botsing.

Tabel 1 geeft een aantal voorbeelden van botsingen tussen voertuigen met verschillende massa's bij 100 km/uur (27,78 m/s). In de tabel wordt uitgegaan van een frontale botsing met volledige dissipatie. Uit de tabel is het effect van massaverschil tussen de voertuigen op de snelheidsverandering duidelijk zichtbaar. Naar mate voertuig 2 zwaarder wordt, wordt de snelheidsverandering $\Delta v2$ kleiner en $\Delta v1$ groter. Het verband tussen de verhouding van snelheidsveranderingen en de massaverhouding is gegeven in *Formule 6*.

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (6)$$

Wanneer alle voertuigen met hetzelfde percentage lichter zouden worden, dan heeft dat geen invloed op de snelheidsverandering en dus ook niet op de inzittendenveiligheid. Wanneer één gewichtssegment uit de voertuigpopulatie lichter wordt, dan heeft dat wel invloed.

De inzittendenveiligheid wordt overigens niet bepaald door de snelheidsverandering zelf, maar door versnellingen die het gevolg zijn van de snelheidsverandering van het voertuig. Belangrijk is dus de tijdsduur waarin de snelheidsverandering plaatsvindt. De tijd waarin de snelheidsverandering plaatsvindt, hangt nauw samen met de beschikbare ruimte in de botsende voertuigen om de botsenergie te dissiperen. De botskrachten zijn lager wanneer de snelheidsverandering over een langere weg, en dus tijdens een langere tijd, plaatsvindt. De arbeid die wordt verricht wordt beschreven met de volgende integraal.

$$A = \int_{s1}^{s2} F(t,s) ds \quad (7)$$

Uit *Formule 7* volgt direct dat wanneer de beschikbare weg ($s2-s1$) groter wordt, de kracht om een bepaalde hoeveelheid energie te dissiperen

kleiner wordt. Lagere krachten hebben ook lagere versnellingen tot gevolg, wat gunstig is voor de afloop van de botsing voor de inzittenden.

In de volgende paragraaf wordt iets dieper ingegaan op statistische analyses die in Amerika uitgevoerd zijn, om de invloed van massa op de inzittende veiligheid te bepalen.

4.3. De statistische relatie tussen voertuiggrootte en inzittendenveiligheid

In de Verenigde Staten is na de eerste oliecrisis in het begin van de jaren zeventig de samenstelling van het voertuigpark veranderd. Het aandeel kleinere voertuigen is toegenomen, onder invloed van de gestegen brandstofkosten. Uit de statistieken blijkt dat het aantal slachtoffers onder bestuurders van de kleinere auto's groter is dan bij de traditioneel grotere Amerikaanse auto's. Evans & Frick (1992) menen op grond van statistische analyses dat vooral de massa van het voertuig de belangrijkste parameter is bij het risico dat een bestuurder loopt bij een ongeval: hoe groter de massa van de eigen auto ten opzichte van de massa van de botspartner, hoe kleiner het eigen letselrisico.

Meer recent worden om milieuredenen steeds lichtere voertuigen ontwikkeld. Evans verwacht dat verdere gewichtsreductie het risico voor inzittenden vergroot. Robertson (1991) daarentegen is van mening dat niet de massa, maar de grootte van het voertuig de belangrijkste parameter is voor het letselrisico van inzittenden. Aangezien het verband tussen massa en grootte tot nu toe tamelijk rechtlijnig is, zijn vooralsnog beide grootheden uitwisselbaar.

De algemene conclusie zou kunnen zijn dat bij lagere massa een effectievere (grotere) kreukelzone beschikbaar moet zijn ter compensatie van de gedaalde botsveiligheid ten opzicht van andere personenauto's. Hier is een taak weggelegd voor regelgevende overheden om veiligheid en milieu tegelijkertijd te verbeteren.

Statistieken zeggen iets over het verleden en over de huidige toestand. Extrapolatie in de tijd van de gegevens is discutabel; het is moeilijk de toekomstige ontwikkelingen in de automobiellindustrie in de statistieken te verwerken.

De wens om milieuvriendelijke voertuigen te maken, onder andere door massareductie, resulteert in andere technische oplossingen die momenteel niet toegepast worden. Hierdoor zullen ook het botsgedrag van de voertuigen veranderen. Een voorbeeld is de A93 van Mercedes. Bij zwaardere botsingen schuift het motorblok met versnellingsbak onder het inzittendencompartiment. Uit de mechanica is af te leiden dat massareductie, gekoppeld aan gelijkblijvende energiedissipatie mogelijkheden, geen verslechtering van de inzittendenveiligheid kan opleveren.

5. De overheid en lichtere voertuigen

De overheid (de nationale en de Europese overheid) heeft op een aantal manieren te maken met aluminium-gebruik in voertuigen. Het gaat daarbij enerzijds om het invloed uitoefenen op een meer-gebruik van lichte materialen (vanuit milieu-overwegingen; dit heeft bijvoorbeeld in de Verenigde Staten plaatsgevonden, niet in Europa). Anderzijds gaat het er om te voorkomen dat milieuvriendelijke oplossingen tegelijkertijd de verkeersonveiligheid doen toenemen.

In eerste plaats stelt de overheid eisen aan voertuigen. Voordat een auto op de markt mag worden gebracht, moet de wagen een typekeuring ondergaan.

In de tweede plaats heft de overheid belasting op voertuigen. De grondslag voor de hoogte van de belasting is het gewicht van het voertuig en brandstofsoort.

Ten slotte verzorgt de overheid de benodigde infrastructuur om de voertuigen te laten rijden. Een groot aantal aanrijdingen vindt plaats tussen een voertuig met door de overheid geplaatst wegmeubilair. Veranderingen in het voertuigpark zullen in een aantal gevallen ook moeten resulteren in aanpassing van de infrastructuur.

Een voertuig moet aan een groot aantal eisen voldoen voordat het op de Nederlandse weg mag verschijnen. Een groot aantal eisen heeft direct of indirect betrekking op de inzittendenveiligheid. Zo moeten er veiligheidsriemen aanwezig zijn, remlichten, mistachterlicht, richtingaanwijzer enzovoort. Verder moet de fabrikant een aantal botstesten laten uitvoeren om de botsveiligheid te toetsen. De overheid stelt geen eisen aan de te gebruiken materialen. Het gebruik van lichtere materialen, zoals aluminium, is grotendeels het resultaat van eisen ten aanzien van de uitstoot van schadelijke stoffen.

Wegbeheerders moeten steeds rekening blijven houden met het voertuigpark dat gebruik maakt van hun wegen. Geleiderails en obstakelbeschermers kunnen geoptimaliseerd worden, wanneer massareductie resulteert in minder spreiding in de massa van het voertuigpark. De Mini gedraagt zich anders dan het grootste model van Mercedes bij een aanrijding met een geleiderail. De mogelijke massareductie van rond de 10% is te weinig om aan te nemen dat het huidige wegmeubilair slechter zal gaan functioneren bij aanrijdingen.

6. Conclusies en aanbevelingen

De toename van het aluminium-gebruik in voertuigen zoals deze voor de komende jaren wordt voorspeld, heeft naar verwachting geen negatieve invloed op de verkeersveiligheid. De maximaal haalbare massavermindering met aluminium bedraagt ongeveer 10 procent van de huidige voertuigmassa. Overigens dient deze tendens tot massavermindering geplaatst te worden in het perspectief van massavermeerdering als gevolg van meer accessoires, hogere botsveiligheidseisen en meer elektronica-toepassingen in auto's.

Er zijn geen redenen om aan te nemen dat de massareductie niet zal plaatsvinden bij alle voertuigklassen. Als dit juist is, dan zal de onderlinge massaverhouding niet veranderen. Er zijn namelijk negatieve gevolgen te verwachten op het gebied van de verkeersveiligheid wanneer alleen de kleinere auto's veel lichter worden terwijl de zwaardere typen gelijk blijven of zelfs nog zwaarder zouden worden. De veiligheid voor inzittenden van personenauto's zal verbeteren wanneer de spreiding van de voertuigmassa kleiner wordt.

De toepassing van aluminium en van kunststoffen biedt ook perspectief voor het verbeteren van de afloop van botsingen tussen personenauto's en kwetsbare verkeersdeelnemers.

De nationale en de Europese overheden zullen massareductie van voertuigen toejuichen, zowel met het oog op de geringere milieubelasting als vanwege het geringere energieverbruik. Maar anderzijds past aandacht voor de verkeersveiligheidsconsequenties. Ontwikkelingen die zowel leiden tot massareductie gecombineerd met een verbetering van de bots-eigenschappen van voertuigen, als ontwikkelingen die leiden tot reductie van massaverschillen tussen voertuigen, zijn toe te juichen vanuit verkeersveiligheidsoverwegingen. Dit zou een richtsnoer kunnen zijn bij het formuleren van overheidsbeleid op dit punt.

Autofabrikanten gebruiken niet alleen aluminium om hun produkten lichter te construeren. Ook kunststoffen worden in toenemende mate gebruikt in de carrosserie. In de toekomst zal kunststof eveneens in de dragende delen worden toegepast.

Zo heeft Renault drie materialen onderzocht om tot lichtere constructies te komen: staal, aluminium en vezelversterkte kunststof. Vezelversterkte kunststof kwam als veelbelovende mogelijkheid uit de bus. Belangrijk voordeel van de vezelversterkte kunststof is de grote vormvrijheid. Aluminium is het beste als het om energieabsorptie gaat. Ook hier is aandacht van de auto-industrie en de overheid gewenst, teneinde deze ontwikkelingen ook voor een hogere verkeersveiligheid te benutten.

Literatuur

Evans, L. (1994). *Car size and safety: a review focused on identifying causative factors*. Paper for inclusion in proceedings of the 14th Enhanced Safety of Vehicles Conference, Munich, Germany, May 1994. Paper No. 94 S4 W 28.

Evans, L. & Frick, M.J. (1992). *Car size or car mass: Which has greater influence on fatality risk?* American Journal of Public Health. Vol. 82, No. 8., 1992.

Joksch, H. (1993). *Velocity change and fatality risk in a crash - A rule of thumb*. Accident Analysis & Prevention. Vol. 25, No.1 pp 103-104, 1993

Robertson, J. (1991). *How to save fuel and reduce injuries in automobiles*. The Journal of Trauma Vol. 31, No.1, 1991.

Schlott, S. (1994). *Lediglich leichte Lektionen*. Automobil Industrie 4/94. pag.70-72