

KOERS HOUDEN DOOR FIETSERS EN BROMFIETSERS

Artikel Verkeerskunde november 1979

Ir. J. Godthelp,

Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg

Drs. P.I.J. Wouters,

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg

R-78-16

Voorburg, 1978

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## SAMENVATTING

Indien fietsers en bromfietsers geen koers kunnen houden, kan dat tot conflicten met andere verkeersdeelnemers leiden. Door het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO is in opdracht van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV onderzoek gedaan, dat bestond uit rijtests, waarbij verschillende koersen werden gevolgd.

De resultaten, aangevuld met kennis uit de literatuur, hebben praktische consequenties voor de uitvoering van verkeersvoorzieningen, voor het ontwerp van fietsen en bromfietsen en voor het opstellen van verkeers- en gedragsregels. Aan de orde komen o.a.: de noodzakelijke breedte van fietsstroken onder verschillende omstandigheden en de wendbaarheid van tweewielers. Daarnaast wordt ingegaan op het rijden met één hand aan het stuur, het vervoeren van duopassagiers, de achterwaartse oriëntatie op de verkeerssituatie en de invloed van wegdekoneffenheden en zijwindverstoringen.

## SUMMARY

Cyclists and moped riders not able to follow their course may come into conflict with other road users. The Institute for Road Safety Research SWOV commissioned the Institute for Perception TNO to carry out a study concerning stability and manoeuvrability characteristics of single track vehicles. In driving tests different courses were followed.

In addition to knowledge from the literature the results of the study have practical consequences for the design of traffic provisions, bicycles and mopeds, traffic and behaviour rules. Discussed are a.o.: the necessary width for cycle tracks under different circumstances and the manoeuvrability of two-wheelers. Further aspects are: riding single-handed, carrying passengers, backward orientation on the traffic situation and the effect of road surface unevenness and side wind disturbance.



## INHOUD

1. Inleiding
2. Aspecten van het koers houden
  - 2.1. Koers
  - 2.2. Tweewieler
  - 2.3. Berijder
  - 2.4. Belemmerende omstandigheden
3. Het onderzoek
  - 3.1. Methode
    - 3.1.1. Rijtests
    - 3.1.2. Tweewielers
    - 3.1.3. Proefpersonen
    - 3.1.4. Procedure
  - 3.2. Resultaten
    - 3.2.1. Koers houden op een rechte weg
    - 3.2.2. Koers houden in een boog
    - 3.2.3. Manoeuvreren
4. Discussie
  - 4.1. Verkeersvoorzieningen
  - 4.2. Voertuigontwerp
  - 4.3. Verkeers- en gedragsregels
5. Slotopmerking
6. Literatuur



## 1. INLEIDING

Circa eēnderde deel van het totale aantal verkeersdoden per jaar in Nederland bestaat uit fietsers en bromfietsers. In 1976 bijvoorbeeld kwamen 500 fietsers en 285 bromfietsers om het leven, terwijl het totale aantal verkeersdoden 2432 bedroeg (CBS, 1978). Bij een groot aantal ongevallen met fietsers en bromfietsers vormt de auto het botsingsobject (Blokpoel, 1978). Bestrijding van deze vorm van verkeersonveiligheid vindt o.a. plaats door:

- a. verschillende verkeerssoorten van elkaar te scheiden (bijv. vrijliggende fietspaden).
- b. verschillende verkeerssoorten te integreren door aangepaste voorangsregeling en snelheidsbeïnvloeding (bijv. op een woonerf).

Een groot deel van ons land is voorzien van een infrastructuur, waarin dergelijke maatregelen (nog) niet zijn uitgevoerd.

Zowel bij het ontwerpen van veilige voorzieningen voor fietsers en bromfietsers als bij het beoordelen van reeds bestaande voorzieningen is het van praktische betekenis om inzicht te hebben in de "prestatie" - bijvoorbeeld in termen van de benodigde strookbreedte - die van bestuurders van tweewielers verwacht mag worden. Bovendien rijst de vraag of deze "prestatie" in belangrijke mate beïnvloed wordt door kenmerken van de tweewieler (bijv. vormgeving) en de berijder (bijv. leeftijd) en door storende omstandigheden (bijv. hand uitsteken).

Tot de rijtaak van fietsers en bromfietsers behoort het besturen, d.w.z. het regelen van de koers, en het stabiliseren van de tweewieler. Gezamenlijk worden deze activiteiten aangeduid met "koers houden".

Het onvoldoende nauwkeurig kunnen koers houden kan tot conflicten leiden. Ook indirect is koers houden van belang voor de verkeersveiligheid. Want naarmate de fietsers en bromfietsers meer uniforme prestaties bij het koers houden kunnen leveren, worden hun gedragingen meer voorspelbaar. Andere verkeersdeelnemers kunnen dan beter anticiperen en daardoor ook beter reageren. De bestaande kennis op het hier aangegeven gebied is ontoereikend. Dit bleek bijvoorbeeld in een workshop gehouden tijdens het Nationaal Verkeersveiligheidscongres 1978 te Amsterdam.

In opdracht van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeers-  
veiligheid SWOV voerde het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO  
(IZF-TNO) een onderzoek uit naar de rijeigenschappen van fietsen  
en bromfietsen (Godthelp et al., 1975). In dit onderzoek werden  
onder meer rijtests uitgevoerd waarbij de proefpersonen o.a. tot  
taak kregen verschillende koersen te volgen. De hieruit verkregen  
onderzoekgegevens zijn nader geanalyseerd op het aspect koers hou-  
den. Resultaten hiervan worden in dit artikel besproken, mede in  
het licht van de bestaande literatuur.



## 2. ASPECTEN VAN HET KOERS HOUDEN

Voor het koers houden zijn van belang: de te volgen koers, kenmerken van berijders en tweewielers, en storende omstandigheden.

### 2.1. Koers

De te volgen koers wordt bepaald door het wegverloop en de aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers en/of obstakels. Een aantal basisvormen zijn te onderscheiden:

- a. rechte koers;
  - b. boog, met vaste kromtestraal en vaste oriëntatie (richting);
  - c. boog, met veranderende kromtestraal en/of wisselende oriëntatie;
  - d. overgangskoers van een rechte naar een gebogen koers en omgekeerd.
- Koersen onder a. en b. komen voor op rechtstanden en bogen van wegvakken. Koersen onder c. treden o.a. op bij het manoeuvreren in stadsverkeer en in zogenaamde afrembochten, en die onder d. bij het afslaan op kruispunten en tijdens uitwijk- en passeermanoeuvres.

### 2.2. Tweewieler

In het algemeen is de voertuigbeweging van fietsen en bromfietsen als zodanig instabiel. Voertuigdynamische beschouwingen (bijvoorbeeld Sharp, 1971; Weir, 1972; Roland, 1974) geven veelal drie specifieke bewegingsvormen voor enkelsporige voertuigen aan. Het gaat hierbij om de niet-oscillatorische "omval"-beweging en de oscillatorische "slinger"-beweging, welke beide betrekking hebben op het gehele voertuig. De oscillatorische "fladder"-beweging heeft alleen betrekking op het voorwielgedeelte. De stabiliteit van deze bewegingen hangt ten eerste af van de voertuigsnelheid en ten tweede van voertuigkenmerken zoals wielnaalop, traagheidsmoment rond wiel en stuuras, zwaartepuntsligging van frame/achterwielgedeelte, stuurashelling, wielbasis, stijfheid van frame, vork en wielen, vering- en bandgedrag.

Het stabiliseren vormt een essentieel onderdeel van de taak van de berijder. Daartoe dienen momenten te worden uitgeoefend op het stuur

en het zadel, hetgeen gepaard gaat met koersafwijkingen. Een gevolg hiervan is de kenmerkende "vetergang" van fietsen en bromfietsen: slingeringen om een gemiddeld koersverloop.

Koersveranderingen kunnen geleidelijk dan wel abrupt van aard zijn. Voor het volgen van rechte en niet te sterk gebogen koersen is een stabiel voertuiggedrag gewenst. Bij meer abrupte koersveranderingen worden echter bovendien eisen gesteld aan de wendbaarheid van de tweewieler. De mate van stabiliteit kan daarom niet zonder meer verhoogd worden. Dit zou ten koste van de wendbaarheid kunnen gaan. De wendbaarheid van fietsen en bromfietsen wordt namelijk ten dele bepaald door dezelfde voertuigkenmerken als de stabiliteit.

De stabiliteit en wendbaarheid van de tweewieler/berijder-combinatie hangen af van voertuigdynamische kenmerken en het sturen en stabiliseren door de berijder (zie par. 2.3.). Beide aspecten worden bovendien beïnvloed door de positie en houding van de berijder. Hierdoor wordt nl. de gewichtsverdeling (zwaartepuntsligging, massa-traagheidsmomenten) beïnvloed, waarvan het effect bepaald zal worden door de verhouding tussen het gewicht van de berijder en dat van het voertuig. Ook worden de ergonomische kenmerken van fietsen en bromfietsen hierdoor bepaald. Zo zal de zithouding (liggend of meer rechtop) van invloed zijn op de mogelijkheden welke de berijder heeft om te sturen en te stabiliseren. Mortimer et al. (1976) en Arnberg et al. (1974) geven aan de hand van experimenteel onderzoek aan dat de vorm en hoogte van het stuur - en daarmee de zithouding - in belangrijke mate de wendbaarheid kan beïnvloeden.

Bij de keus van de kenmerken voor een tweewieler zal een afweging moeten plaatsvinden tussen stabiliteits- en wendbaarheidseigenschappen, waarbij rekening gehouden moet worden met in het verkeer voorkomende koersen.

### 2.3. Berijder

Bij koers houden bestuurt en stabiliseert de fietser en bromfietser de tweewieler. De handelingen van de berijder omvatten verschillende

vormen van response. Er kunnen zowel momenten op het stuur uitgeoefend worden, waardoor stuuruitslagen optreden, als bewegingen met het bovenlichaam worden gemaakt, die gepaard gaan met een hoek tussen bovenlichaam en tweewieler en met momenten op het zadel. Het frequentiebereik van deze responsievormen is veelal beperkt tot circa 1 Hz. Onderzoek hierover werd o.a. uitgevoerd door Van Lunteren et al. (1970), Weir (1972), Eaton (1973) en Roland (1974).

Het besturen heeft betrekking op de te volgen koers. Rijsnelheid en te volgen koersen zijn samen bepalend voor de frequenties van de handelingen, die bij het besturen noodzakelijk zijn.

Bij het stabiliseren staan de handelingen van de berijder in relatie met de specifieke bewegingsvormen (zie par. 2.2.) van de tweewieler. Het is van belang dat de natuurlijke frequenties van deze bewegingen zo ver mogelijk boven het frequentiebereik van de berijder liggen. In dat geval zijn namelijk vrijwel geen stabiliserende handelingen nodig. Naarmate de rijsnelheid lager is, wordt de natuurlijke frequentie van de slingerbeweging lager en komt binnen het frequentiebereik van de berijder te liggen. Het ondervangen van de hierbij optredende instabiliteit vergt relatief veel inspanning. Constructies die deze instabiliteit "dempen" hebben daarom een gunstig effect op het koers houden.

Over de invloed van leeftijd, rijervaring e.d. op het rijgedrag van fietsers en bromfietsers is weinig bekend. Arnberg et al. (1978) besteden aandacht aan deze aspecten voor fietsers in de leeftijdscategorie van 5 tot 14 jaar. Bij rijtests, welke qua opzet vergelijkbaar zijn met die welke in hoofdstuk 3 aan de orde komen, blijken forse leeftijdseffecten op te treden. Met name blijken fietsertjes beneden de 8 jaar in realistische verkeerssituaties over beperkte vaardigheden te beschikken.

#### 2.4. Storende omstandigheden

Naast koers houden verricht de fietser en bromfietser bij deelname aan het verkeer andere activiteiten. Van sommige is uit onderzoek bekend dat ze het koers houden direct beïnvloeden.

Zo moet een berijder, bijvoorbeeld bij links afslaan op kruisingen, achterom kijken om zich over de verkeerssituatie te oriënteren. Dit kan leiden tot koersafwijkingen, of tot een slechtere beoordeling van de achterliggende situatie. Deze prestatieverslechtering is afhankelijk van het gebruikte fietstype (Arnberg et al., 1974). Ook blijkt dat het zich achterwaarts oriënteren vaak wordt nagelaten (Dewar, 1978).

Fietsers zijn wettelijk verplicht met de hand de richting aan te duiden. Dit geldt eveneens voor bromfietsers, voor zover hun voertuig niet met clignoteurs etc. is toegerust. Rijden met één hand aan het stuur, bijvoorbeeld om bagage in de hand te vervoeren, is toegestaan. Richting aangeven wordt veelvuldig nagelaten, tot in ca. 65% van de gevallen (Herwig, 1969 I). Dit moet o.a. worden gezien als gevolg van de instabiliteit van tweewielers (Herwig, 1969 II). Het rijden met één hand bemoeilijkt het uitoefenen van momenten op het stuur. Overigens kan loslaten van het stuur voor een bromfietser betekenen dat de rijsnelheid door terugspringen van de gashandle daalt of dat de koppeling niet bediend kan worden. Ook kan één van de mogelijkheden tot remmen vervallen.

Vervoer van duopassagiers en bagage is met bepaalde restricties wettelijk toegestaan. Hierbij wordt de zwaartepuntsligging, resp. de gewichtsverdeling voor/achter, die van belang is voor de slingerbeweging, ongunstig beïnvloed (bijv. Sharp, 1971). Als gevolg van een groter gewicht zullen de rijsnelheden meestal lager zijn, hetgeen eveneens nadelig is voor de stabiliteit van de slingerbeweging. Indien de lichaamsbewegingen van de duopassagier niet afgestemd zijn op die van de berijder, wordt besturing d.m.v. het bovenlichaam moeilijker. In een retrospectief onderzoek van ongevallen met door kinderen bereden fietsen (Brezina et al., 1970) werd geconstateerd dat bij 20% van de ongevallen de fietser een passagier vervoerde of in de hand bagage droeg.

Tijdens het koers houden reageert een berijder op een samenstel van visuele, vestibulaire, kinesthetische en auditieve stimuli. Visuele informatie is voor besturen van wezenlijke betekenis en mede van belang voor stabiliseren. Zichtbelemmeringen in langsrichting, bijvoorbeeld bij neerslag, mist of duisternis, beperken de preview-afstand

en bemoeilijken daardoor het besturen. Afscherming van het voor het evenwicht houden belangrijke perifere gezichtsveld, bijvoorbeeld tijdens het passeren van een vrachtwagen, rijden langs een muur, e.d., beïnvloedt het stabiliseren.

Fietsers en bromfietsers kunnen veel hinder ondervinden van natuurlijke wind en van door vrachtwagens veroorzaakte luchtverplaatsingen. Bij onverwachte storingen ontbreekt de mogelijkheid tot anticiperen. De windsnelheid kan willekeurig fluctueren rond een gemiddelde waarde, dan wel een pulsformig karakter hebben. In het laatste geval kan periodiciteit - bijvoorbeeld als gevolg van bebouwing of beplantingen - tot steeds verder toenemende koersafwijkingen aanleiding geven. Dit treedt wellicht ook op bij door vrachtwagens opgewekte luchtverplaatsingen.

Tenslotte moet de invloed van wegdekoneffenheden genoemd worden. Langsgroeven (zoals bijv. gootranden, rails, naden in tegelpaden, "rainurages", enz.) beïnvloeden de voor het stabiliseren wezenlijke voorwieluitslagen (Blaauw et al., 1978). Wegdekoneffenheden kunnen ongewenste bewegingen doen ontstaan of het stabiliseren ervan bemoeilijken.

### 3. HET ONDERZOEK

In het uitgevoerde onderzoek werden een aantal aspecten beschouwd, welke bij het koers houden een rol spelen. De opzet was vooral gericht op een analyse van de rijeigenschappen van fietsen en bromfietsen. Hiertoe voerden proefpersonen rijtests uit met tweewielers van verschillend voertuigontwerp bij een aantal rijsnelheden en aldan-niet onder storende omstandigheden.

In deze rijtests dienen de proefpersonen koers te houden in een drietal specifiek gekozen koersen. Daarbij werden prestaties van berijder/tweewielercombinaties bepaald. De belangrijkste onderdelen van de methode van onderzoek zijn hierna kort toegelicht. Vervolgens zijn de resultaten gepresenteerd.

#### 3.1. Methode

##### 3.1.1. Rijtests

De rijtests zijn zo ingericht dat de invloed van stabiliteits- en wendbaarheidseigenschappen van fietsen en bromfietsen op het koers houden te onderzoeken is. Naast "normale" worden ook "kritische" praktijksituaties nagebootst.

##### Rijtest 1: Koers houden op een rechte weg

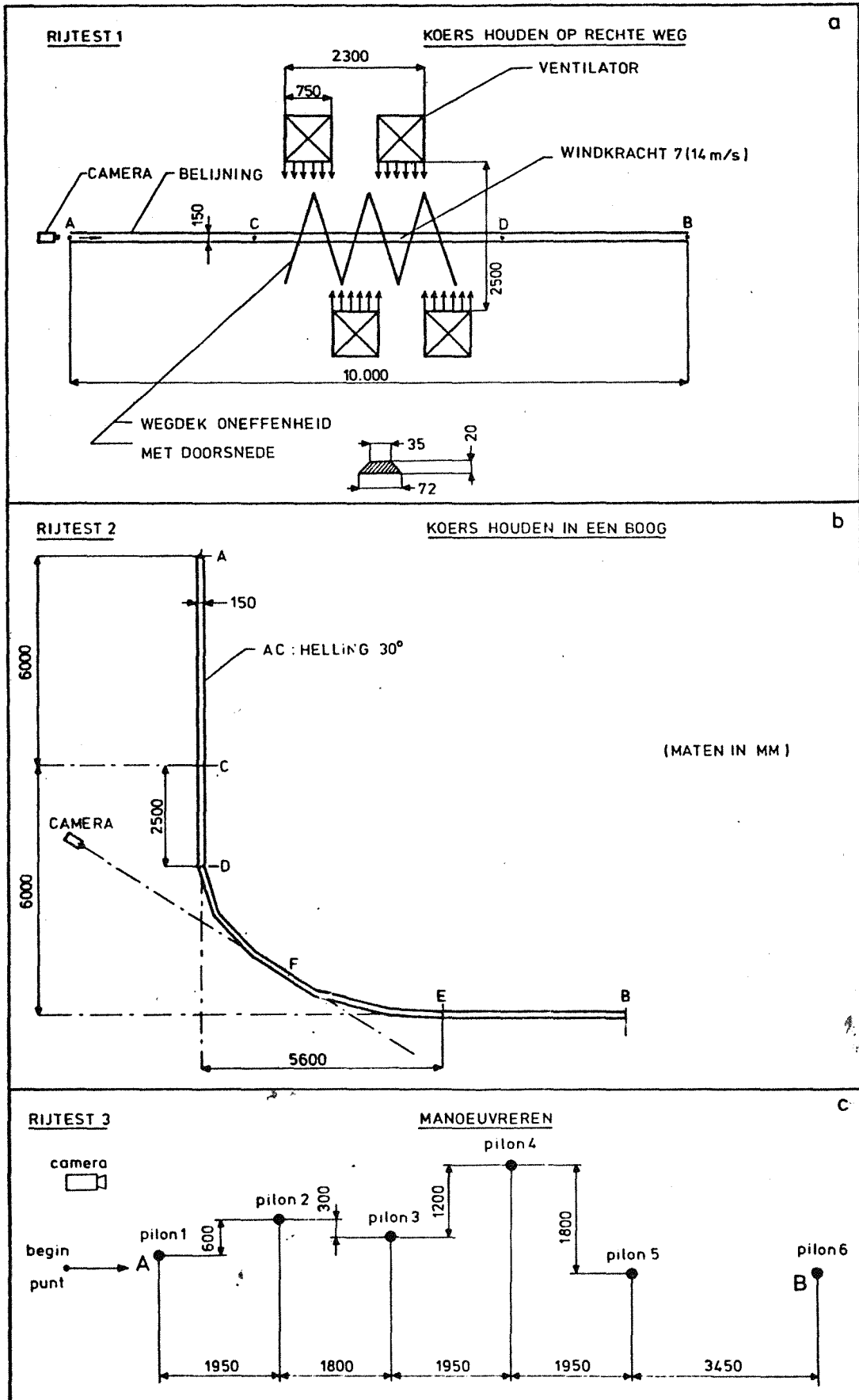
In deze test ging het vooral om de invloed van de stabiliteit van de tweewieler op de mogelijkheden tot koers houden.

Het af te leggen traject (zie voor de opstelling Fig. 1a) bestond uit een rechte weg, waarop door twee lijnen een padbreedte van 0,15 m was aangegeven.

Proefpersonen kregen de opdracht het traject zo snel mogelijk (van A naar B), met comfortabele snelheid (eveneens van A naar B), en zo langzaam mogelijk (van C naar D) te rijden, hetzij met één, hetzij met twee handen aan het stuur, en al dan niet met zijwindverstoringen (zie Afbeelding 1) en/of bij wegdekoneffenheden. De zijwindverstoring had eigenschappen die te vergelijken zijn met luchtverplaatsingen, zoals die door vrachtwagens worden veroorzaakt.



Afbeelding 1. Koers houden met zijwindverstoring.



Figuur 1. De drie rijtests



In alle gevallen werd de maximale koersuitwijking bepaald. Bij de hoogste twee snelheden werd als maat voor de prestatie bovendien het percentage van de tijd bepaald dat buiten het voorgeschreven pad van 0,15 m werd gereden. Bij het zo langzaam mogelijk rijden geldt ook de behaalde trajecttijd en de daaraan gekoppelde snelheid als prestatie maat.

### Rijtest 2: Koers houden in een boog

In deze test is zowel de stabiliteit als de wendbaarheid van de tweewieler van belang voor het koers houden.

Het traject (zie voor de opstelling Fig. 1b) bestond uit een hellend wegstuk, direct gevolgd door een scherpe bocht naar links en werd door twee lijnen met onderlinge afstand van 0,15 m aangegeven.

Proefpersonen dienden het traject zowel met zo hoog mogelijke als met comfortabele snelheid af te leggen, rijdend met één of met twee handen aan het stuur. Het afrijden van de helling verhoogt de rij-snelheid en dit bemoeilijkt het nemen van de bocht. Deze "kritische" situatie, die in de praktijk bijvoorbeeld op afritten van bruggen voorkomt, dwingt de proefpersonen, ongeacht het vervoermiddel, tot een nagenoeg uniforme keuze van de hoogste rij-snelheid. Dit biedt voordelen bij het vergelijken van de prestaties van de combinatie. Als maat voor de rijprestatie werd zowel de tijd gereden buiten de belijning bepaald als het maximum van de koersafwijking.

### Rijtest 3: Uitvoeren van manoeuvres

In deze test is voornamelijk de wendbaarheid van de tweewieler bepalend voor het kunnen uitvoeren van de manoeuvres.

Het traject (zie voor de opstelling Fig. 1c) werd aangegeven door beurtelings rechts of links te passeren pylonen. Deze waren zo geplaatst dat de te volgen koers bestond uit sterk gekromde bogen van gevarieerde kromtestraal en wisselende boogoriëntatie.

Proefpersonen kregen de opdracht het parcours met één of twee handen aan het stuur zo snel mogelijk af te leggen.

De trajecttijd benodigd voor de afstand tussen de pylonen 2 tot 4, geldt hier als maat voor de prestatie.

Eigenschap	Eenheid	Instellingen	
Wielnaaloo	m	0	0,05
Traagheidsmoment van voorwiel om draaiingsas	kgm <sup>2</sup>	0,17	0,34
Traagheidsmoment van voorwiel om stuur	kgm <sup>2</sup>	0,15	0,30
Afstand tussen zadel en stuur	m	0,39	0,51

Tabel 1. De vier instelbare voertuigkenmerken van de geïnstrumenteerde fiets

### 3.1.2. Tweewielers

Onderscheiden naar in het onderzoek gebruikte tweewielers, werden drie experimenten uitgevoerd.

#### Experiment I: De geïstrumenteerde fiets

Voor het eerste experiment werd een conventionele herenfiets omgebouwd tot een zgn. geïstrumenteerde fiets, waarvan vier relevant geachte voertuigeigenschappen gevarieerd konden worden. Elk van de vier voertuigeigenschappen had twee instelmogelijkheden (zie Tabel 1), waardoor in totaal 16 uitvoeringen van de fiets konden worden getest, welke slechts verschilden in de betreffende eigenschappen. Hierdoor werd een breed scala van bestaande tweewielers in de beschouwing betrokken. Het gaat hierbij zowel om constructieve kenmerken (nalooop, traagheidsmoment van voorwiel om draaiingsas), als om de aanwezigheid van bijvoorbeeld een bagagedrager boven het voorwiel (traagheidsmoment van voorwiel om stuuras) en om de zithouding van de berijder (afstand tussen zadel en stuur).

#### Experiment II: Populaire fietsen

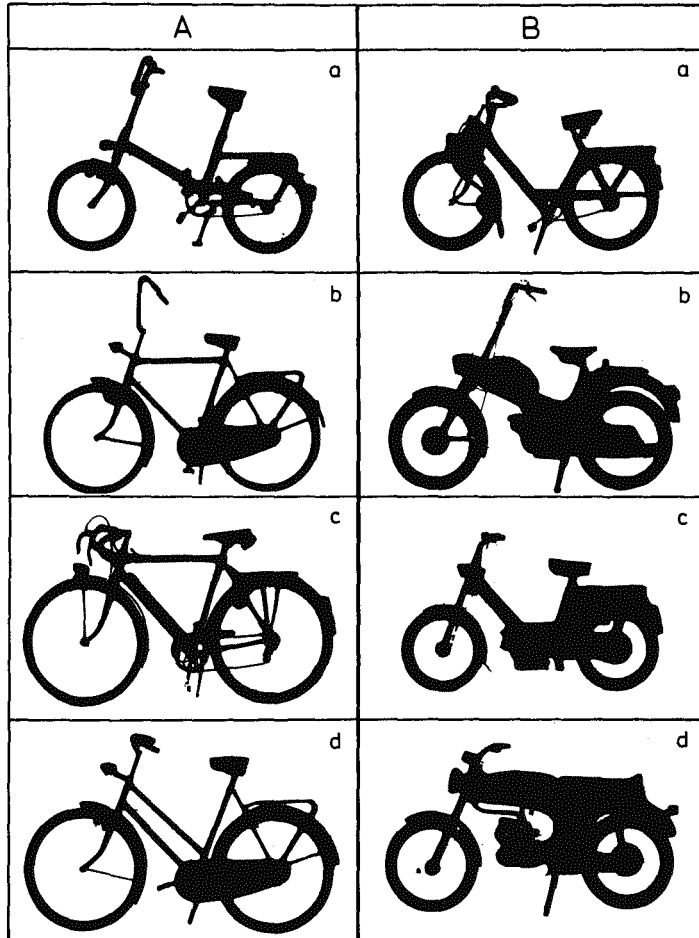
Een tweede experiment werd uitgevoerd teneinde de prestaties met de geïstrumenteerde fiets en met populaire, in de handel verkrijgbare fietsen onderling te kunnen vergelijken. In dit experiment werd mede op grond van de resultaten van het eerste experiment gekozen voor de vier volgende fietsen (zie Fig. 2A):

- a. vouwfiets; kleine wielen, normale zithouding;
- b. conventionele herenfiets met hoog stuur; zithouding rechtop;
- c. racefiets; liggende zithouding;
- d. conventionele damesfiets, normale zithouding.

Qua ontwerp wijkt model a. vrij sterk af van model d.; de zithouding is ongeveer dezelfde. De modellen b. en c. worden gekenmerkt door een extreme zithouding.

#### Experiment III: Populaire bromfietsen

Het derde experiment vormde een verkennend onderzoek naar de prestatie welke met bromfietsen bij vergelijkbare snelheden geleverd kan worden.



Figuur 2. Populaire tweewielers.

Hierdoor wordt een vergelijking tussen de fiets en de bromfiets voor deze situaties mogelijk, terwijl tevens een indruk van de verschillen tussen bromfietsen verkregen wordt. Voor dit experiment werden een viertal populaire bromfietsen gekozen (zie Fig. 2B):

- a. lichte bromfiets; motor op voorwiel, normale zithouding;
- b. zwaardere bromfiets met hoog stuur; rechte zithouding;
- c. lichte bromfiets; motor tussen de wielen, normale zithouding;
- d. zware bromfiets; model als van een motorfiets, meer liggende zithouding.

Bij de uitvoering van rijtest 3 bleek voor rijden met bromfietsen de afstand tussen de pylonen iets te klein. De trajectlengte werd daarom vergroot van 11,1 tot 13,5 m.

### 3.1.3. Proefpersonen

Per experiment werden de rijtests telkens door vier proefpersonen (ppn.) uitgevoerd. De samenstelling van de groep verschilde per experiment. Alle ppn. hadden de leeftijd van 16 jaar. De keuze van deze leeftijd hing samen met ongevallen- en gebruiksgegevens. Rond deze leeftijd komen bij fietsers en bromfietsers in absolute zin de meeste ongevallen met dodelijke afloop voor, terwijl het gebruik van fiets en bromfiets hoog is.

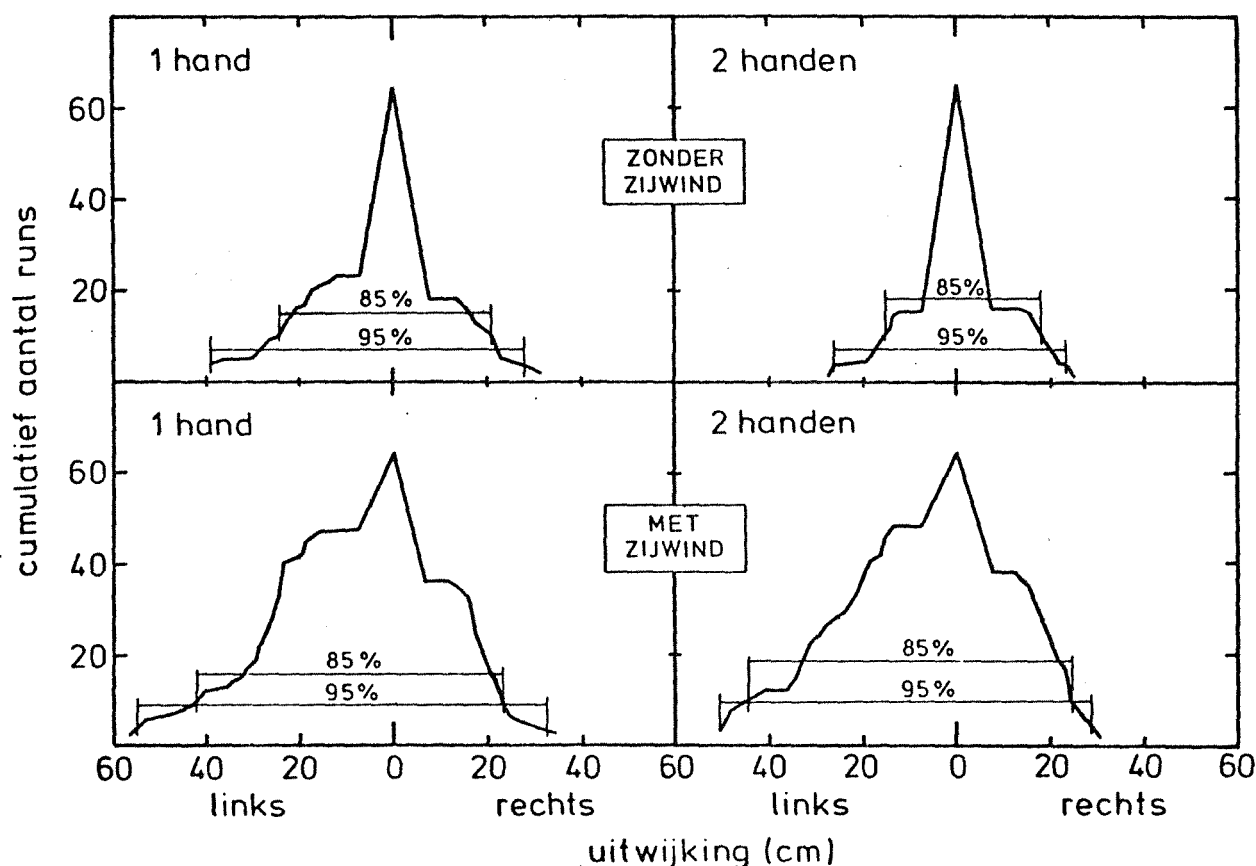
### 3.1.4. Procedure

De ppn. werden vooraf geïnstrueerd over de condities, waaronder een rijtest diende te worden uitgevoerd: de rijsnelheid, de koers, de verstoring, één of twee handen aan het stuur. Bovendien maakte iedere pp. steeds drie proefritten om met de aard van een testconditie kennis te maken.

In experiment I werden de 16 uitvoeringen van de geïnstrumenteerde fiets bereiden in elke test volgens par. 3.1.1. Iedere pp. reed bij elke conditie éénmaal op alle uitvoeringen. De volgorde waarin deze werden bereiden varieerde met de testcondities.

	Experiment II			Experiment III		
	populaire fietsen			populaire bromfietsen		
	snelheid	handen	verstoring	snelheid	handen	verstoring
Rijtest 1	hoog	1 en 2	zijwind + wegdek	comf.	2	zijwind + wegdek
	laag	1 en 2	geen	laag	2	geen
Rijtest 2	hoog	1 en 2	-	comf.	1 en 2	-
Rijtest 3	-	1 en 2	-	-	2	-

Tabel 2. Conditie in de experimenten II en III



Figuur 3. Frequentieverdelingen van de koersuitwijkingen met de geïnstrumenteerde fiets bij het koers houden met lage snelheid in de rijtest "koers houden op rechte weg" (64 runs per diagram).

In de experimenten II en III werd slechts een beperkt aantal testcondities uitgevoerd. Deze werden geselecteerd op grond van ervaring met experiment I; zie Tabel 2.

In de experimenten II en III werd elke conditie per pp. drie maal op een bepaalde fiets/bromfiets gereden. In experiment II werden alle tests zowel met één als met twee handen aan het stuur uitgevoerd. In experiment III bleek het noodzakelijk in de rijttesten "koers houden op rechte weg" en "manoeuvreren" de ritten met één hand aan het stuur te laten vervallen. Dit i.v.m. de in de test voorkomende condities en/of de daarbij vereiste snelheidsregeling.

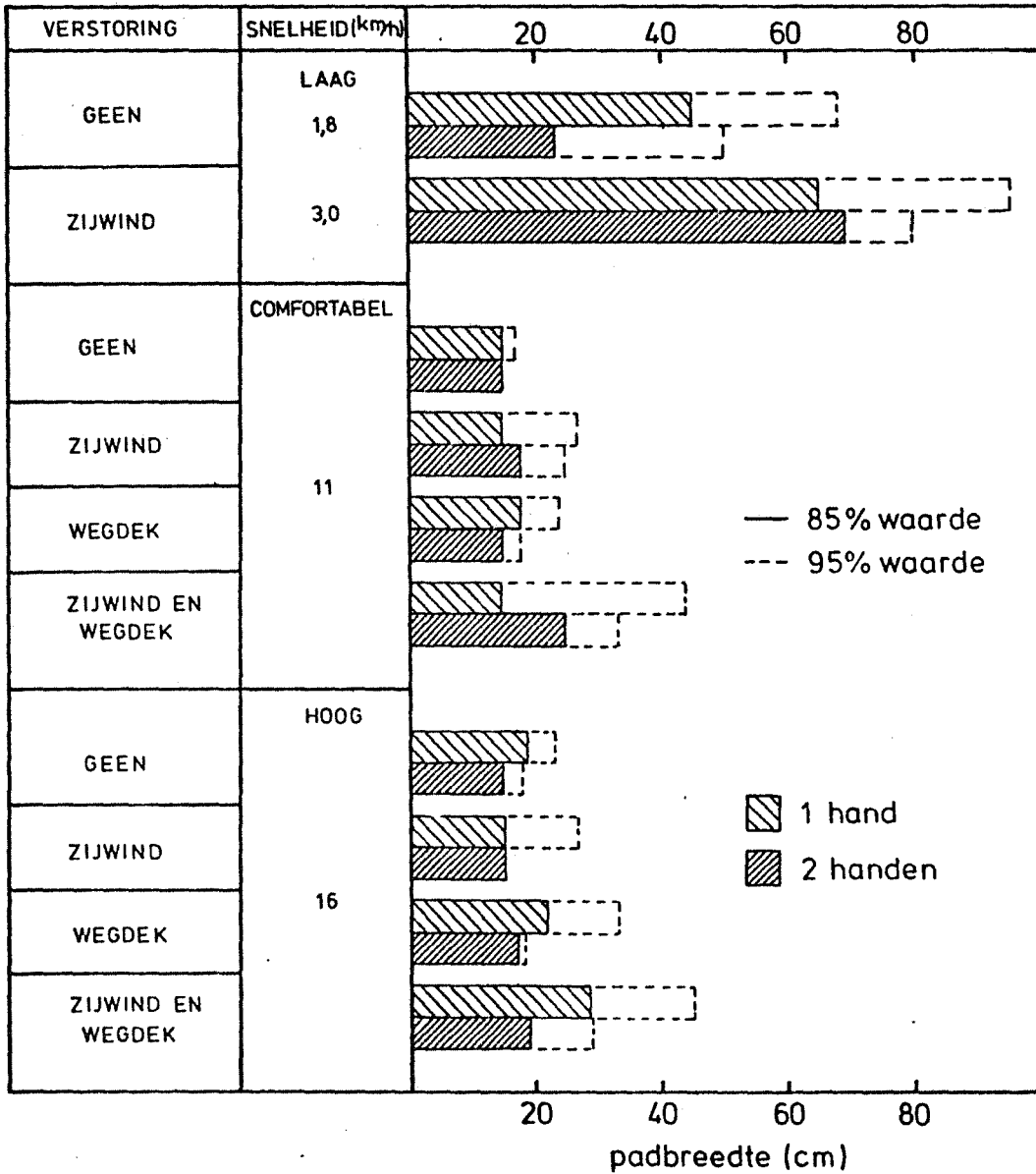
Alle ritten werden opgenomen op video-banden, welke naderhand werden uitgelezen. De cameraposities zijn voor de verschillende rijttests aangegeven in de betreffende figuren. Voor zover de aard van de resultaten dit toeliet werd de betrouwbaarheid van de verschillen tussen condities getoetst d.m.v. variantie-analyse en aanvullende Newman-Keuls'tests. De verschillen in samenstelling tussen de groepen ppn. maakte een beoordeling van verschillen in prestatie tussen experimenten slechts in beperkte mate mogelijk.

### 3.2. Resultaten

In het navolgende worden voor de afzonderlijke rijttesten de resultaten gepresenteerd. Hierbij wordt voor de verschillende groepen tweewielers een totaal beeld gegeven t.a.v. de in een bepaalde test bereikte prestatie, met name in termen van koersuitwijkingen. Tevens worden - daar waar dit relevant geacht wordt - de resultaten toegespitst op verschillen tussen tweewielers, resp. tweewielertypen. Het in detail beschrijven van de effecten van de in experiment I gevarieerde voertuigeigenschappen wordt thans achterwege gelaten (zie hiervoor Godthelp et al., 1975).

#### 3.2.1. Koers houden op een rechte weg

Fig. 3 geeft frequentieverdelingen van de optredende koersuitwijkingen bij het koers houden met lage snelheid met de geïnstrumen-



**Figuur 4.** Benodigde padbreedte in de rijtest 1: "koers houden op rechte weg" (geïstrumenteerde fiets, 1280 runs).



teerde fiets. Vanuit deze frequentieverdelingen zijn 85%- , resp. 95%-waarden herleid m.b.t. de gebruikte padbreedte. In de Fig. 4 en 5 worden de op deze manier bepaalde waarden voor de padbreedte (85%- , resp. 95%-waarden koersuitwijking links + rechts) voor alle onderscheiden condities bij het koers houden op een rechte weg en de daarbij gereden snelheden gepresenteerd.

### Snelheid

Vooraf bij erg lage snelheid treden grote koersuitwijkingen op. De benodigde padbreedte kan hierbij oplopen tot 0,6 à 0,8 m. Bij "comfortabele" en "hoge" snelheid is deze padbreedte veelal aanzienlijk minder: ongeveer 0,2 m. Slechts bij een combinatie van zijwind- en wegdekverstoringen is ook bij deze snelheden een grotere koersuitwijking, tot ongeveer 0,3 m, te constateren.

### Tweewielers

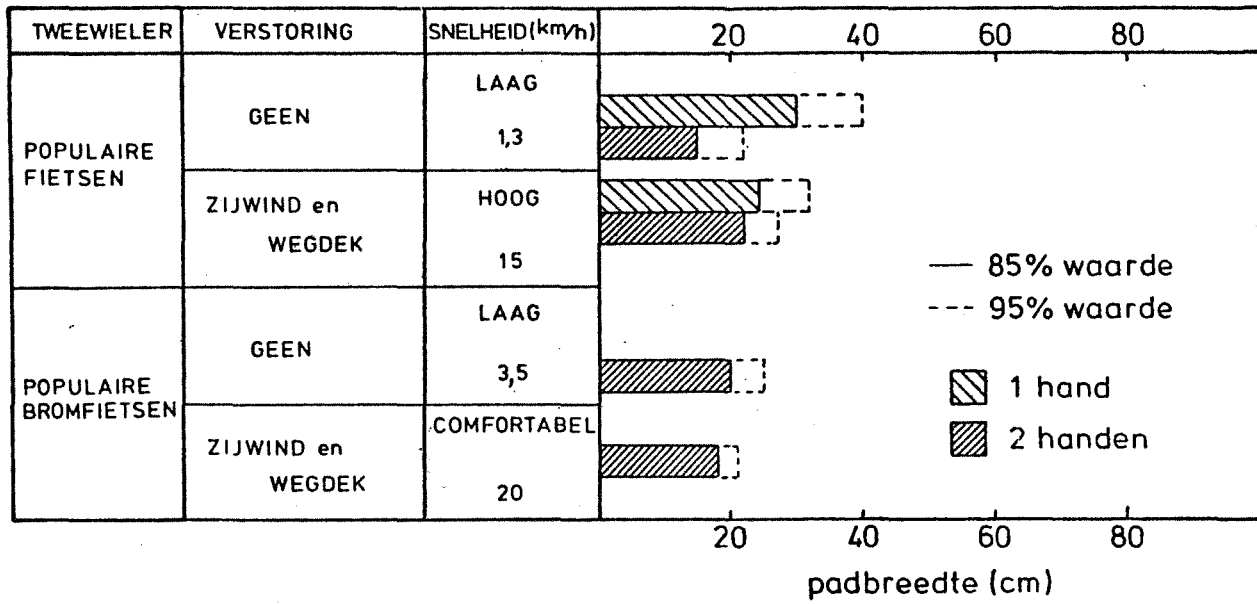
De verschillen tussen tweewielers bij het koers houden op een rechte weg zijn wat betreft de optredende koersuitwijkingen vrij gering. Wel blijkt de snelheid bij het "zo langzaam mogelijk" koers houden te verschillen tussen fietsen en bromfietsen. Voor de populaire fietsen en bromfietsen bedroeg de gemiddelde snelheid resp. 0,36 m/s (= 1,3 km/u) en 0,97 m/s (= 3,5 km/u).

### Eén hand aan het stuur

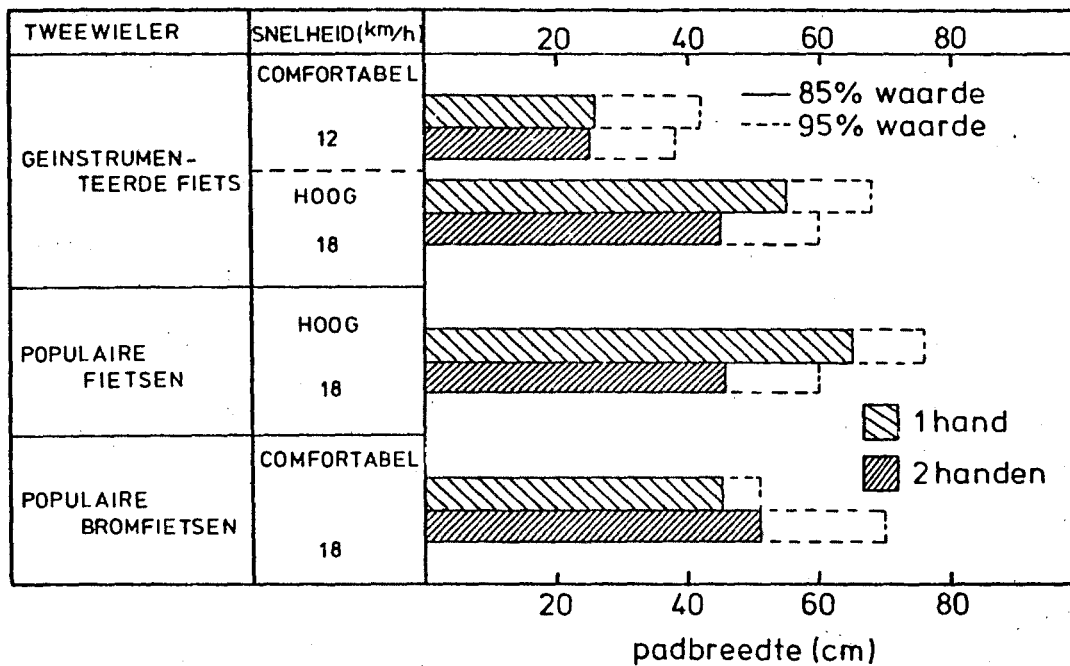
In deze rijtest werd het rijden met één en twee handen aan het stuur alleen voor fietsen vergeleken. In vrijwel alle condities treedt hierbij een significante afname van de prestatie op t.g.v. het rijden met slechts één hand aan het stuur. Het effect van verstoringen blijkt bij het sturen met slechts één hand aan het stuur bovendien sterker te zijn dan bij het sturen met beide handen.

### Verstoringen

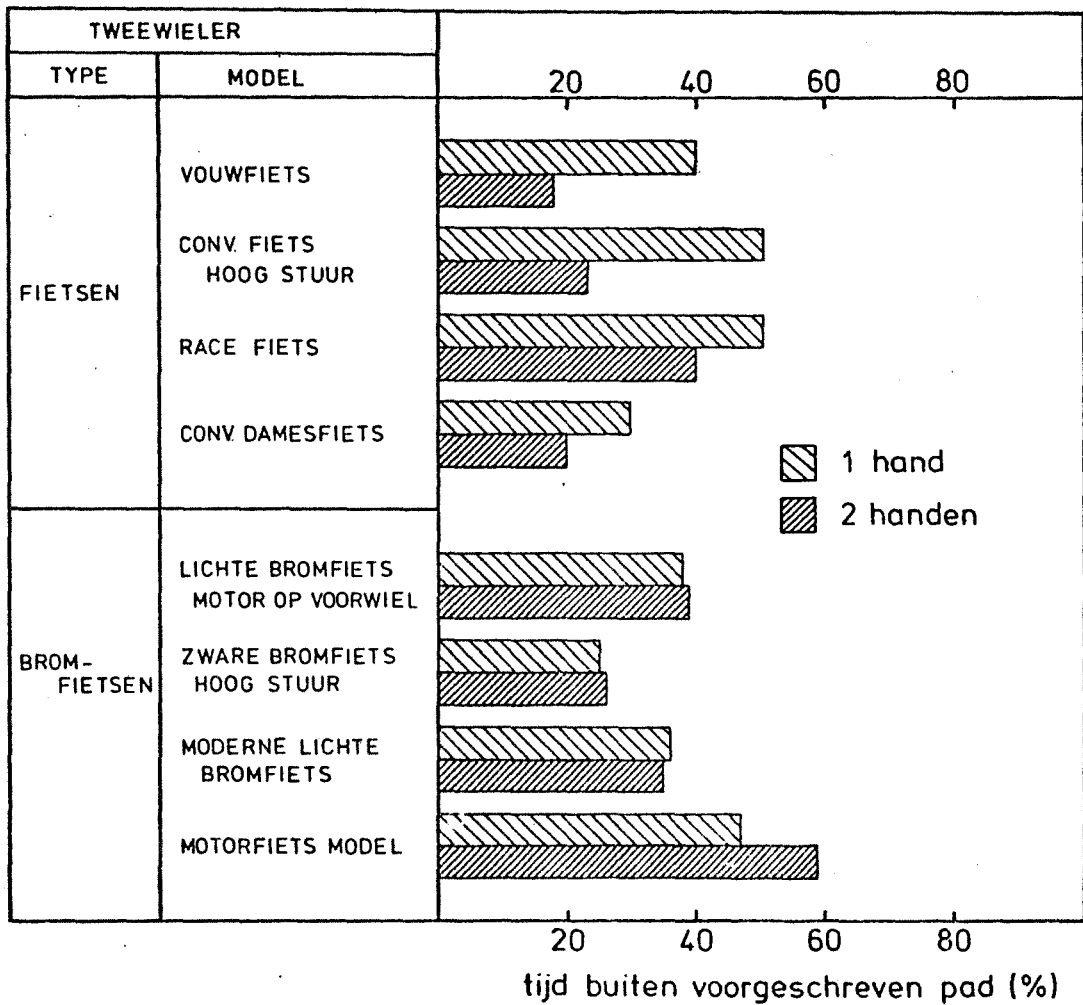
Het effect van verstoringen is voor afzonderlijke snelheden alleen voor de geïnstrumenteerde fiets te beoordelen (Fig. 4). Bij het "zo langzaam mogelijk" rijden resulteert de zijwindverstoring in een grotere koersuitwijking en een hogere snelheid. Bij "comfortabele"



Figuur 5. Benodigde padbreedte in de rijtest 1: "koers houden op rechte weg" (populaire tweewielers, 288 runs).



Figuur 6. Benodigde padbreedte in de rijtest 2: "koers houden in een boog" (448 runs).



**Figuur 7.** Tijd (%) buiten het voorgeschreven pad in de rijtest 2: "koers houden in een boog" (768 runs).

en "hoge" snelheid is het effect van de afzonderlijke zijwind- of wegdekverstoring vooral merkbaar bij het rijden met één hand aan het stuur. Bij combinatie van zijwind- en wegdekverstoring treedt eveneens een effect op bij het rijden met beide handen aan het stuur.

### 3.2.2. Koers houden in een boog

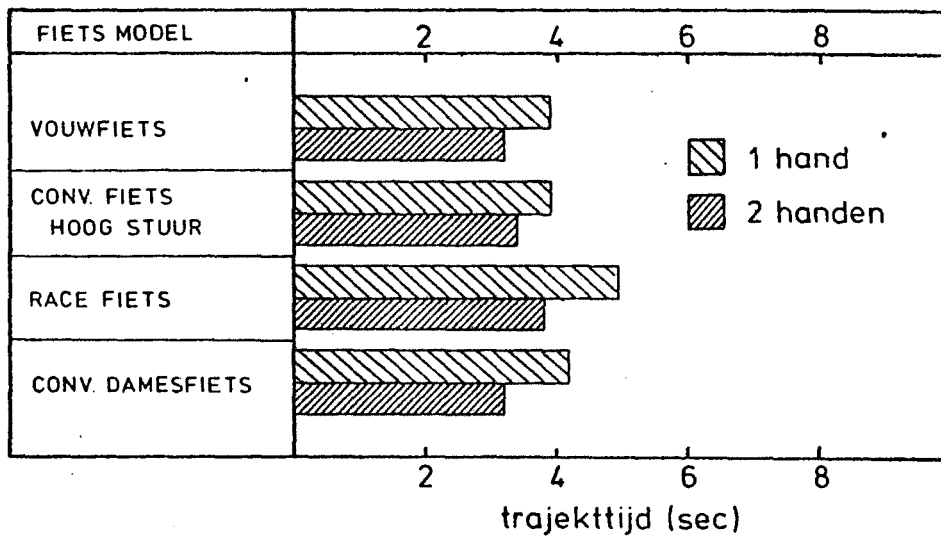
Aan de hand van frequentieverdelingen van optredende koersuitwijkingen werden ook voor het koers houden in een boog de 85%- en 95%-waarden herleid m.b.t. de benodigde padbreedte. Het resultaat hiervan is gegeven in Fig. 6.

#### Snelheid

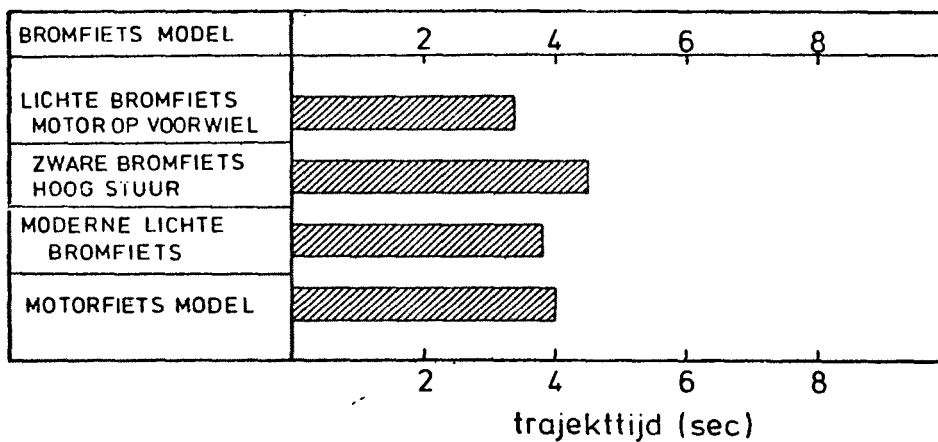
De ritten met de geïstrumenteerde fiets geven duidelijk een effect van de snelheid aan. Bij "hoge" snelheid treden grotere koersuitwijkingen op dan bij "comfortabele" snelheid. Gecombineerd met de resultaten voor de populaire tweewielers bedragen de ruwe waarden voor de benodigde padbreedte bij snelheden van 5 m/s (= 18 km/u) en 3,33 m/s (= 12 km/u), resp. 0,6 m en 0,4 m.

#### Tweewielers

Fig. 7 geeft het gemiddelde percentage van de tijd dat buiten de voorgeschreven koers werd gereden. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen fietsen en bromfietsen. Tussen beide typen tweewielers zijn de verschillen vrij klein. Binnen de typen treden wel effecten op. De prestaties met de racefiets en de fiets met het hoge stuur wijken significant af van die met de overige twee fietsen. Met deze modellen wordt ongeveer 25% van de tijd afgeweken van de voorgeschreven koers. Bij de racefiets loopt dit op tot bijna 50%, terwijl voor de fiets met het hoge stuur dit percentage iets minder dan 40% bedraagt. Binnen de bromfietsen wijkt het zware "motorfiets"-model significant af van de overige drie.



Figuur 8. Trajecttijd in de rijtest 3: "manoevreren" (populaire fietsen, 384 runs).



Figuur 9. Trajecttijd in de rijtest 3: "manoevreren" (populaire bromfietsen, 192 runs).

### Eén hand aan het stuur

Bij het koers houden in een boog blijkt vooral met een fiets het met één hand sturen van invloed op de prestatie. Bij bromfietsen is dit effect afwezig.

### 3.2.3. Manoeuvreren

De Fig. 8 en 9 geven voor deze rijtest de gemiddelde trajecttijden voor de afstand tussen de pylonen 2 tot 4 voor de verschillende tweewielers.

#### Tweewielers

Een vergelijking tussen fietsen en bromfietsen is bij deze test niet mogelijk omdat voor de runs met de bromfietsen het traject werd aangepast (zie par. 3.1.2.). Wel kunnen vergelijkingen binnen de tweewielertypen worden gemaakt. De racefiets wijkt in traject-tijd (4,4 s) significant af van de drie overige fietsen (gemiddeld ca. 3,6 s). Van de bromfietsen wijkt het zware model met het hoge stuur (4,5 s) significant af van de drie andere bromfietsen. De bromfiets met het "motorfiets"-model (4,0 s) wijkt eveneens significant af van de lichte bromfiets met de motor op het voorwiel (3,4 s).

#### Eén hand aan het stuur

Ook in deze test blijkt de prestatie af te nemen bij het slechts met één hand besturen van de fietsen. De trajecttijd met één en twee handen aan het stuur bedraagt voor de populaire fietsen gemiddeld resp. 4,5 s en 3,4 s. Deze vergelijking is voor bromfietsen op grond van het huidige experiment niet te maken, omdat bleek dat in dit soort manoeuvre taken het berijden van een bromfiets met slechts één hand vrijwel niet mogelijk is.

#### 4. DISCUSSIE

In hoofdstuk 2 werden aspecten van het koers houden door fietsers en bromfietsers besproken. Eerst werd ingegaan op de kenmerken van de te volgen koers, daarna op die van de tweewieler, vervolgens op die van de berijder en ten slotte op het effect van storende omstandigheden. Van een aantal aspecten was uit eerder verricht onderzoek de invloed op het koers houden bekend. Voor de beoordeling van andere aspecten ontbreken kwantitatieve gegevens en kunnen mogelijke effecten nog slechts op grond van theoretische overwegingen verondersteld worden. Voor een deel van deze laatste aspecten biedt het in hoofdstuk 3 beschreven onderzoek aanvullende informatie.

In deze discussie wordt ingegaan op de mogelijke praktische consequenties die de beschikbare kennis heeft voor verkeersvoorzieningen voor fietsers en bromfietsers, het voertuigontwerp en verkeers- en gedragsregels.

##### 4.1. Verkeersvoorzieningen

Inclusief meegevoerde bagage etc., mogen fietsers en bromfietsers wettelijk een breedte van 0,75 m niet overschrijden (Wegenverkeersreglement, artikel 79 en 80a). Gebruikelijke stuurbreedtes van fietsen en bromfietsen zijn resp. 0,55 m en 0,7 m. Moderne jeugd-fietsen zijn echter vaak voorzien van een stuur dat de afmetingen heeft van een bromfietsstuur. Gelet op deze gegevens en mede in verband met de mogelijkheid tot vervoer van bagage enz. lijkt een contourbreedte van 0,75 m een praktische, relevante maat. De aan fietsers en bromfietsers ter beschikking te stellen bewegingsruimte op de weg, waarvan de strookbreedte een afgeleide is, dient daarom de toegestane contourbreedte van 0,75 m te bedragen, met daarbij opgeteld de voor koers houden benodigde padbreedte.

Voor verschillende koersen geven de in Fig. 4 t/m 6 vermelde resultaten een indicatie voor de onder bepaalde omstandigheden benodigde padbreedte. Op grond hiervan kan het volgende over de door tweewielers benodigde ruimte gezegd worden:



1. Op rechte of flauw gebogen wegen en fietspaden waar een redelijk hoge snelheid aangehouden kan worden, heeft een fietser of bromfietser een strookbreedte van tenminste 1 m nodig. Bij lage rijsnelheden en/of belemmerende omstandigheden zal de benodigde ruimte groter zijn.

2. Op kruisingen zal vaak een combinatie van bijzondere omstandigheden optreden. Bij het naderen kan de rijsnelheid beperkt zijn, terwijl bij een afslaande manoeuvre, richting aangeven en achterwaartse oriëntatie nodig kan zijn. Drury et al. (1975) geven aan dat voor het achterwaarts oriënteren tijdens het koers houden (comfortabele snelheid, beide handen aan het stuur) een strookbreedte van 1,05 m à 1,20 m benodigd is. Dit gegeven kan gecombineerd worden met de resultaten van het huidige onderzoek, waarin het effect van lage rijsnelheid, richting aangeven en het rijden in een boog wordt beschouwd. Te zamen wijzen de beschikbare gegevens er op dat voor manoeuvres nabij en op kruisingen een strookbreedte van tenminste 1,25 m beschikbaar moet zijn, zowel voor fietsers als voor bromfietzers.

Ofschoon de resultaten van het huidige onderzoek nog nader in praktijksituaties getoetst moeten worden, is te verwachten dat de gepresenteerde strookbreedtes ondergrenzen zijn, en wel om de volgende redenen:

- A. Het onderzoek werd uitgevoerd met proefpersonen die allen de leeftijd van 16 jaar hadden. Met name bij fietsen zal zowel de prestatie van jongere als van oudere verkeersdeelnemers in de betreffende situaties waarschijnlijk niet beter zijn (zie Arnberg et al., 1978).
- B. Effecten van zichtbelemmeringen, vervoer van bagage en duopassagiers werden niet of nauwelijks in het onderzoek betrokken.
- C. Bij het rijden langs stoepranden, geparkeerde auto's, muren e.d. wordt door fietsers en bromfietzers uit "bermvrees" vaak een grotere afstand tot het obstakel aangehouden dan voor koers houden nodig is.
- D. Het onderzoek droeg voor bromfietsen slechts een verkennend karakter.

Het effect van wegdek- en zijwindverstoringen op de prestatie van fietsers blijkt vooral bij lage rijsnelheid en bij het sturen met één hand. Wegdekoneffenheden komen veelvuldig voor op wegen waarvan fietsers en bromfietzers gebruik maken. Te denken valt aan: tram-

rails, gootranden, aansluitvoegen tussen fietspad en hoofdrijbaan, patronen in met klinkers of tegels bestrate wegen, scheuren in het asfalt, enz. Dergelijke oneffenheden kunnen het besturen en stabiliseren van tweewielers bemoeilijken zoals in dit en ander (Blaauw et al., 1978) onderzoek bevestigd wordt. Uit een analyse van factoren die geleid hebben tot ongevallen van fietsende kinderen (Wright, 1974), blijkt dat oneffenheden in het wegdek een reëel gevaar vormen. Blijvende aandacht hiervoor is gewenst.

Windhinder wordt veelal plaatselijk geïntensiveerd door bouwwerken, discontinuïteiten in beplantingen, enz. In het huidige onderzoek kon door de proefpersonen in ruimere mate op de windverstoring worden geanticipeerd. Bij redelijk hoge rijsnelheden blijkt het effect van de verstoring dan ook beperkt. Voor in de praktijk voorkomende situaties lijkt het vooral van belang om door middel van een goede vormgeving onverwacht optredende windstoten te vermijden. De luchtverplaatsingen van passerende vrachtauto's vormen een apart probleem. Ze worden extra groot bij hoge rijsnelheden. De windhinder gaat ook vaak gepaard met afscherming van een deel van het gezichtsveld, beperkte rijstrookbreedte of schrik. Deze storing en dit soort situaties dienen zoveel mogelijk vermeden te worden.

#### 4.2. Voertuigontwerp

Veelal wordt verondersteld dat aan tweewielers vrijwel geen verbeteringen mogelijk zijn omdat dit voertuigtype vanuit een langdurige praktijkervaring is ontwikkeld tot de huidige vorm. Onderzoekresultaten wijzen erop dat deze veronderstelling niet geheel gerechtvaardigd is. Het blijkt vooral zinvol om te onderkennen dat er tussen tweewielers duidelijke verschillen bestaan wanneer het gaat om de prestatie in taken die een beroep doen op de stabiliteit en/of wendbaarheid.

Arnberg et al. (1974) bestudeerden het achterwaarts oriënteren bij het rijden van een rechte koers (padbreedte 0,5 m, trajectlengte 15 m). Een dergelijke taak doet zich voor bij het voorbereiden van een "linksaf"-manoeuvre op een kruising. Bij de drie onderzochte

fietstypen, t.w. "small-wheeled", "standard" en "rodeo" bleek de kans op het maken van fouten in de te volgen koers en de beoordeling van de achterliggende situatie resp. 10%, 20% en 50%. Het "rodeo"-type kenmerkt zich o.a. door een lang, ver naar achteren geplaatst zadel.

Het effect van de stuurvorm op de wendbaarheid, zoals gevonden door Arnberg et al. (1974) en Mortimer et al. (1976), wordt in het huidige onderzoek bevestigd. De stuurvorm bepaalt mede de zithouding van de berijder. Extreme stuurvormen leiden tot een beperkte wendbaarheid. Met name het "race-stuur" veroorzaakt een vermindering van de wendbaarheid. Wendbaarheid is van groot belang in situaties met veel verkeer, bij het uitwijken voor ander verkeer, obstakels, enz.

De hier gesignaleerde problematiek hangt samen met de vraag of bij fietsen een formeel onderscheid (t.a.v. ontwerpeisen en/of gedragsregels) gemaakt zou moeten worden tussen het gebruik als speelgoed dan wel als vervoermiddel. Uiteraard zal hierbij ook de leeftijd van de bestuurder een rol spelen.

De thans beschikbare gegevens wijzen erop dat het ongelimiteerd accepteren van nieuwe (vooral extreme) tweewielermodellen ten nadele van de verkeersveiligheid kan werken. Rijtests, die ontleend zijn aan reële verkeerssituaties, bieden mogelijkheden om bestaande zowel als te introduceren tweewielers te beoordelen.

Het huidige onderzoek droeg voor bromfietsen een verkennend karakter. Hoge snelheden werden niet beschouwd. Er bleken verschillen in wendbaarheid tussen de bromfietsmodellen op te treden. Opmerkelijk is de slechtere prestatie van het "motorfietsmodel" bij koers houden in een boog. Ook bij manoeuvreren waren voor dit model de prestaties minder. Afwijkingen in vormgeving en gewicht kunnen hiervan de oorzaak zijn. Verder onderzoek naar de rijeigenschappen van bromfietsen bij hoge snelheid is gewenst, onder meer vanwege het relatief grote aantal eenzijdige ongevallen dat met dit type tweewieler plaatsvindt.

De door Arnberg et al. (1974) en Drury et al. (1975) aangeven koersafwijkingen als gevolg van het achterwaarts oriënteren, maken het bo-

vendien zinvol nader onderzoek te doen naar het effect van achteruitkijkspiegels voor tweewielers.

Bij gebruik van achteruitkijkspiegels kunnen zich, vooral bij fietsen, problemen voordoen. Ten eerste omdat het schatten van rijnsnelheid en rijrichting van achteropkomend verkeer m.b.v. een spiegel moeilijker is dan zonder spiegel. Ten tweede omdat een spiegel die aan een fiets bevestigd is sterk aan bewegingen onderhevig is, vooral bij lage snelheden. Daarbij komt dat uitstekende delen als spiegels een ongunstige invloed zouden kunnen hebben op de afloop van ongevallen.

Bromfietsen wijken echter in een aantal opzichten af van fietsen. Niet alleen is voor het berijden ervan een minimum leeftijdsgrens wettelijk vastgesteld, ook zijn door de gemiddeld hogere snelheden de bewegingsvormen meer stabiel en worden trillingen enigszins gedempt door de vering. Bovendien bestaat voor bromfietsen herhaaldelijk de noodzaak langzamer rijdende fietsers te passeren en in de baan van andere voertuigen te gaan rijden. Daarbij is telkens achterwaartse oriëntatie vereist, temeer omdat bromfietsers vanwege het motorgeluid van hun eigen voertuig vaak niet via hun gehoor gewaarschuwd worden voor achteropkomend verkeer. Hierbij komt dat bij helmgebruik door bromfietsers het perifere gezichtsveld ten dele kan zijn afgeschermd. Eén en ander maakt een nadere evaluatie van achteruitkijkspiegels met name voor bromfietsen van belang. Ook voor motorfietsen zou van kennis op dit gebied geprofiteerd kunnen worden.

#### 4.3. Verkeers- en gedragsregels

Het rijden met één hand aan het stuur op fietsen en bromfietsen komt voor wanneer men bijvoorbeeld in de hand bagage vervoert en is bovendien onvermijdelijk bij richting aangeven. De onderzoekresultaten geven aan dat het rijden met één hand de berijder hindert bij het stabiliseren, sturen, snelheid regelen en bij het ondervangen van storingen. Sommige rijtests konden zelfs door bromfietsers niet met één hand uitgevoerd worden. Overwogen zou dienen te worden of het rijden met één hand niet onderhevig zou moeten zijn aan restricties. Voorzeningen voor het bevestigen en vervoeren van handbagage zijn ge-

wenst. Voor het richting aangeven zou een nadere afweging van de voor- en nadelen van clignoteurs moeten plaatsvinden.

Over het vervoer van duopassagiers werd in par. 2.4. opgemerkt dat de bewegingsvormen van een tweewieler in ongunstige zin beïnvloed kunnen worden door een veranderde zwaartepuntsligging, lagere rij-snelheid, onvoldoende coördinatie tussen de bewegingen van duopassagier en berijder, enz. Bij de huidige wetgeving is het aan fietsers beneden de 18 jaar toegestaan ten hoogste één persoon te vervoeren die niet ouder mag zijn dan de bestuurder. Fietsers boven de 18 jaar mogen hoogstens één persoon boven de 10 jaar of twee kinderen onder de 10 jaar vervoeren. Bromfietsers mogen hoogstens één persoon vervoeren. Gezien de ongunstige invloed die het vervoeren van passagiers heeft, zou het wenselijk kunnen zijn een leeftijdsgrens - bijvoorbeeld van 16 jaar - vast te stellen waaronder het vervoeren van passagiers niet is toegestaan. Met name voor fietsers zou bovendien overwogen kunnen worden een bovengrens voor de leeftijd van de passagier in te voeren. Op grond van het huidige onderzoek zijn voor dit aspect nog geen harde conclusies mogelijk. Nader experimenteel onderzoek en analyses van ongevallengegevens kunnen over dit punt de benodigde aanvullende informatie opleveren.

## 5. SLOTOPMERKING

In dit artikel besproken onderzoekresultaten zijn - zij het in ruwere vorm - in een eerder stadium ter beschikking gesteld aan de werkgroep "Fietsverkeer" van de commissie Richtlijnen Ontwerp Niet-Autosnelwegen, als een van de uitgangspunten voor het opstellen van voorlopige normen (RONA, 1976).

## 6. LITERATUUR

Arnberg, P.W. & Tydén, T. (1974). "Stability and manoeuvrability performance of different types of bicycles". Report No. 45A. National Swedish Road and Traffic Research Institute, Sweden.

Arnberg, P.W.; Ohlsson, E.; Westerberg, A. & Öström, C.A. (1978). "The ability of preschool- and schoolchildren to manoeuvre their bicycles". Report 149A. National Swedish Road and Traffic Institute, Sweden.

Blaauw, G.J. & Godthelp, J. (1978). "Het rijgedrag van motorrijders op verschillende wegdekken". Verkeerskunde 29 (1978) 3: 119-123.

Blokpoel, A. (1978). "De verkeersonveiligheid van voetgangers, fietsers en bromfietsers binnen de bebouwde kom in cijfers". Een statistische beschrijving van de landelijke gegevens betreffende verkeersongevallen en verkeersslachtoffers. Bijdrage Congresboek Nationaal Verkeersveiligheidscongres 1978, Amsterdam, 19-20 april 1978. R-78-9. SWOV, Voorburg.

Brezina, E. & Kramer, M. (1970). "An investigation of rider, bicycle and environmental variables in urban bicycle collisions". Technical Bulletin SE-70-01. Ontario Department of Transport, USA.

Centraal Bureau voor de Statistiek CBS (1978). "Statistiek van de verkeersongevallen op de openbare weg 1976". Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

Commissie Richtlijnen Ontwerp Niet-Autosnelwegen RONA, Werkgroep Fietsverkeer (1976). "Voorlopige richtlijnen te hanteren bij de aanleg van (brom)-fietspaden langs secundaire en tertiaire wegen buiten de bebouwde kom". Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage.

Dewar, R.E. (1978). "Bicycle riding practices: implications for safety campaigns". Journal of Safety Research 10 (1978) 1: 35-42.

- Drury, C.G.; Zajkowski, M.M.; Daniels, E.B. & Kobas, G.V. (1975). "Bicycle safety-effective intervention strategies". Report 75/HF/01. Department of Industrial Engineering. State University New York, Buffalow, New York.
- Eaton, D.J. (1973). "Man-machine dynamics in the stabilization of single-track vehicles", Dissertation. Highway Safety Research Institute, University of Michigan, Ann Arbor.
- Godthelp, J. & Buist, M. (1975). "Stability and manoeuvrability characteristics of single track vehicles", Report IZF 1975-C2. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Herwig, B. (1969, I). "Fehlverhaltensweisen im öffentlichen Strassenverkehr". Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 15 (1969) 1:
- Herwig, B. (1969, II). "Faktor "Fahrzeug" und Häufigkeit des Unterlassens der Richtungsanzeige". Zeitschrift für Verkehrssicherheit 15 (1969) 4:
- Van Lunteren, A. & Stassen, H.G. (1970). "Investigations on the bicycle simulator". Annual report 1969 of the man-machine systems group, WTHD 21. Technische Hogeschool Delft.
- Mortimer, R.G.; Domas, P.A. & Dewar, R.E. (1976). "The relationship of bicycle manoeuvrability to handlebar configuration". Applied Ergonomics 7 (1976) 4 (December): 213-219.
- Roland, R.D. (1974). "Computer simulation of bicycle dynamics". In: Mechanics and Sport, published by The American Society of Mechanical Engineers, New York.
- Sharp, R.W. (1971). "The stability and control of motorcycles". J. Mech. Engng. Sci. 13 (1971) 24.



Weir, D.H. (1972). "Motorcycle handling dynamics and rider control and the effect of design configuration on response and performance". Dissertation. University of California, Los Angeles.

Wright, P.H. (1974). "An overview of the bicycle accident problem". In: Proceedings of the Third Int. Congress on Automotive Safety, July 1974, San Francisco, California. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.