

DE INVLOED VAN KORTERE REMTIJDEN OP DE VERKEERSVEILIGHEID

Beschouwingen over een gecombineerd gas- en rempedaal

R-91-21

Ir. L.T.B. van Kampen & ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1991

Stichting wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



INHOUD

1. Inleiding
2. Remweg en verkeersveiligheid
 - 2.1. Algemeen
 - 2.2. Beschouwingen omtrent de remweg
3. Beoordeling van de bestaande literatuur over verkeersveiligheidswinst
 - 3.1. Algemeen
 - 3.2. Beoordeling van de door Enke afgeleide formule en gebruikte aannamen
4. Het verkeersveiligheidseffect van een gecombineerd gas- en rempedaal
5. Overwegingen bij algemene toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal
6. Alternatieve systemen voor verbetering van de remweg
 - 6.1. Eerder oplichten van remlichten
 - 6.2. Derde remlicht
 - 6.3. Ander rijgedrag
 - 6.4. Anti-blokkeersysteem (ABS)
7. Conclusies en aanbevelingen

Literatuur

Afbeeldingen 1 t/m 4

1. INLEIDING

De Hoofdafdeling Verkeersveiligheid van Rijkswaterstaat heeft de SWOV gevraagd een consult uit brengen over het te verwachten verkeersveiligheidseffect van toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal in personenauto's.

Een gecombineerd gas- en rempedaal is een apparaat dat twee functies (gasgeven en remmen) in één pedaal verenigt. In het onderhavige geval gaat het om een apparaat, CAB-systeem genaamd, waarmee gas kan worden gegeven door middel van drukken met het teengedeelte van de voet en waarme^e geremd kan worden door met de volle voet naar beneden te drukken. De gelijktijdige werking van gasgeven en remmen is mechanisch uitgesloten; de remwerking gaat voor en is bij alle gasgeefstanden direct in te stellen.

Het apparaat heeft ten doel de tijd die bij het normale pedaalensysteem nodig is om de voet te verplaatsen van het gaspedaal naar het rempedaal te elimineren.

Geclaimd wordt dat door de ontstane tijdwinst in een noodsituatie, de kans op een ongeval dan wel de ernst van de afloop van een ongeval wordt gereduceerd. Deze tijdwinst ligt in de orde grootte van enkele tienden van seconden.

De aanleiding tot dit consult is de positieve publiciteit over de mogelijke verkeersveiligheidswinst van het CAB-systeem. De vorige minister van Verkeer en Waterstaat heeft op die basis een nader onderzoek toegezegd. Een prototype ervan is ingebouwd in een personenauto en inmiddels hebben tal van deskundigen in binnen- en buitenland het systeem beoordeeld en er enige rijervaring mee opgedaan. Naast eigen metingen van de uitvinder bestaan er inmiddels ook beproevingsresultaten van derden betreffende de tijdwinst van het systeem.

Door de uitvinder van het CAB-systeem wordt literatuur aangehaald waarin een aanzienlijke verkeersveiligheidswinst wordt berekend als gevolg van een zeer kleine verbetering van de remreactietijd.

Het doel van dit consult is de betreffende literatuur nader op zijn juistheid te onderzoeken en zo mogelijk uitspraken te doen over de werkelijke verkeersveiligheidswinst van systemen als het gecombineerde gas- en rempedaal.

In het consult wordt niet of nauwelijks op de specifieke kenmerken van het CAB-systeem ingegaan. Getracht wordt in meer algemene zin op de voor- en nadelen van (toepassing van) van gecombineerde gas- en rempedalen in te gaan.

Tevens wordt in het kort aandacht besteed aan alternatieve systemen voor verbetering van de remweg en verbetering van het rijgedrag.

2. REMWEG EN VERKEERSVEILIGHEID

2.1. Algemeen

Eén van de middelen om een reductie van ongevallen te bewerkstelligen is ongetwijfeld het verkleinen van de remweg. Bovendien is duidelijk dat verkorting van de remweg zo niet tot vermijding van het ongeval dan toch tot vermindering van de ernst van de afloop leidt doordat het ongeval bij een lagere botssnelheid plaatsvindt.

In dit consult wordt nader ingegaan op de effecten van middelen die ten doel hebben te komen tot reductie van de remreactietijd en daardoor tot reductie van de remweg. Verondersteld wordt daarbij dat dergelijke middelen geen invloed hebben op het oorspronkelijke rijgedrag. Met andere woorden, er wordt van uitgegaan dat de detectie van gevaar waarop een (rem)-reactie nodig is op precies dezelfde wijze blijft plaatsvinden.

In dit consult wordt niet nagegaan of dit uitgangspunt gerechtvaardigd is; wel wordt in Hoofdstuk 5 op een aantal praktische overwegingen ingegaan die samenhangen met eventuele invoering van systemen als een gecombineerd gas- en rempedaal.

2.2. Beschouwingen omtrent de remweg

In het kader van dit consult is het nuttig de remweg van voertuigen nader op te splitsen en in het bijzonder te kijken naar het gedeelte dat doorgaans reactietijd genoemd wordt.

In een recent artikel van Meyer-Gramcko (1990) wordt juist het laatstgenoemde gedeelte van de totale remweg nader beschouwd (Afbeelding 1). Hierin zien we dat door het optreden van een prikkel (Reizvorgabe) een rembeweging op gang wordt gebracht die moet leiden tot een noodremming. De feitelijke voertuigvertraging is in de twee laatste onderscheiden delen aan de orde. Het eerste gedeelte daarvan (zweltijd) speelt bij personenauto's met hydraulische remsystemen een betrekkelijk kleine rol, maar mag zeker bij vrachtauto's niet verwaarloosd worden.

De onderscheiden delen uit Afbeelding 1 worden in het Nederlands als volgt benoemd:

1. waarnemingstijd)
2. herkenningstijd)
3. beslissingstijd) remreactietijd
4. motorische reactietijd)
5. remaanspreekstijd)

6. zweltijd) feitelijke voertuig-
7. remvertragingstijd) vertraging

De feitelijke voertuigvertraging begint met de zweltijd. Aan het eind van de zweltijd is de maximale voertuigvertraging bereikt. In remwegberekeningen wordt doorgaans alleen de daaropvolgende remvertragingstijd gebruikt en wordt de zweltijd - althans voor personenauto's - verwaarloosd.

Van belang is te beseffen dat gedurende alle daaraan voorafgaande reactietijdonderdelen het betreffende voertuig min of meer met de oorspronkelijke rijsnelheid doorgaat. Mede om die reden moet grote waarde worden gehecht aan de mogelijkheid een substantiële reductie van de reactietijd te realiseren.

Systemen als het in dit consult beoogde gecombineerd gas- en rempedaal hebben uitsluitend betrekking op dat onderdeel van de cyclus dat de motorische reactietijd wordt genoemd.

De orde grootte van de zeven onderscheiden tijdsdelen is verschillend. Het meest bekende onderdeel (de remvertragingstijd) is uiteraard afhankelijk van de remvertraging en de beginsnelheid.

Bij maximaal toelaatbare rijsnelheden op autosnelwegen (100 tot 120 km/uur) en maximale voertuigvertraging (5 tot 8 m/s^2) is die remvertragingstijd tot volledige stilstand van het voertuig in de orde van 4 tot 8 seconden.

De orde grootte van de gezamenlijke reactietijd delen 1 t/m 5 is vooral afhankelijk van individuele invloeden en de urgentie van de prikkel en ligt voor de meeste personen onder 1,5 seconde.

De kortste reactietijden bedragen ongeveer 0,5 seconde, de langste ca. 2,0 seconden.

De remreactietijd lijkt derhalve gering in relatie tot de feitelijke remvertragingstijd, maar hierbij moet beseft worden dat gedurende de reactietijd met nagenoeg de volledige oorspronkelijke snelheid wordt doorgereden.

Een vergelijking van de afgelegde afstand tijdens een remmanoeuvre ziet er derhalve anders uit dan de vergelijking van de tijden:

- gedurende 1,5 seconde reactietijd wordt bij een snelheid van 120 km/uur (autosnelweg) 50 meter afgelegd.
- een volremming bij 8 m/s^2 met een duur van ca. 4 seconden, levert daarenboven een remweg van ca. 70 meter op.

De totale remweg van 120 meter vanaf het moment van de prikkel bestaat derhalve voor ruim 40% uit reactietijdweg, althans in dit voorbeeld.

Over de ordegrrootte van de verschillende onderdelen van de totale reactietijd is in de literatuur slechts in beperkte mate iets terug te vinden. Wel is er veel onderzoek uitgevoerd met betrekking tot de totale reactietijd, terwijl er ook onderzoeksgegevens bestaan over experimenten met diverse configuraties van gas- en rempedalen, inclusief gecombineerde pedalen. Deze literatuur stamt grotendeels uit het begin van de jaren zeventig.

In Amerika zijn experimenten uitgevoerd met een pedaal dat wat functioneren betreft overeenkomt met het in dit consult beschreven gecombineerde gas- en rempedaal (Konz et al., 1971). Bij deze (laboratorium)experimenten is, afhankelijk van de feitelijke uitvoering van het pedaal, een gemiddelde reactietijdverkorting van 0,2 seconden bereikt.

In een soortgelijk experiment werd door andere onderzoekers eveneens een reactietijdverkorting van 0,2 seconden gevonden (Poock et al., 1973).

In meer recente literatuur wordt zowel nogmaals op de voordelen van gecombineerde gas- en rempedalen gewezen (Morrison et al., 1986) als op mogelijke nadelen (Casey & Rogers, 1987). Die nadelen zouden betrekking hebben op comfortaspecten en het gelijktijdig kunnen bedienen van gas- en remfunctie. Zoals bekend is dat laatste echter bij het in dit consult beoogde gecombineerde gas- en rempedaal niet mogelijk en kan dus niet tot een nadeel worden gerekend.

Een illustratie van de ordegrrootte van de verschillende remcyclustijdonderdelen is te vinden in Afbeelding 2 (Burg & Rau, 1981). Opmerkelijk is dat volgens deze auteurs de duur van de motorische reactietijd 150 tot 200

ms bedraagt; (zie fase 4 in Afbeelding 1; aangeduid met de term 'Umsetzen' in Afbeelding 2). Dit is des te meer opmerkelijk omdat hierin in feite de volledige 'winst' ligt opgesloten voor gecombineerde gas- en rempedalen, die blijkens de eerder aangehaalde literatuur ergens rond 0,2 seconden ligt.

We moeten derhalve aannemen dat Burg en Rau een vrij hoge opgave van deze tijd hebben gedaan.

Wat ook de verschillende tijdsdelen voor de reactietijd zijn, duidelijk is dat er een begrenzing is doordat de totale reactietijd minimaal 0,5 en maximaal ongeveer 2,0 seconden bedraagt.

Het is niet aannemelijk dat de snelle reactietijd van 0,5 seconde nog aanmerkelijk kan afnemen door toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal, omdat deze reactietijd kennelijk mede is gebaseerd op een al zeer korte motorische reactietijd. De winst zal dan juist bij mensen met een relatief lange reactietijd kunnen worden gevonden.

Uit de experimenten van Konz et al. blijkt dat er met betrekking tot motorische reacties een leeftijdseffect bestaat. Voor oudere proefpersonen werd een iets grotere tijdswinst bereikt dan voor jongere.

3. BEOORDELING VAN DE BESTAANDE LITERATUUR OVER VERKEERSVEILIGHEIDSWINST

3.1. Algemeen

In een publikatie van het Duitse concern Daimler-Benz (Göhring, 1988) wordt onder meer het verband tussen de afname van de ongevallenkans en de vermindering van de remreactietijd getoond (Afbeelding 3). De conclusie is dat vooral bij achteraanrijdingen en kruispuntongevallen een relatief grote afname van de ongevallenkans mogelijk is als de remreactietijd met tienden van seconden zou verminderen.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de achtergronden en de herkomst van het getoonde verband tussen remreactietijd en ongevallenkans.

Hoewel de herkomst in de aangehaalde publikatie niet staat vermeld, blijkt het hier te gaan om een artikel van de eveneens van Daimler-Benz afkomstige Enke (1979). In dit artikel zijn de mogelijkheden beschreven voor het verbeteren van de verkeersveiligheid binnen het bestuurder-voertuig-omgeving systeem.

Als belangrijkste resultaat vermeldt het artikel dat ongeveer 50% van alle voertuig-voertuigbotsingen kan worden voorkomen door het begin van de rem- en/of ontwijkmanoeuvre 0,5 tot 1 seconde eerder te doen beginnen.

Enke heeft zijn conclusies op twee elementen gebaseerd. Hij gebruikt zowel de (bekende) formules voor éénparig vertraagde bewegingen als een frequentieverdeling van de (relatieve) botssnelheden.

De formules voor éénparig vertraagde bewegingen zijn gebruikt voor het vaststellen van de extra tijd t^* die nodig is om een botsing te vermijden, uitgaande van een beginsnelheid V_0 , de resterende snelheid V_r direct voor de dreigende botsing en de remvertraging a .

Dit verband blijkt volgens Enke te zijn:

$$t^* = \frac{V_r}{2a \cdot k}$$

waarin k de verhouding tussen V_0 en V_r weergeeft.

Om deze algemene formule voor berekeningen bruikbaar te maken, neemt Enke een aantal waarden aan voor a en k .

Vervolgens gebruikt Enke cumulatieve gegevens betreffende de frequentieverdeling van de (relatieve) botssnelheden voor drie verschillende bots-typen uit de Duitse praktijk van voor 1976.

Door beide soorten gegevens aan elkaar te koppelen ontstaat de mogelijkheid t^* te relateren aan het percentage botsingen dat voorkomen kan worden. Enke heeft dit in de vorm van een grafiek uitgewerkt (Afbeelding 4). Uit deze grafiek is af te leiden dat botsingen (onderverdeeld naar drie typen) te voorkomen zijn als het begin van een vermijdingsreactie met ca. 2 à 3 seconden vervroegd zou worden; Enke beoogt zowel eerder remmen als eerder sturen.

Door Göhring is deze grafiek min of meer onveranderd overgenomen door substitutie van de oorspronkelijke x-as (de relatieve botssnelheid) met de nieuwe tijd-as (zie Afbeelding 3). Duidelijk is af te lezen dat er sprake is van een zeer aanzienlijke reductie van ongevallen bij slechts zeer kleine vervroeging van het moment van remmen.

3.2. Beoordeling van de door Enke afgeleide formule en gebruikte aannamen

Voor de remvertraging a koos Enke een waarde van 5 m/s^2 ; hij verantwoordt deze keus door te stellen dat het een goed gemiddelde is tussen remvertragingen op droge en natte wegdekken. Op deze keus valt minder aan te merken dan op de keus van k (zie aldaar). Gegeven het feit dat de toepassing (zeker in het kader van dit consult) toch vooral ligt bij echte noodremmingen, mag de waarde van a redelijk hoog gekozen worden. De maximale waarde die nog redelijk met de praktijk van noodremmingen overeenkomt is ca. 8 m/s^2 , bij droog wegdek. Voor algemene toepassing bij alle botsingen is dat uiteraard een te hoge waarde; een waarde van 6 m/s^2 echter zou als keuze ook goed verdedigbaar zijn.

Bij de tot standkoming van de grafiek van Afbeelding 4 koos Enke voor $k = 2$. Dat wil zeggen dat hij veronderstelde dat de resterende rijsnelheid na een doorsnee remmanoeuvre op het moment van een dreigende botsing de helft van de oorspronkelijke rijsnelheid bedraagt.

Hierover passen een paar opmerkingen, die deels door Enke zelf reeds worden aangegeven. Enke redeneert dat in het uiterste geval (bij $k = 1$, dus geen remmen) de door hem aangegeven tijden 'slechts' een factor twee hoger zouden worden. Op zich is een dergelijke aanname zeer dubieus daar bij een $k = 1$ de remvertraging a nul is. De formule voor t^* is dan niet meer geldig omdat a in de noemer voorkomt.

Wel is duidelijk dat bij zeer kleine k in de buurt van 1 de formule nadert tot $t^* = V_0/2a$ ongeacht de grootte van a .

Aan de andere kant van het keuzegebied voor k - waarden die veel groter zijn dan 2 - gaat het derhalve om relatief lage restsnelheden (botssnelheden). Hier komen we meer in het gebied van de enkele tienden van seconden voor t^* , een gebied waar het in dit consult om draait.

Een rekenvoorbeeld maakt dit duidelijk:

Bij een V_0 van 30 m/s (ca. 108 km/uur), een remvertraging van 5 m/s^2 en een $k = 5$ resteert derhalve een snelheid van 6 m/s (ca. 22 km/uur).

Een botsing met die snelheid zou te vermijden geweest zijn door de remming $t^* = 6/50 = 0,12 \text{ s}$ eerder te doen aanvangen.

Dat de keuze van k invloed heeft op de orde grootte van de tijd t^* is ook op andere wijze duidelijk te maken.

Laten we uitgaan van het gegeven dat we een t^* in de orde grootte van 0,1 seconde kunnen bereiken. Dan wordt de formule van Enke $0,1 = V_r/2a.k$ ofwel $V_r = 0,2 a.k$.

Bij een (eveneens door Enke aangehouden) gemiddelde waarde voor a van 5 wordt de formule: $V_r = k$.

Hiermee zien we dus in een oogopslag welke botssnelheden bij 0,1 seconde eerder remmen zijn te vermijden.

N.B. Bij $t^* = 0,2 \text{ s}$ (een waarde die door het gecombineerd gas- en rempedaal mogelijkserwijs gerealiseerd kan worden) wordt de formule $V_r = 2k$.

Er is dus een lineair verband tussen V_r en k . Anders gezegd, wanneer een keuze wordt gemaakt voor k (zeg $k = 2$), dan ligt het snelheidsgebied van te vermijden botsingen tussen 2 en 4 m/s.

De oorspronkelijke rijnsnelheid V_0 is hierdoor vastgelegd op 4 tot 8 m/s. Dit zijn lage waarden die voor het normale snelverkeer geen betekenis hebben.

Kennelijk moeten we k hoger kiezen om tot praktisch bruikbare toepassing te komen. Stel $k = 4$ dan V_r is 4 tot 8 m/s en V_0 is 16 tot 32 m/s.

Bij het laatste voorbeeld wordt het snelheidsbereik van de autosnelweg benaderd (32 m/s is ca. 115 km/uur).

De voorbeelden leren dat er al relatief lang gered moet zijn (hoge k 's) om met enkele tienden van seconden tijdwinst door eerder te remmen tot volledige vermijding van botsingen te komen. Of anders gezegd, bij een rementijdwinst van 0,1 à 0,2 seconden op autosnelwegen zullen botsingen voorkomen kunnen worden die in de orde grootte van 15 tot 30 km/uur liggen.

Voor achteraanrijdingen zijn dat geen al te extreem ernstige botsingen te noemen.

In het verhaal van Enke blijven overigens twee categorieën manoeuvres onderbelicht. De eerste betreft botsingen waarbij in het geheel niet of nauwelijks werd geremd. In die gevallen immers zou het gecombineerde gas- en rempedaal geen verandering of verbetering inhouden.

Een tweede categorie waarbij het nut van een gecombineerd gas- en rempedaal vermoedelijk niet optimaal is, zijn de remmanoeuvres die niet direct als noodremming beginnen. Bij deze manoeuvres (welke in het artikel van Enke uitvoerig staan beschreven) wordt weliswaar gereageerd op een stimulus die tot remmen aanzet, maar aanvankelijk wordt nog niet voluit geremd, om welke reden ook. Pas in een later stadium van dezelfde remcyclus wordt tot een volremming overgegaan. In een dergelijke remcyclus is als het ware nog ruimte voor verbetering ingebouwd middels een hogere remvertraging. Theoretisch is ook bij deze remmanoeuvres de reactietijdwinst van toepassing, maar de werkelijke winst zou geput moeten worden uit een beter inzicht bij de betrokken bestuurder(s) in de ernst van de situatie die moet leiden tot een hogere remvertraging.

Over de omvang van de twee bovenbeschreven categorieën (rem)manoeuvres ten opzichte van alle remmanoeuvres die aan ongevallen voorafgaan, is nauwelijks iets bekend. Bij de keuze van parameters kan hiermee rekening worden gehouden door niet te optimistisch te schatten.

Het rapport van Enke wordt (via de publikatie van Göhring) in het kader van het beoordelen van het gecombineerde gas- en rempedaal gebruikt voor vrij kleine extra tijden (enkele tienden van seconden). Dit betekent als de grafiek van Afbeelding 3 wordt toegepast dat 0,1 tijdswinst een reductie van ongevallen oplevert in de orde van grootte van $2 \cdot 10\%$ (afhankelijk van het botstype).

Op zich zijn dit hoge percentages. Deze percentages komen in ieder geval ongunstiger te liggen bij een meer reële schatting van de waarden voor k en vanwege de beschouwing over het niet of in mindere mate remmen.

De werkwijze van Enke verdient overigens alle lof. Hij tracht door gebruik te maken van bestaande gegevens tot een conclusie op nationaal (Duits) niveau te komen voor wat betreft het effect op de verkeersveiligheid. Het resultaat van de studie is enerzijds dat een aanzienlijk deel van alle

botsingen te voorkomen is door seconden eerder te reageren. Anderzijds dat als door een eerdere reactie een ongeval niet voorkomen kan worden, er toch een zekere winst behaald wordt doordat de botsing bij lagere snelheid plaatsvindt.

Opgemerkt moet worden dat de gegevens zoals die door Enke zijn gebruikt, zeer moeilijk te verzamelen zijn. Voor de (huidige) Nederlandse situatie ontbreken ze geheel.

4. HET VERKEERSVEILIGHEIDSEFFECT VAN EEN GECOMBINEERD GAS- EN REMPEDAAL

In het vorige hoofdstuk is al beschreven hoe moeilijk het is tot een nauwkeurige bepaling van het verkeersveiligheidseffect van een specifieke maatregel te komen. Dat heeft niet zozeer te maken met de vraag of een gecombineerd gas- en rempedaal nu 0,1, 0,2 of 0,3 seconden tijdwinst oplevert, maar vooral met het ontbreken van bruikbare gegevens over het verband tussen (bots)snelheid of reactietijd en het ontstaan van verkeersongevallen. Enke (1979) maakt duidelijk dat juist die laatste gegevens kunnen leiden tot een uitspraak over de meest relevante botstypen.

We zagen dat voor de berekening van het verkeersveiligheidseffect twee peilers noodzakelijk zijn. De eerste betreft de feitelijke reactietijdwinst. Nu deze nog niet wetenschappelijk en nauwkeurig is vastgesteld met betrekking tot het gecombineerde gas- en rempedaal, zou het probleem kunnen worden opgelost door van een minimum (zeg 0,1 seconde) en een maximum (zeg 0,2 seconden) uit te gaan.

De tweede peiler betreft relevante en actuele gegevens over de frequentieverdeling van werkelijke botssnelheden in de Nederlandse ongevallensituatie. Daar deze ontbreken is een belangrijke basis voor een deugdelijke effectberekening niet aanwezig. Op dit moment lijkt het hooguit mogelijk een globale bepaling van het verkeersveiligheidseffect te maken door uit te gaan van de (in kwaliteit niet getoetste) statistische gegevens die volgens het artikel van Enke afkomstig zijn van Danner.

Voor een dergelijke globale bepaling beperken wij ons tot de kop-staartbotsingen waarbij in principe de grootste winst is te behalen. Dit doordat de botssnelheden daarbij gemiddeld lager liggen dan bij frontale en flankbotsingen. Zoals we in het vorige hoofdstuk gezien hebben betekent dat echter wel automatisch dat er van relatief hoge k-waarden moet worden uitgegaan. Ofwel: de eventuele botssnelheid is slechts een fractie van de oorspronkelijke rijsnelheid.

Indien we een harde betekenis toekennen aan het lineaire verloop van de cumulatieve verdeling van de (relatieve) botssnelheid in de betreffende grafiek, dan wijst dit erop dat bij 0,1 seconde "accident compensation time" (zoals t^* in de grafiek wordt genoemd) 5% van de betreffende ongevallenfrequentie hoort. Hierbij gaan we uit van $k = 4$, ofwel de botssnel-

heden liggen op het niveau van een kwart van de rijsnelheden. We praten derhalve over een potentieel verkeersveiligheidseffect (ongevallenreductie) van een paar procenten.

Vooralsnog lijkt een dergelijk percentage de beste benadering van het potentiële verkeersveiligheidseffect van consequente toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal dat 0,1 seconde reactietijdwinst oplevert. Hierbij is vooralsnog een relatief lage tijdwinst aangehouden om geen te hoge verwachtingen te wekken.

De verkeersveiligheidswinst voor de beide andere botstypen ligt lager dan de ca. 5% voor kop-staartbotsingen.

Daarmee kan de totale van toepassing zijnde verkeersveiligheidswinst vooralsnog niet hoger worden geraamd dan enkele procenten van alle verkeersongevallen.

Tot nog toe is het effect becijferd in termen van minder ongevallen. Zoals eerder opgemerkt is naast een positief effect op het aantal ongevallen ook een positief effect op de afloop van (de resterende) ongevallen te verwachten.

De omvang van een dergelijk effect is zo mogelijk nog moeilijker te bepalen dan het effect op het aantal ongevallen al is.

Dat komt omdat naast de twee genoemde peilers nog een derde nodig is die het (cumulatieve) verband aangeeft tussen botssnelheid en afloop.

Ook dergelijke (nuttige) gegevens ontbreken echter nagenoeg geheel in de literatuur.

Met nog grotere armslag dan bij de voorgaande effectberekening zou bij een effectieve botssnelheidsreductie van enkele procenten (te verwachten bij een reductie van de reactietijd met 0,1 seconde) ook een slachtofferreductie van enkele procenten kunnen worden aangenomen.

5. OVERWEGINGEN BIJ ALGEMENE TOEPASSING VAN EEN GECOMBINEERD GAS- EN REM-PEDAAL

Algemene toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal brengt een aantal praktische problemen met zich mee, ongeacht de vraag hoe groot de effectiviteit is.

Hoewel in principe nagenoeg ieder autotype zich leent voor inbouw van een gecombineerd gas- en rempedaal, kan er nauwelijks sprake zijn van een universeel systeem dat met geringe aanpassing in iedere auto valt te plaatsen. Verwacht moet dus worden dat voor ieder autotype een eigen versie van een gecombineerd gas- en rempedaal moet worden ontwikkeld. Dat betekent dat er mede gezien de mechanische ingewikkeldheid en de gewenste werkingsnauwkeurigheid van het apparaat sprake is van een behoorlijke investering voor de automobilist.

Inbouw in bestaande auto's mag zonder meer gezien worden als een stevige ingreep die afgezien van de apparaatskosten zelf ook veel arbeidskosten met zich mee brengt. Daardoor lijkt inbouw in bestaande auto's (retrofit) zowel om technische als om financiële redenen minder voor de hand te liggen dan toepassing in nieuwe auto's.

Algemene toepassing zal nooit kunnen betekenen dat alle auto's in een korte periode met zo'n systeem zijn uitgerust. Als alleen of voornamelijk aan toepassing in nieuwe auto's wordt gedacht, zal er derhalve een periode van vele jaren bestaan waarin het conventionele systeem tegelijk met dit nieuwe systeem zal voorkomen.

Een aantal gebruikersgroepen zal dus in voorkomende gevallen met beide systemen dienen om te kunnen gaan. Hier zou een belangrijke knelpunt kunnen zitten voor invoering op grote schaal omdat de bediening van het normale systeem nu eenmaal niet rijmt met die van het nieuwe. Dit argument blijft gelden ook als wordt aangenomen dat het betrekkelijk eenvoudig is aan het nieuwe systeem te wennen.

De gebruiker die met beide systemen dient om te gaan, loopt de kans op een vergissing door bij het gecombineerde pedaal te remmen alsof er toch een rempedaal aanwezig is (verplaatsen van de voet) en bij de conventionele opstelling te remmen door op het gaspedaal te drukken. In beide gevallen zal het remproces ernstig verstoord kunnen raken en kan ook bij normaal verkeersgebruik een riskante situatie ontstaan. Dit aspect is mogelijk een nader onderzoek waard.

Toepassing van beide systemen in het verkeer werpt tevens de vraag op of auto's met verschillende systemen compatibel genoeg zijn bij remmanoeuvres.

Een soortgelijk mengprobleem doet zich momenteel voor bij het ABS-systeem. Gebleken is dat dit fabrikanten niet heeft afgehouden van de meer algemene toepassing van ABS.

Het mengprobleem lijkt enerzijds van theoretische aard te zijn. Hoewel de gebruiker van een gecombineerd gas- en rempedaal in principe in staat is zijn remreactietijd met 0,1 à 0,2 seconden te verkleinen, valt een dergelijke verkleinde reactietijd over het algemeen binnen de range van reactietijden zoals die nu eenmaal in de praktijk bestaan (0,5 tot 2,0 seconden). Met andere woorden, de gebruiker van een gecombineerd gas- en rempedaal valt niet op in het verkeer, maar heeft toch voor zichzelf een kleinere kans op een botsing. Alleen bij automobilisten met een superkorte reactietijd kan de reactietijd met een gecombineerd gas- en rempedaal net onder de gebruikelijke grens komen. Op deze wijze zou voor de betrokkene een aanrijding met diens voorligger voorkomen kunnen worden, maar dreigt juist meer risico van achteren. Dat zou geen probleem hoeven vormen als achterliggers normaliter reageren op het remlicht van voorliggers omdat dit via het gecombineerde gas- en rempedaal uiteraard ook eerder oplicht.

In het volgende hoofdstuk gaan we nader in op het verminderen van het risico van achteraanrijdingen via andere methoden dan het gecombineerde gas- en rempedaal.

Het leren omgaan met een gecombineerd gas- en rempedaal blijkt uit ervaringen van de (beperkte) gebruikersgroep van het hier beoogde systeem in zijn huidige uitvoering een betrekkelijk simpele zaak te zijn.

De voor de hand liggende fout die men zich kan voorstellen is dat de voet ten onrechte van het pedaal wordt gehaald om een rempedaal te zoeken dat er niet meer is. Het is aannemelijk dat een dergelijk (aanloop)probleem kan worden verminderd door de juiste keuze van de breedte van het gecombineerde gas- en rempedaal en de juiste opstelling daarvan in de cabine.

Bovengenoemde overwegingen pleiten zeker niet tegen eventuele invoering van een gecombineerd gas- en rempedaal op grotere schaal, zij wijzen wel op mogelijke aandachtspunten.

6. ALTERNATIEVE SYSTEMEN VOOR VERBETERING VAN DE REMWEG

6.1. Eerder oplichten van remlichten

In dezelfde periode als waarin het gecombineerde gas- en rempedaal in de publiciteit trad, is een ander systeem actueel geworden waarmee het risico van een dreigende achteroprijding door derden verminderd kan worden. Be-doeld systeem, ABLD (Advanced Brake Light Device), zorgt ervoor dat bij noodremmingen (waarbij de voet snel van het gaspedaal wordt gehaald) de remlichten een fractie van een seconde eerder (0,2 tot 0,3 seconden) gaan branden dan normaal (Olson, 1988).

Het is dus in tegenstelling tot het gecombineerde gas- en rempedaal niet een systeem waarmee de eigen remtijd verkort wordt, maar een systeem waar-mee de achterliggers eerder gewaarschuwd worden voor een noodsituatie en hun remtijd verkort wordt.

Het systeem maakt onderscheid tussen rustige en snelle rembewegingen en kent mede daardoor in principe geen nadelige effecten. Er zijn dus ook geen gewennings- of andere aanloopproblemen met het systeem te verwachten, en aan toepassing op grote schaal zitten in principe ook geen nadelen. De orde-grootte van het positieve verkeersveiligheidseffect van dit systeem is voor bepaalde soorten botsingen (kettingbotsingen of achteraanrijdingen) vergelijkbaar met dat van het gecombineerde gas- en rempedaal, aangenomen dat achterliggers de stimulus van het oplichtende remlicht ook daadwerke-lijk gebruiken om zelf te gaan remmen.

Duidelijk is anderzijds dat het ABLD-systeem voor andere dan deze bots-typen geen betekenis heeft in tegenstelling tot het gecombineerde gas- en rempedaal dat in principe voor elke (nood)remming een verbetering bete-kent.

6.2. Derde remlicht

Een tweede mogelijkheid om middels technische middelen invloed op de rem-reactietijd van achterliggers uit te oefenen is het inmiddels in een aan-tal landen toegepaste derde (hooggeplaatste) remlicht. Door de hoge plaat-sing kan zo'n remlicht ook een signaal betekenen voor bestuurders die niet direct achter het betrokken voertuig, maar verder terug in de file rijden zodat een noodzakelijke remming eerder kan worden ingezet.

6.3. Ander rijgedrag

We hebben gezien dat enkele seconden eerder reageren op naderend onheil tot de betere remedies behoort om de verkeersveiligheid te bevorderen. Voor veel situaties in het verkeer is dat geen reële optie, omdat het onheil zich plotseling en toevallig voordoet en dus onvoorspelbaar is. Men kan overigens wel staande houden dat een lagere rijsnelheid meer tijd overlaat voor de beoogde reactie (remmen of ontwijken of beide); dit valt verder buiten het kader van dit consult.

In vaak voorkomende situaties zoals filerijden waarbij de rijsnelheid min of meer is opgedrongen, is een effectieve wijze om meer tijd voor remmen of uitwijken te creëren het in voldoende mate afstand houden en anticiperen.

Wat het afstand houden betreft kan over de ideale afstand worden getwist, maar als vuistregel kan de vroeger gehanteerde regel nog steeds benut worden: het kwadraat van de voorlaatste cijfers van de rijsnelheid levert de afstand in meters; bijvoorbeeld 80 km/uur vraagt om 64 meter afstand; 120 km/uur vraagt om 144 meter.

Het nadeel van de methode is dat het gat tussen betrokkene en diens voorligger dan voor andere automobilisten groot genoeg is om tussen te voegen, zodat betrokkene regelmatig bezig is zijn afstand aan te passen.

Anticiperend rijden houdt onder meer in dat op "de voorligger van de voorligger" wordt gereden. Wanneer men voor zijn eigen remreactie alleen afhankelijk is van de directe voorligger is het bovenbeschreven risico aanwezig dat voor een (nood)remming onvoldoende ruimte aanwezig is.

Wanneer men zijn rij- en remgedrag in belangrijke mate afstemt op dat van de voorligger van de voorligger wordt als het ware een verdubbeling van de reactietijd verkregen. In theorie is dit type rijgedrag nog verder te verbeteren door consequent meer dan twee auto's verder vooruit te kijken. Uiteraard moet in geen van de gevallen de directe voorligger uit het oog worden verloren om verrassingen te voorkomen.

De laatste methode vraagt om een laterale positie op de weg waarbij het mogelijk is om verder te kijken dan de directe voorligger. Het is niet bekend in hoeverre (geroutineerde) automobilisten al dergelijke systemen toepassen en dus in hoeverre daadwerkelijk verbetering van het huidige filerijden nog mogelijk is.

6.4. Anti-blokkeersysteem (ABS)

In het artikel van Enke (1979) wordt niet alleen vroegtijdig remmen als belangrijk beschouwd, maar ook vroegtijdig ontwijken (lateraal verplaatsen). Waarschijnlijk heeft Enke gelijk als hij aanneemt dat in noodsituaties te weinig gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheid tot bijsturen. De mogelijkheid tot sturen wordt overigens geheel uitgeschakeld wanneer de voorwielen als gevolg van een noodremming blokkeren, iets wat sneller op natte dan op droge wegdekken voorkomt.

Om dit probleem op te lossen kan men denken aan de toepassing van een anti-blokkeersysteem (ABS). Bij remmanoeuvres met ABS blijft de auto bestuurbaar zolang er voldoende wrijvingskracht beschikbaar is. Hoewel ABS met name op droge wegdekken bij noodstops eerder wat langere dan kortere remwegen oplevert, kan door het voordeel van de blijvende bestuurbaarheid in voorkomende gevallen een ongeval vermeden worden.

De vraag is echter of bestuurders in nood(rem)situaties nog in staat zijn tot het daadwerkelijk sturen van de auto. Mogelijk moet dergelijk gedrag worden 'aangeleerd' zoals dat ook gebeurt bij slipcursussen.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De in dit consult aangehaalde literatuur en de daaraan toegevoegde overwegingen leveren een duidelijke aanwijzing dat verdere verbetering van de verkeersveiligheid door verkorting van de (rem)reactietijd mogelijk is.

Wat betreft de hoofddoelstelling van dit consult, de mogelijke effectiviteit van een gecombineerd gas- en rempedaal, is vastgesteld dat afhankelijk van een aantal aannamen (waaronder de grootte van de werkelijke remreactietijdvermindering) sprake is van een potentiële verkeersveiligheids-winst. De grootte van deze winst is vooralsnog voorzichtig geschat op enkele procenten minder ongevallen en minder slachtoffers.

Vanwege de tijdwinst die bij motorische reacties wordt geboekt, zou het voordeel van de toepassing van een gecombineerd gas- en rempedaal bij oudere bestuurders iets groter kunnen zijn dan bij jongere.

Inmiddels bestaan er technische middelen en mogelijkheden voor verbeterd verkeersgedrag die inspelen op het principe van een verkorting van de reactietijd bij remmen die nog niet of nauwelijks worden toegepast. Hieronder valt een systeem dat de remlichten enkele tienden van seconden eerder doet oplichten dan normaal. Voorts kan men denken aan een derde remlicht en aan verbeterd rijgedrag tijdens filerijden waarbij op nadrukkelijke wijze anticiperend wordt gereden.

LITERATUUR

Burg, H. & Rau, H. (1981). Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion, Verlag Information Ambs GmbH, Kippenheim, 1981.

Casey, S.M. & Rogers, S.P. (1987). The case against coplanar pedals in automobiles. *Human Factors* 29 (1), 83-86.

Enke, K. (1979). Possibilities for improving safety within the driver-vehicle-environment control loop. In: Proceedings of the 7th ESV-conference, Washington, D.C., 1979.

Göhring, E. (1988). Aspekte zur weitere Verbesserung der Verkehrssicherheit durch Massnahmen der aktiven und passiven Sicherheit bei fortschrittlichen Nutzfahrzeugen. Presse Information Daimler-Benz AG, Flims, Januar 1988.

Konz, S. et al. (1971). Human factors considerations for a combined brake-accelerator pedal. *Ergonomics* 14 (1971) 2: 279-292.

Meyer-Gramcko, F. (1990). Reaktion und Reaktionszeit. In: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik Heft 7/8, Juli/August 1990.

Morrison, R.W. et al. (1986). Movement time and brake pedal placement. *Human Factors* 28, 241-246.

Olson, P.L. (1988). An evaluation of the advanced braking light device. Transportation Research Institute, University of Michigan, Ann Arbor, 1988.

Poock, G.K. et al. (1973). A combined accelerator-brake pedal. *Ergonomics* 16 (1973) 6 : 845-848.

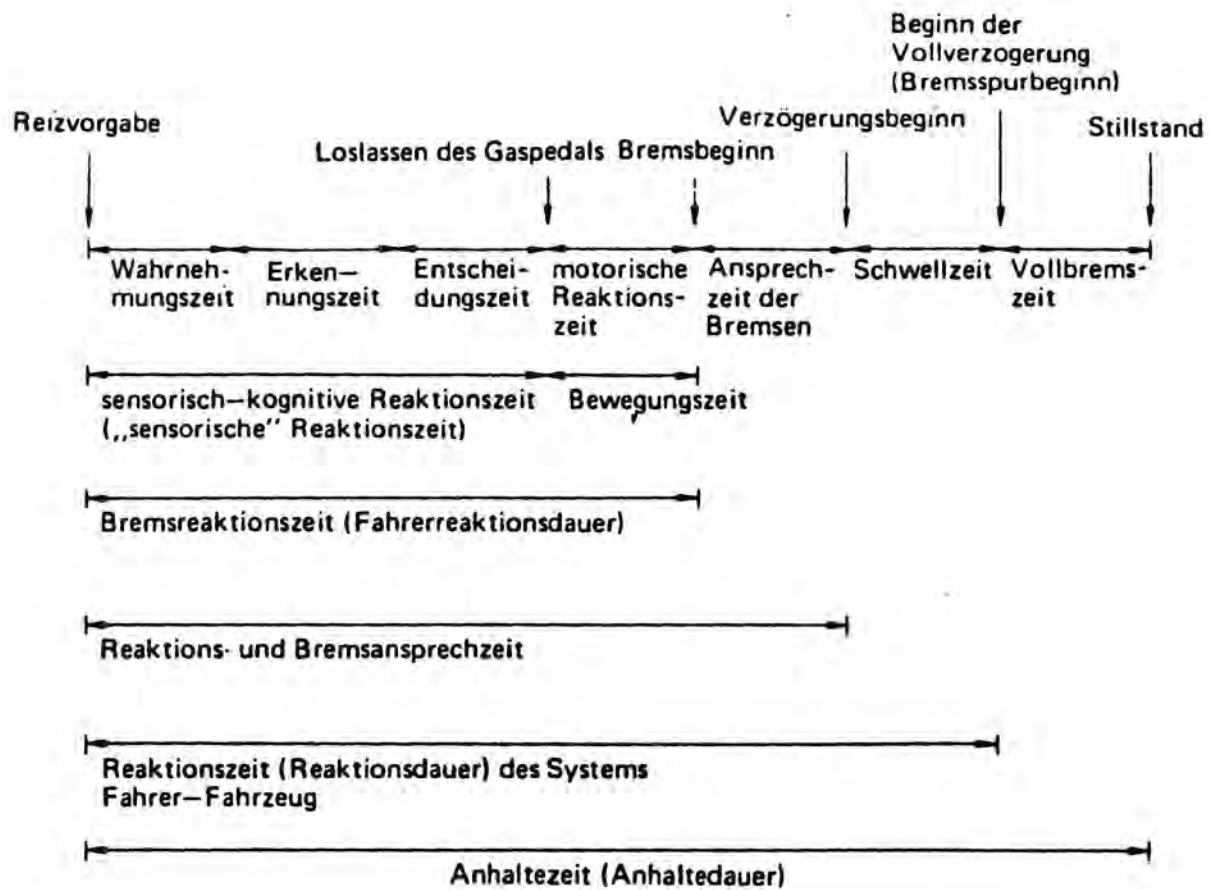
AFBEELDINGEN 1 T/M 4

Afbeelding 1. Onderdelen van de remtijd (Bron: Meyer-Gramcko, 1990).

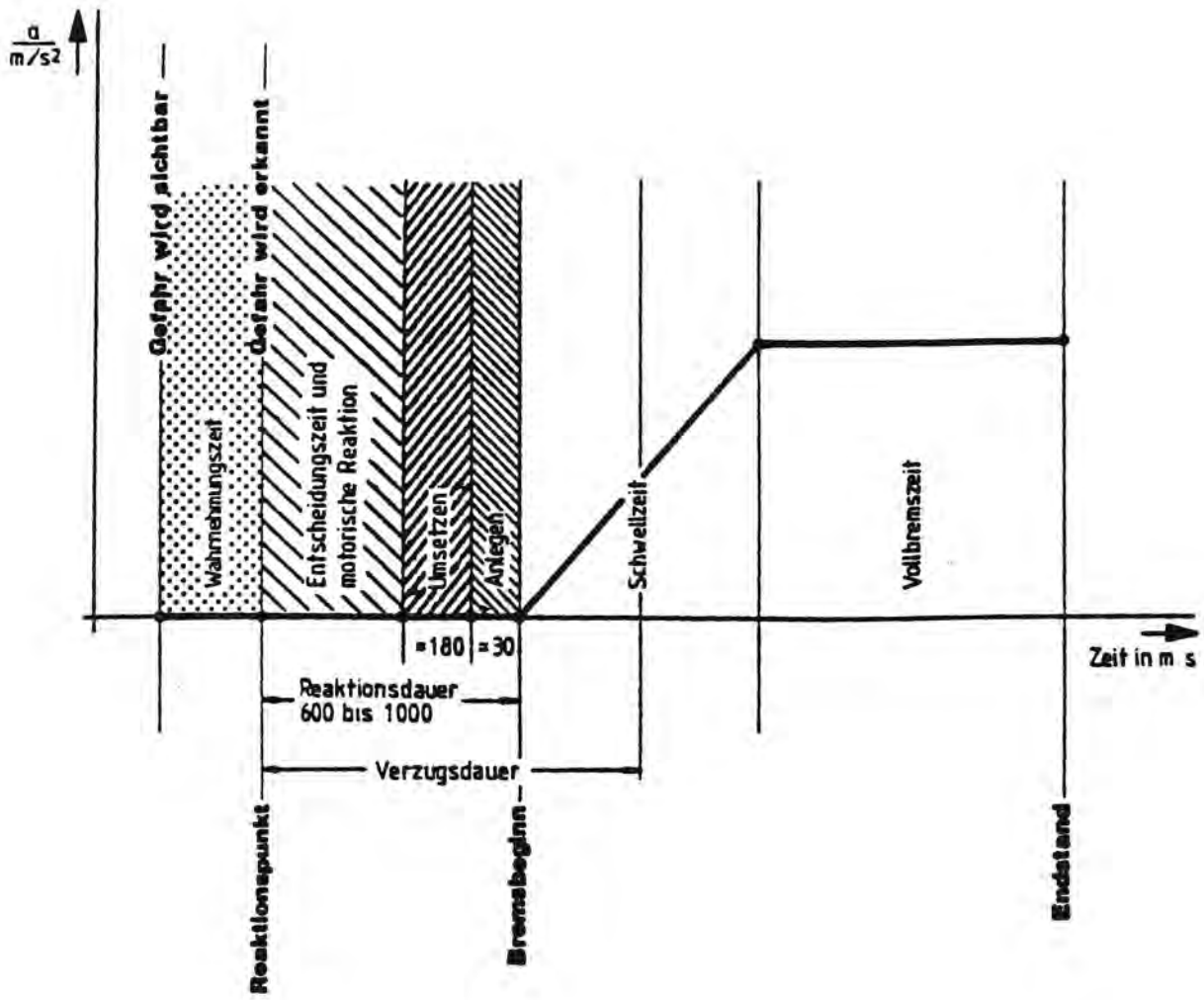
Afbeelding 2. De remcyclus (Bron: Burg & Rau, 1981).

Afbeelding 3. Relatie tussen ongevallenreductie en remreactietijd bij drie soorten ongevallen (Göhring, 1988).

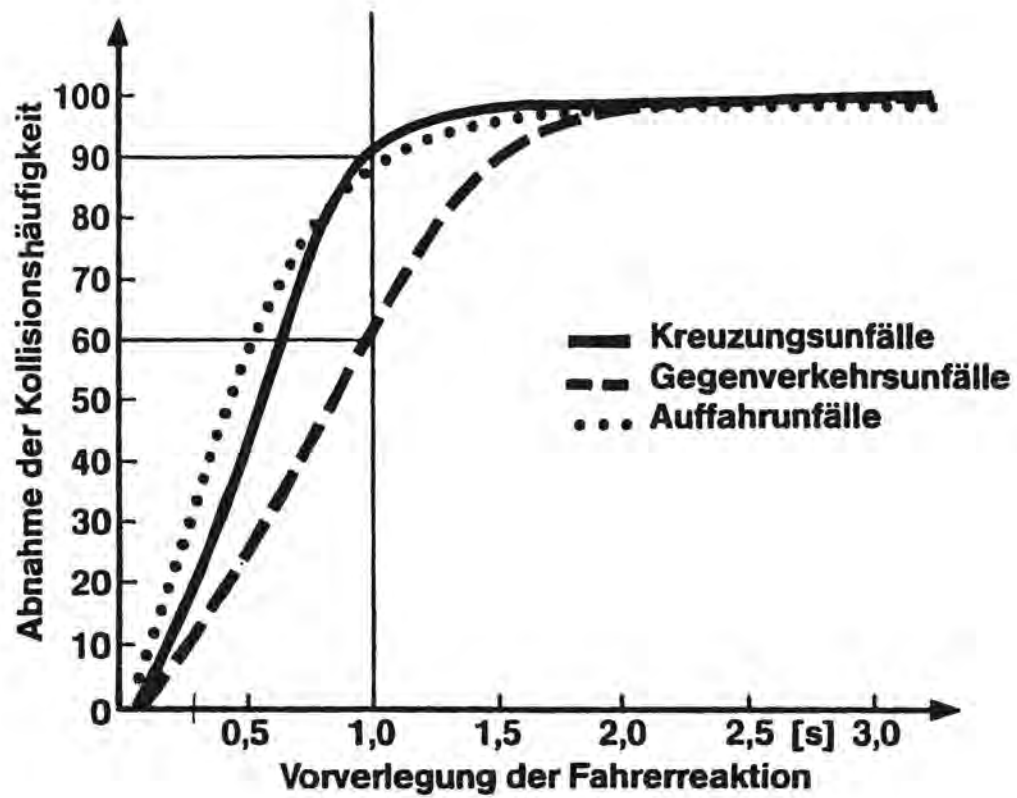
Afbeelding 4. Relatie tussen ongevallenfrequentie en rijsnelheid (Bron: Enke, 1979).



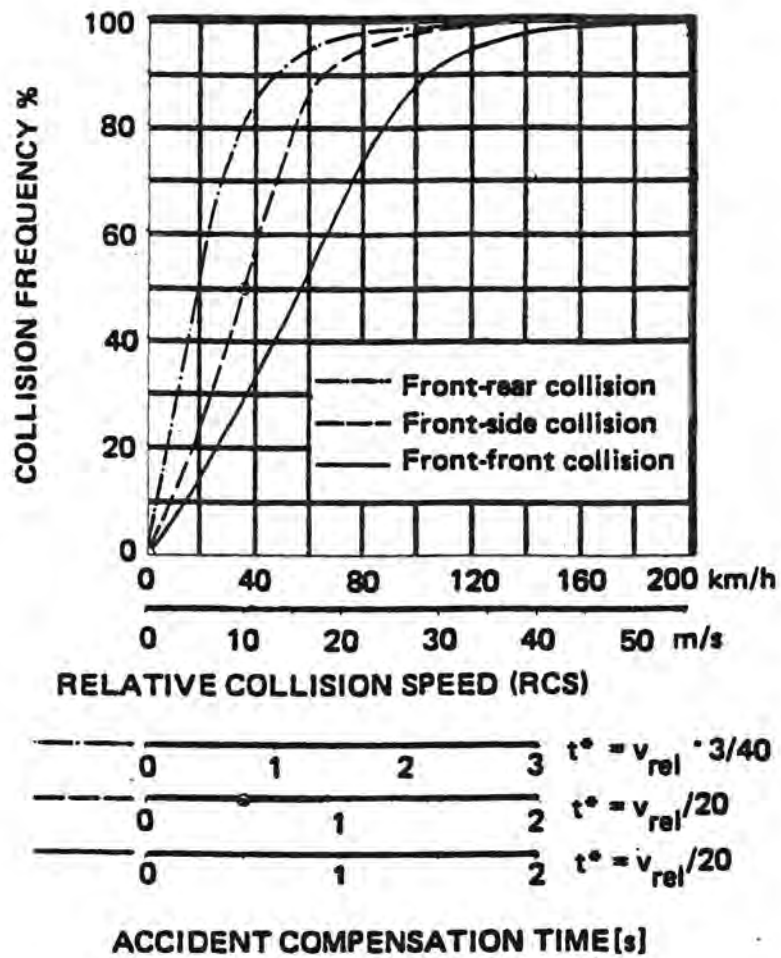
Afbeelding 1. Onderdelen van de remtijd (Bron: Meyer-Gramcko, 1990).



Afbeelding 2. De remcyclus (Bron: Burg & Rau, 1981).



Afbeelding 3. Relatie tussen ongevallenreductie en remreactietijd bij drie soorten ongevallen (Göhring, 1988).



Afbeelding 4. Relatie tussen ongevalenfrequentie en rijnsnelheid (Bron: Enke, 1979).