

FIETSVOORZIENINGEN OP WEGGEDEELTEN BINNEN DE BEBOUWDE KOM I

Onderzoekopzet en literatuuroverzicht

R-82-25

Ir. A.G. Welleman

Leidschendam, 1982

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | <u>Inleiding</u> | 4 |
| 1.1. | Keuze van het onderzoeksonderwerp | 5 |
| 1.2. | Aan weggedeelten te stellen eisen | 8 |
| 1.3. | Rapportage | 9 |
| 2. | <u>Onderzoeksopzet in hoofdlijnen</u> | 10 |
| 2.1. | Doelstelling | 10 |
| 2.2. | Uitwerking | 13 |
| 2.2.1. | Keuze van onderzoeklocaties | 13 |
| 2.2.2. | Omvang van het weggedeeltenbestand | 14 |
| 2.2.3. | Inventarisatie van gegevens | 16 |
| 3. | <u>Overzicht van de literatuur</u> | 18 |
| 3.1. | De veiligheid van fietsers | 18 |
| 3.1.1. | Het effect van vrijliggende fietspaden | 18 |
| 3.1.2. | Het effect van fietsstroken | 29 |
| 3.2. | De veiligheid van bromfietsers | 33 |
| 3.3. | Samenvatting en discussie | 36 |
| 3.3.1. | De situatie buiten de bebouwde kom | 36 |
| 3.3.2. | De situatie binnen de bebouwde kom | 37 |
| 4. | <u>Slotopmerkingen</u> | 39 |
| | <u>Literatuur</u> | 41 |
| | <u>Tabellen</u> | 44 |
| | <u>Bijlage 1: Vaststelling steekproefomvang</u> | |
| | <u>Bijlage 2: Beknopt overzicht van de bromfietswetgeving in enkele Westeuropese landen</u> | |

1. INLEIDING

Zowel door de overheid als door belangengroeperingen als de ENFB wordt het gebruik van de fiets de laatste jaren sterk gestimuleerd. Een logisch gevolg daarvan is, dat fietsers meer ruimte ter beschikking moeten krijgen. Om dat te kunnen realiseren is kennis nodig over een groot aantal aspecten, onder te verdelen in vier hoofdgroepen: operationele aspecten, kosten, milieu-effecten en verkeersveiligheid.

Over het aspect verkeersveiligheid, het onderzoeksterrein van de SWOV, is de benodigde kennis in onvoldoende mate beschikbaar. Om tot een goede besluitvorming te kunnen komen moet de bestaande kennis worden geïventariseerd en zullen leemten in de kennis via onderzoek moeten worden opgevuld. Deze behoefte aan onderzoek is ook door beleidsinstanties gesignaleerd, getuige het Meerjarenplan Personenvervoer 1976-1980 en het Beleidsplan voor de Verkeersveiligheid (Hoofdstuk VI: Prioriteiten), waarin prioriteit wordt toegekend aan wetenschappelijk gefundeerd onderzoek op langere termijn. Van de SWOV mag een bijdrage aan dat onderzoek worden verwacht, onder andere bestaande uit een overzicht van de totale verkeersonveiligheidsproblematiek van fietsers en bromfietsers. Dat ook bromfietsers in het onderzoek betrokken moeten worden, is een gevolg van het feit dat zij meestal van dezelfde verkeersruimte gebruik maken als de fietsers.

Vooralsnog ontbreekt een overzicht van de totale problematiek, met name omdat het kader daarvoor maar moeizaam gestalte krijgt. Naast literatuurstudie en analyse van landelijke statistische gegevens over verkeersongevallen kan onderzoek op deelgebieden worden uitgevoerd om tot zo'n kader te komen. Dergelijk onderzoek levert meer gedetailleerde informatie op dan analyse van statistische ongevalgegevens. Bovendien is het, in tegenstelling tot de meeste literatuurbronnen, gericht op de specifiek Nederlandse situatie. Deze laatstgenoemde opmerkingen gelden ook voor een aantal projecten waarbij de SWOV reeds betrokken is, zoals het demonstratieproject Fietsroutes, het demonstratieproject Herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden en verschillende RONA-onderzoeken.

Om budgettaire redenen zal het onderzoek op deelgebieden van het totale onderzoeksveld beperkt van omvang moeten zijn. Maar er zijn ook nog andere redenen:

- als de uitvoeringstermijn relatief kort is, bestaat de mogelijkheid om het onderwerp van het onderzoek zodanig te kiezen dat aangesloten wordt bij actuele beleidsvragen;
- op relatief korte termijn kan ervaring met onderzoeksmethodieken worden opgedaan, zodat eventueel gewenste aanpassingen van deze methodieken eveneens binnen korte tijd kunnen worden doorgevoerd; het uitvoeren van opeenvolgende deelonderzoeken kan dus voor het uitvoerende onderzoeksinstituut een leerproces vormen.

Een voorwaarde voor het uitvoeren van dergelijk onderzoek is dat de onderzoeksresultaten generaliseerbaar dienen te zijn. Alleen dan is het mogelijk voorspellingen te doen over het effect van de onderzochte maatregelen bij toepassing ervan buiten de onderzochte situaties.

1.1. Keuze van het onderzoeksonderwerp

De keuze van het onderwerp van onderzoek - fietsvoorzieningen op weggedeelten binnen de bebouwde kom - is hoofdzakelijk op basis van de volgende argumenten tot stand gekomen:

a. Binnen de bebouwde kom worden verschillende typen fietsvoorzieningen toegepast. De keuze van het type wordt veelal bepaald door de beschikbare ruimte en kostenoverwegingen. De verschillen in veiligheid tussen de typen fietsvoorziening zijn nauwelijks bekend en voorzover onderzoek is verricht, is het moeilijk om uit de resultaten daarvan duidelijke conclusies te trekken. Geconstateerd kan worden dat de aandacht voor de fiets in verkeers- en vervoersplannen groot is. Dat resulteert uitgebreide fietspadenplannen op provinciaal niveau en fietsnota's, fietscirculatieplannen etc. op gemeentelijk niveau. Het Rijk stimuleert één en ander via subsidies voor de aanleg van fietsvoorzieningen. Een uitspraak over de veiligheid van de verschillende typen fietsvoorzieningen is dan ook zeker gewenst als bijdrage aan een goede besluitvorming.

b. In het kader van het demonstratieproject Herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden werd in 1977, in aansluiting op een vraag van de gemeente Eindhoven, een aanvang gemaakt met een onderzoek dat qua vormgeving identiek was aan het hier beschreven onderzoek. Om budgettaire redenen en omdat in Eindhoven en Rijswijk (de steden die aan het project deelnemen) slechts een beperkt aantal geschikte locaties kon worden gevonden, was de omvang van dat onderzoek beperkt. Het kon niet meer dan het karakter van een pilotstudie hebben.

Op grond van de zojuist genoemde argumenten werd in 1978 het project "Fietsvoorzieningen op weggedeelten binnen de bebouwde kom" in het onderzoekprogramma van de SWOV opgenomen. De globale doelstelling van dit project is te onderzoeken, wat de invloed is van de aanwezigheid van speciale voorzieningen voor fietsers en bromfietsers op de veiligheid van deze categorieën verkeersdeelnemers. Daarbij zal worden getracht aan te geven, onder welke condities er sprake is van de beoelde invloed.

Bij dit onderzoek worden drie groepen voorzieningen onderscheiden:

- vrijliggende fietspaden: indien er voldoende ruimte beschikbaar is, kan door de aanleg van deze voorziening een duidelijke fysieke scheiding worden aangebracht tussen de fietsers en bromfietsers enerzijds en het gemotoriseerde verkeer anderzijds;
- fietsstroken: door middel van al dan niet onderbroken verfstrepen en eventueel op het wegdek aangebrachte fietssymbolen kan een ruimte op de rijbaan worden gereserveerd ten behoeve van fietsers en bromfietsers; er zijn dan geen fysieke belemmeringen voor motorvoertuigen om ook van deze ruimte gebruik te maken;
- geen speciale voorzieningen voor fietsers en bromfietsers; alle verkeersdeelnemerscategorieën, de voetganger meestal uitgezonderd, maken gebruik van dezelfde verkeersruimte.

Het begrip "weggedeelte" in de titel van het onderzoek behoeft een toelichting. Binnen elke stedelijke wegenstructuur kan een net van doorgaande routes worden aangegeven. De wegen waaruit dit net is opgebouwd, worden verkeersaders genoemd. Dat wil zeggen dat die wegen overwegend een verkeersfunctie hebben. Een weggedeelte van een verkeersader kan nu gedefinieerd worden als dat deel van die ader dat is gelegen tussen twee opeenvolgende kruisingen met andere verkeersaders. Hier uit volgt dat een weggedeelte in de meeste gevallen zal bestaan uit meerdere wegvakken. Wegvakken zijn immers die delen van een weg die zijn gelegen tussen twee opeenvolgende kruisingen van wegen, ongeacht de aard van die wegen.

Dat het weggedeelte en niet het wegvak, de route of het netwerk van verkeersaders als onderzoekseenheid is gekozen, heeft de volgende oor-

zaak. Uitgangspunt is dat het ongevallenbeeld op kruispunten en dat op de daaraan ontspruitende (of de daartussen gelegen) wegvakken niet los van elkaar mogen worden gezien. Speciale voorzieningen voor fietsers en bromfietsers hebben, indien ze op wegvakken worden toegepast, primair effect op het gedrag en daarmee op de veiligheid van de verkeersdeelnemers die op het wegvak rijden. Deze voorzieningen bepalen echter ook de uitgangspositie voor het gedrag en daarmee voor de veiligheid van de verkeersdeelnemers op de kruispunten die de verschillende wegvakken met elkaar verbinden. Idealiter zouden dan ook netwerken van wegen onderzocht moeten worden. Fietsvoorzieningen van een zelfde type zijn echter nooit aanwezig op alle wegvakken van een wegennet. Als tussenoplossing tussen wegennetten en wegvakken wordt daarom in dit onderzoek het weggedeelte als onderzoekseenheid gehanteerd.

Een weggedeelte is, zoals reeds is aangegeven, een stuk van een verkeersader. Woonstraten, woonerven, verblijfsgebieden of hoe men de niet-verkeersaders ook wil noemen, blijven in dit onderzoek buiten beschouwing. Een van de redenen daarvoor is, dat op niet-verkeersaders slechts bij uitzondering aparte fietsvoorzieningen worden toegepast. Verder is het verkeersbeeld (samenstelling en intensiteiten) - en daardoor ook het ongevallenbeeld - op niet-verkeersaders heel anders dan op verkeersaders; dit maakt het onmogelijk weggedeelten zonder fietsvoorziening op verkeersaders en niet-verkeersaders als één groep te beschouwen.

Door de keuze van het weggedeelte als onderzoekseenheid wordt naar verwachting een goed beeld gekregen van de verkeersonveiligheidsproblematiek op verkeersaders. Dit geldt zowel voor de wegvakken en de tussengelegen kruispunten met niet-verkeersaders als voor de kruispunten van verkeersaders onderling, die de weggedeelten begrenzen.

Het onderzoek zal zich beperken tot weggedeelten binnen de bebouwde kom. Dit gebeurt om overlapping te voorkomen met onderzoek van de commissie RONA. Deze commissie laat namelijk onderzoek uitvoeren naar de veiligheid van het fiets- en bromfietsverkeer buiten de bebouwde kom.

Voorts blijft het onderzoek beperkt tot gemeenten met meer dan 50 000 inwoners (de groottecategorieën I en II). Hiervoor zijn twee redenen aan te voeren. Ten eerste kan uit ongevallengegevens worden

afgeleid, dat het verkeersonveiligheidsprobleem voor (brom)fietsers binnen de bebouwde kom het grootst is in de gemeenten uit deze categorieën (zie tabel 1 en 2). Ten tweede blijkt uit een enquête van de ANWB (1975) dat vrijliggende fietspaden en fietsstroken met name voorkomen in deze grote gemeenten. Ter informatie is in tabel 3 aangegeven welk deel van de Nederlandse bevolking per 1 januari 1975 in elk van beide categorieën woonde.

1.2. Aan weggedeelten te stellen eisen

Mede op basis van hetgeen in het voorgaande is gesteld, kan een aantal eisen worden geformuleerd waaraan de te onderzoeken weggedeelten moeten voldoen:

- a. De weggedeelten moeten binnen de bebouwde kom liggen.
- b. De speciale voorzieningen voor fietsers en bromfietsers dienen over de gehele lengte van het weggedeelte aanwezig dan wel afwezig te zijn aan beide zijden van de weg.
- c. De lengte van een weggedeelte moet bij voorkeur 400 m of meer zijn. Verkeersstromen op kortere weggedeelten zullen met name binnen gemeenten met 50 000 inwoners of meer sterk worden beïnvloed door de verkeersafwikkeling op de begrenzende kruisingen van verkeersaders. Door de weggedeelten met een lengte van minder dan 400 m buiten het onderzoek te houden, wordt t.a.v. dit aspect een zekere uniformiteit in het weggedeeltenbestand bereikt.
- d. De kruispunten binnen een weggedeelte (dus van een verkeersader met een niet-verkeersader) dienen op een enkele uitzondering na niet van een verkeerslichteninstallatie te zijn voorzien.
- e. Binnen de onderzoeksperiode mogen geen wijzigingen zijn opgetreden in de wegkenmerken van de weggedeelten.
- f. Van wijzigingen die binnen de onderzoeksperiode zijn opgetreden in de verkeerskenmerken van een weggedeelte, moet het tijdstip en de omvang bekend zijn.
- g. Op de weggedeelten mag geen geslotenverklaring van toepassing zijn.

1.3. Rapportage

De rapportage over het onderzoek gebeurt in fasen, omdat de tijd tussen het vaststellen van een onderzoeksopzet in hoofdlijnen en het uitvoeren van de laatste analyses betrekkelijk lang is. In dit geval beslaat die tijd de periode tussen medio 1978 en, naar alle waarschijnlijkheid, einde 1983. In zo'n tijdsbestek vindt een ontwikkeling plaats in het denken over het onderzoeksonderwerp en over meet- en analysemethoden. Bovendien wordt voortdurend ervaring opgedaan met de uitvoering van het onderzoek, zowel in grote lijnen als in detail. Door te rapporten in fasen kan dit proces beter tot zijn recht komen.

Een meer praktische reden voor rapportage in fasen is dat beter ordening kan worden aangebracht in de activiteiten waarover wordt gerapporteerd.

Dit eerste deelrapport geeft een beschrijving van de onderzoeksopzet in hoofdlijnen. De oorspronkelijke opzet is in juli 1978 opgesteld. Tevens is een overzicht opgenomen van de literatuur waaraan hypothesen voor de eerste fase van het onderzoek worden ontleend.

Het tweede deelrapport zal een overzicht bevatten van het soort gegevens dat voor het onderzoek nodig is, alsmede een beschrijving van de inventarisatie en van de verwerking van de gegevens. Een beschrijving van de belangrijkste geïnterpreteerde gegevens zal dat deelrapport besluiten.

Verdere rapportage zal betrekking hebben op de uitvoering van de analyses en de daaruit voortvloeiende resultaten.

2. ONDERZOEKSOPZET IN HOOFDLIJNEN

In het najaar van 1978 moesten de eerste metingen voor het onderzoek worden uitgevoerd. Een gedetailleerde uitwerking van de diverse delen van het project kon echter pas na overleg met het uitvoerende bureau en met de betrokken gemeenten plaatsvinden. Daarom is in 1978 volstaan met het opstellen van een onderzoeksopzet in hoofdlijnen. In dit hoofdstuk wordt een beschrijving van deze globale onderzoeksopzet gegeven. De gedetailleerde uitwerking van een aantal onderdelen zal in volgende rapportages aan de orde komen.

Eén afwijking ten opzichte van de oorspronkelijke versie uit 1978 dient hier te worden vermeld. Aanvankelijk was het de bedoeling om ook weggedeelten met vrijliggende fietspaden binnen de bebouwde kom van gemeenten met minder dan 10 000 inwoners bij het onderzoek te betrekken. Voornamelijk om budgettaire redenen is daar al kort na de aanvang van het onderzoek van afgezien.

2.1. Doelstelling

De eerste fase van het onderzoek wordt uitgevoerd om na te gaan of - en zo ja, onder welke condities - er verschillen zijn in de onveiligheid van met name fietsers en bromfietzers die gebruik maken van weggedeelten:

- met vrijliggende fietspaden;
- met fietsstroken;
- zonder speciale voorzieningen voor fietsers en bromfietzers.

De onveiligheid zal worden uitgedrukt in een ongevallenratio. Voor elk weggedeelte wordt de ongevallenratio bepaald door het aantal ongevallen te delen door de verkeersprestatie (het aantal voertuigkilometers) op het betreffende weggedeelte. De ongevallenratio kan worden bepaald voor elke categorie voertuigen afzonderlijk, voor een aantal categorieën of voor alle categorieën tezamen.

De tweede fase van het onderzoek heeft ten doel relaties te vinden tussen het aantal ongevallen per lengte-eenheid van een weggedeelte en de intensiteiten van het verkeer op dat weggedeelte.

Eén en ander kan worden vastgesteld voor:

a. alle weggedeelten die in het onderzoeksbestand worden opgenomen gezamenlijk;

b. alle weggedeelten, behorende tot elk van de drie categorieën weggedeelten;

Deze relaties kunnen worden bepaald voor elke categorie voertuigen afzonderlijk, voor een aantal categorieën of voor alle categorieën tezamen.

Om te kunnen nagaan of de weggedeelten in het onderzoek representatief zijn wat betreft de aanwezigheid van fietsvoorzieningen, zal het gehele wegennet binnen de bebouwde kom van de betrokken woonkernen worden geïnventariseerd met betrekking tot:

- de lengte van alle verkeersaders, met een onderscheiding van het type fietsvoorziening; voorzover wijzigingen gedurende de onderzoeksperiode zijn aangebracht, dient het tijdstip van wijziging te worden vastgesteld;

- de lengte van alle niet-verkeersaders.

De derde fase van het onderzoek heeft ten doel de ongevalskenmerken van de drie onderscheiden categorieën weggedeelten met elkaar te vergelijken. Daartoe dient per cel informatie beschikbaar te zijn over:

a. de aard van de ongevallen (botsingspartners);

b. de ernst van de ongevallen, bijvoorbeeld:

- het aantal dodelijke ongevallen/100 letselongevallen;

- letaliteit;

- voor de ongevallen waarbij een fietser of bromfietser en een (vracht)-auto of bus betrokken zijn: aantal slachtoffers per 100 ongevallen (slachtofferquotient);

c. locatiekenmerken zoals:

- wettelijk toegestane maximumsnelheid;

- wegsituatie (rechte weg, kruising, T-kruising etc.);

- bijzonderheid van plaats (met name de uitrit is hier van belang);

d. lichtgesteldheid in combinatie met wegverlichting;

e. weersgesteldheid in combinatie met wegdek en wegverharding;

f. tijdstip waarop de ongevallen plaatsvinden (maand, dag, uur);

g. kenmerken van de betrokken fietsers en bromfietzers: leeftijd, geslacht.

De vierde fase beoogt informatie te verzamelen over eventuele relaties tussen de ongevallenratio en wegkenmerken van weggedeelten.

Gedacht wordt aan wegkenmerken die een indicatie geven van een mogelijke verstoring in dwarsrichting van de verkeersafwikkeling:

- aantal kruisingen
 - aantal T-kruisingen
 - aantal uitritten
 - aantal VOP's
- } per lengte-eenheid

en aan wegkenmerken die mogelijk van invloed zijn op verstoringen in langsrichting van de verkeersafwikkeling:

- type fietsvoorziening (vrijliggend fietspad, fietsstrook of geen speciale voorziening);
- aantal rijstroken per rijrichting;
- aanwezigheid middenberm;
- hoofdrijbaanbreedte per rijrichting + breedte fietspad/fietsstrook;
- aantal haltes voor het openbaar vervoer (per lengte-eenheid).

De eerste en de tweede fase van het onderzoek zijn van primair belang. De omvang van het gegevensbestand dient zodanig te worden vastgesteld, dat er slechts een zeer kleine kans is dat ten onrechte een relevant verschil in ongevallenratio tussen twee categorieën fietsvoorziening wordt geconstateerd. Indien namelijk een verschil wordt geconstateerd, zal dit hoogstwaarschijnlijk gevolgen hebben in termen van maatregelen. Maatregelen, die aanzienlijke kosten met zich meebrengen, waardoor het nodig is strakke betrouwbaarheidsgrenzen te hanteren.

De kans dat een werkelijk en relevant verschil ten onrechte niet wordt geconstateerd, dient ook klein te zijn, maar daarvoor kunnen iets ruimere grenzen worden gehanteerd.

Pas wanneer de vraag beantwoord is, of het aanleggen van fietsstroken of vrijliggende fietspaden effect heeft op de veiligheid van fietsers en bromfietsers, wordt de vraag interessant onder welke omstandigheden dat het geval is. Naar verwachting zullen vooral de verkeersintensiteiten een belangrijk deel van de eventuele verschillen in aantal ongevallen tussen de drie onderzochte categorieën weggedeelten verklaren. Vandaar dat aan de analyse van de samenhang tussen ongevallen en verkeersintensiteiten een aparte fase van het onderzoek is gewijd.

Het onderzoek in de derde en vierde fase zal voornamelijk een descriptief karakter hebben. Een goede beschrijving van het ongevallebeeld voor elk van de drie onderscheiden categorieën weggedeelten is er op dit moment nog niet. Er zijn studies die een deel van dat beeld beschrijven, met name voor wegen zonder fietsvoorzieningen en voor wegen met vrijliggende fietspaden. Ook wordt vaak een vergelijking gemaakt tussen deze twee categorieën. Veel van deze studies hebben betrekking op de situatie buiten de bebouwde kom, op buitenlandse situaties, op wegvakken tussen kruispunten etc. Fietsstroken zijn slechts zelden beschreven in de tot nu toe bekende studies. Kortom: er is een goede beschrijving van het ongevallebeeld voor elk van de drie categorieën nodig. Zo'n beschrijving kan bovendien aanknopingspunten bieden voor verder onderzoek. Daarmee hebben de derde en vierde fase tevens een exploratief karakter.

2.2. Uitwerking

Een gedetailleerde uitwerking van de inventarisaties en analyses wordt hier niet gegeven. Die komt in een later rapportagestadium aan de orde. Wel zullen hier een aantal opmerkingen worden gemaakt over de keuze van onderzoekslocaties, over de omvang van het weggedeeltenbestand en over de inventarisatie van gegevens.

2.2.1. Keuze van onderzoeklocaties

Om de weggedeelten voor het onderzoeksbestand te kunnen kiezen moest allereerst een keuze worden gedaan uit de 42 gemeenten in Nederland met meer dan 50 000 inwoners (per 1 januari 1977). Binnen deze groep hebben we ons beperkt tot de gemeenten met urbanisatiegraad C4 of C5: gemeenten met een stedelijk karakter en een woonkern van 50 000 inwoners of meer. Dit zijn er 33, verspreid over negen provincies. Om praktische redenen leek het gewenst om gemeenten te kiezen in een beperkt aantal provincies. Mede omdat in het kader van de demonstratieprojecten Fietsroutes en Herindelingsrichting en herinrichting van stedelijke gebieden gegevens bekend waren over steden in de provincies Zuid-Holland en Noord-Brabant, zijn in eerste instantie deze provincies gekozen. Daaraan is ook nog de provincie Overijssel toegevoegd, omdat

naar verwachting gebruik kon worden gemaakt van de gegevens van een onderzoek in de gemeente Enschede.

In deze drie provincies bevinden zich 16 gemeenten met urbanisatiegraad C4 of C5. Verwacht werd dat binnen deze gemeenten voldoende weggedeelten konden worden gevonden die zouden voldoen aan de condities die in de inleiding zijn genoemd.

2.2.2. Omvang van het weggedeeltenbestand

Om het minimaal benodigde aantal weggedeelten per categorie vast te kunnen stellen (i.v.m. de betrouwbaarheid van uitspraken over verschillen in veiligheid tussen de drie categorieën), moet men eerst weten hoeveel ongevallen er per categorie nodig zijn. Hiervoor zijn bepaalde formules gehanteerd; de afleiding van deze formules is weer gegeven in bijlage 1. Het gebruik van deze formules vereist een aantal keuzen.

De eerste keuze betreft de hypothesen over verschillen in veiligheid tussen de te onderscheiden cellen. Gegeven de beperkte kennis over de ongevallenkansen, zal hier worden gekozen voor tweezijdige toetsing van de hypothese dat de gemiddelde ongevallenkans van cel x verschilt van die van cel y. Indien er geen duidelijke theoretische overwegingen aanwezig zijn en er bovendien geen duidelijke indicaties aan landelijke ongevalgegevens ontleend kunnen worden, is immers voorzichtigheid geboden met de hypothese: de gemiddelde ongevallenkans van cel x is groter dan die van cel y. Bij een dergelijke hypothese kan eenzijdige toetsing plaatsvinden, hetgeen betekent dat een gekozen betrouwbaarheid met een kleinere steekproefomvang gerealiseerd kan worden dan bij tweezijdige toetsing. Indien deze hypothese echter wordt verworpen, kan alleen worden vastgesteld dat de gemiddelde ongevallenkans van cel x niet groter is dan die van cel y. Toetsing van de hypothese dat de gemiddelde ongevallenkans van cel y groter is dan die van cel x vraagt weer een nieuw ongevallenbestand.

De tweede keuze betreft de grootte die een geconstateerd verschil minimaal moet hebben om als relevant aangemerkt te worden. Vooralsnog gaan we er vanuit dat het verschil minimaal 25% moet zijn.

De derde keuze heeft betrekking op de betrouwbaarheid van de toetsingen. De kans dat ten onrechte een verschil wordt geconstateerd (α) dient erg klein te zijn, omdat een geconstateerd verschil hoogstwaarschijnlijk zal leiden tot (kostbare) maatregelen. De kans dat een werkelijk verschil ten onrechte niet wordt geconstateerd (β), dient weliswaar ook klein te zijn, maar in dit geval kunnen er iets ruimere grenzen voor worden gehanteerd.

Uitwerking van deze drie keuzen leidt tot de volgende waarden voor het benodigde aantal ongevallen per cel (n):

bij een onbetrouwbaarheid $\alpha = 5\%$ en $\beta = 10\%$: $n \geq 326$

bij een onbetrouwbaarheid $\alpha = 5\%$ en $\beta = 5\%$: $n \geq 384$

bij een onbetrouwbaarheid $\alpha = 2\frac{1}{2}\%$ en $\beta = 5\%$: $n \geq 441$

Dit zijn schattingen van de minimaal benodigde aantallen ongevallen bij tweezijdige toetsing.

In Delft zijn in het kader van het onderzoek ten behoeve van het demonstratieproject Herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden ongevallengegevens verzameld op een aantal weggedeelten met fietsstroken. Het aantal geregistreerde ongevallen bleek per jaar tussen 8 en 30 te variëren met een gemiddelde van 16. Dit zijn alle geregistreerde ongevallen die plaatsvonden op de weggedeelten en de begrenzend kruispunten van verkeersaders. Uit een steekproef van deze ongevallen blijkt dat twee derde deel bestaat uit ongevallen met uitsluitend materiële schade. Hetgeen overeenkomt met landelijke gegevens.

Uit landelijke ongevallengegevens van 1974 en 1975 gezamenlijk kan worden afgeleid dat binnen de bebouwde kom bij $\pm 64\%$ van de ongevallen met doden of gewonden een fietser of bromfietser was betrokken. Deze summier informatie gebruikend, kan men berekenen dat per weggedeelte in Delft ca. 3,5 ongevallen met doden en/of gewonden plaatsvonden waarbij fietsers of bromfietzers waren betrokken. In dit aantal zijn ook vervat de ongevallen die plaatsvonden op de kruispunten die een weggedeelte begrenzen.

Uit ongevallengegevens uit de gemeente Eindhoven (1976) kan worden afgeleid dat 37% van de ongevallen op het hoofdwegenstelsel heeft plaatsgevonden op wegvakken. Van de overige 63% heeft een deel plaatsgevonden op de secundaire kruispunten die tot de weggedeelten behoren (kruispunten van de verkeersader met niet-verkeersaders) en de rest op de primaire kruispunten die de weggedeelten begrenzen. Naar schatting kan

ongeveer de helft van deze 63% aan de weggedeelten worden toegekend. Eén en ander betekent dat per weggedeelte in Eindhoven ca. 2,4 ongevallen met doden en/of gewonden plaatsvonden waarbij fietsers of bromfietzers waren betrokken.

De laatste keuze die gemaakt moest worden alvorens tot een vaststelling van het aantal weggedeelten per cel te kunnen geraken, betreft het aantal jaren waarvan de ongevallengegevens worden meegenomen in het onderzoek. De lengte van de onderzoeksperiode dient zodanig te worden gekozen dat uniformiteit in het verbaliserings- en registratiebeleid mag worden verwacht. Per 15 mei 1972 zijn nieuwe richtlijnen ten aanzien van dit beleid ingevoerd. Vanaf dat moment is een daling van het geregistreerde aantal verkeersgewonden te constateren (SWOV, 1976). Dit leidde er anno 1978 toe de jaren 1973 t/m 1977 als onderzoeksperiode te kiezen. Daarmee komt het geregistreerde aantal ongevallen met doden en/of gewonden waarbij een fietser of een bromfietser betrokken was, over de hele onderzoeksperiode naar schatting op 12 per weggedeelte. Met behulp van dit aantal kan het aantal weggedeelten per categorie fietsvoorziening worden bepaald.

Omdat de omvang van het weggedeeltenbestand hierboven is bepaald aan de hand van schattingen van het aantal ongevallen per weggedeelte, is gekozen voor het minimaal benodigde aantal weggedeelten per categorie fietsvoorziening dat behoort bij de onbetrouwbaarheden $\alpha = 2,5\%$ en $\beta = 5\%$. Dat betekent minimaal 37 weggedeelten per categorie fietsvoorziening.

2.2.3. Inventarisatie van gegevens

Er kunnen drie soorten gegevens worden onderscheiden: ongevallengegevens, verkeerskenmerken en wegkenmerken.

Er is vanuit gegaan dat de benodigde ongevallengegevens óf bij de gemeente óf bij de VOR te Heerlen beschikbaar zouden zijn.

De inventarisatie van verkeerskenmerken is arbeidsintensief en om die reden kostbaar. Er is daarom gekozen voor het inventariseren van gegevens op één doorsnede van elk van de weggedeelten. Er is uitgegaan van de verwachting dat de gemeenten over een deel van de gewenste gegevens

zouden beschikken en dat voor het andere deel tellingen zouden worden uitgevoerd. Deze tellingen moesten plaatsvinden op een werkdag in september of oktober 1978, in de perioden tussen 07.00-10.00 uur, 12.00-14.00 uur en 16.00-19.00 uur. Daarbij moesten de volgende categorieën verkeersdeelnemers worden onderscheiden:

- fietsers;
- bromfietsers;
- personenauto's + motorfietsen;
- vrachtauto's + bussen;
- overige voertuigen.

De intensiteiten op zijwegen en op de begrenzende kruispunten van verkeersaders zouden op basis van gegevens van de gemeenten geschat moeten worden.

De inventarisatie van de gewenste wegkenmerken is gedeeltelijk overgelaten aan de gemeentelijke instanties. Om een uniforme wijze van inventarisatie te bewerkstelligen is er echter voor gekozen om de verantwoordelijkheid voor de uitvoering van de werkzaamheden bij een adviesbureau te leggen. De keuze is daarbij gevallen op het Buro Goudappel & Coffeng BV te Deventer, dat ook de verantwoordelijkheid voor de inventarisatie van de ongevalgegevens en de verkeerskenmerken kreeg opgedragen.

3. OVERZICHT VAN DE LITERATUUR

Om hypothesen te kunnen opstellen voor de eerste fase van het onderzoek is een literatuurstudie uitgevoerd. Fietzers en bromfietzers zijn daarbij zoveel mogelijk apart beschouwd vanwege de verschillen tussen beide groepen in verkeersgedrag en ongevallenbeeld. Verder is er ook een onderscheid gemaakt tussen kruispunten en wegvakken. Een probleem hierbij was, dat niet alle onderzoekers dezelfde definitie van een kruispunt hanteren. De één verstaat er alleen een kruising van twee verkeersaders onder, de ander ook de aansluiting van een woonstraat op een verkeersader. Bovendien zijn er verschillen in de wijze waarop ongevallen aan een wegvak dan wel een kruispunt worden toegekend. Het gaat daarbij met name om ongevallen die dicht bij een kruisingsvlak hebben plaatsgevonden. Het is dan vaak onduidelijk of ze verklaard moeten worden uit kenmerken van het wegvak of uit kenmerken van het kruispunt. Overigens zal in veel gevallen de toekenning niet gedaan zijn door de onderzoeker, maar door de registrerende instantie.

In het nu volgende literatuuroverzicht worden alleen die gegevens uit de diverse bronnen besproken waaruit kan worden afgeleid of er verschillen in veiligheid bestaan tussen wegen zonder speciale fietsvoorziening en wegen met vrijliggende fietspaden respectievelijk met fietsstroken.

3.1. De veiligheid van fietzers

3.1.1. Het effect van vrijliggende fietspaden

Goldberg & Gazares (1962) hebben in Frankrijk een onderzoek verricht naar de verschillen in veiligheid tussen wegen zonder fietsvoorzieningen (356 km), wegen met een fietspad aan één zijde (421 km) en wegen met een fietspad aan twee zijden (63 km). De onderzochte stukken weg liggen binnen de bebouwde kom of daar tegenaan. Er is gebruik gemaakt van alle letselongevallen die in 1960 op deze wegen hebben plaatsgevonden en waarbij fietzers of bromfietzers waren betrokken. Over wegen met een fietspad aan één zijde van de weg concluderen de onderzoekers dat zo'n fietspad (dat in twee richtingen wordt bereden)

de veiligheid van fietsers en bromfietsers niet bevordert. Ze vinden dan ook dat zulke fietspaden niet moeten worden aangelegd.

De effecten van fietspaden aan twee zijden van de weg kunnen als volgt worden samengevat:

- De ongevalratio van fietsers (het aantal letselongevallen per 10⁶ fietskm) is op de wegvakken met fietspaden lager dan op de wegvakken zonder fietspaden: 1,98 tegen 3,27. Dit resultaat moet echter voorzichtig worden gehanteerd vanwege de geringe lengte van de onderzochte wegen met tweezijdige fietspaden. Uit het onderzoek blijkt verder dat van de 11 letselongevallen op de wegvakken met fietspaden er 5 op de rijbaan plaatsvonden. De onderzoekers geven als verklaring hiervoor dat een aantal fietsers geen gebruik maakt van het fietspad.
- Uit een vergelijking van het aantal ongevallen op kruispunten in wegen met en zonder fietspaden leiden de onderzoekers af dat de eerstgenoemde kruispunten ca. 30% veiliger zijn. Dit resultaat heeft betrekking op fietsers en bromfietsers tezamen. Bij hun berekeningen hebben de onderzoekers een aantal correcties uitgevoerd voor verschillen in de aantallen en typen kruispunten tussen beide soorten weggedeelten. Tot slot moet nog worden opgemerkt dat de onderzochte weggedeelten verkeersaders (routes nationales) zijn, maar dat over de functie van de kruisende wegen geen informatie wordt verstrekt.

Een vaak aangehaald onderzoek is een Deens onderzoek uit 1969 (Rådet for trafiksikkerhedsforskning, 1969; Jörgensen en Rabani, 1969). De onderzoeksresultaten zijn gebaseerd op een gegevensbestand van beperkte omvang. Er zijn vier trajecten in Kopenhagen onderzocht, in totaal 5,4 km met vrijliggende fietspaden en 3,9 km zonder. Daarop zijn in de periode 1965 t/m 1967 resp. 107 en 200 letselongevallen gebeurd waarbij fietsers waren betrokken en 409 en 411 letselongevallen waarbij geen fietsers waren betrokken.

De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

- De ongevalratio op wegvakken is duidelijk veel lager bij wegen met fietspaden dan bij wegen zonder fietspaden. Zeker als alleen ongevallen worden beschouwd waarbij fietsers zijn betrokken: 3,32 tegen 8,46. De ongevallen waarbij geen fietsers zijn betrokken, geven een minder groot verschil in ongevalratio te zien: 5,21 tegen 6,31. (De ongevalratio is hier uitgedrukt in het jaarlijks aantal ongevallen,

gedeeld door de gemiddelde dagverkeersprestatie van de betreffende categorieën verkeersdeelnemers: ongevallen per 10^4 voertuigkm).

- De ongevallenratio op kruispunten (ongevallen per kruispunt/ 10^5 gepasseerde voertuigen) wordt nauwelijks beïnvloed door de aanwezigheid van fietspaden op twee van de kruispunttakken. Op kruispunten met fietspaden ligt de ongevallenratio voor fietsers iets hoger dan op kruispunten zonder fietspaden: 4,34 tegen 4,06. Voor ongevallen waarbij geen fietsers zijn betrokken, ligt de ongevallenratio op kruispunten met fietspaden wat lager: 3,67 tegen 4,37. (De ongevallenratio is hier uitgedrukt in het jaarlijkse aantal ongevallen per 10^5 gepasseerde voertuigen per dag).

De Deen Laursen (1978) rapporteert over een aantal onderzoeken die in Denemarken zijn of worden uitgevoerd. Met name hetgeen hij opmerkt over een niet gepubliceerd rapport (Lyager, 1976) is vermeldenswaard. Met gebruikmaking van gegevens uit Kopenhagen en Frederiksberg over de jaren 1970 t/m 1973 concludeert Lyager dat fietspaden het aantal letselongevallen van fietsers met ten minste 30% reduceren. Met behulp van de gegevens van een aantal geselecteerde trajecten (22 km met en 13 km zonder fietspaden) komt Lyager tot een uitspraak over het maximaal mogelijke effect van fietspaden op de veiligheid van fietsers. Afhankelijk van het aantal zijstraten per kilometer kan de ongevallenratio door de aanleg van fietspaden volgens hem met 60-80% dalen. Deze cijfers hebben betrekking op weggedeelten die begrensd worden door kruisingen van verkeersaders. De kruisingen zelf zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Wat onder de ongevallenratio wordt verstaan, is niet vermeld.

Een Finse analyse van het effect van verkeersveiligheidsmaatregelen voor het langzaam verkeer suggereert dat het effect van de aanleg van vrijliggende fietspaden niet moet worden overschat (National Board of Public Roads and Waterways, 1978). In de periode 1970 t/m 1974 zijn in Finland een aantal verkeerstechnische maatregelen getroffen voor voetgangers, fietsers en bromfietsers, zoals: de aanleg van vrijliggende fietspaden, trottoirs, bruggen en tunnels. Bij vergelijking van de ongevallengegevens uit de voorperiode en de naperiode bleek het aantal ongevallen binnen de invloedssfeer van de maatregelen minder

te zijn gedaald dan volgens de landelijke trend mocht worden verwacht. Dat de maatregelen een negatief effect hebben gehad, mag hieruit niet worden geconcludeerd. De maatregelen werden namelijk uitgevoerd in groeigebieden. Na de invoering nam het langzaam verkeer toe en het maakte bovendien nog onvoldoende gebruik van de voorzieningen. Mocht er desalniettemin sprake zijn van een negatief effect, dan zou dit mede verklaard kunnen worden uit het feit dat het ontwerp en de constructie van de voorzieningen nog gebrekkig waren.

Alrutz & Meewes (1980) hebben in Keulen een onderzoek uitgevoerd met gegevens van ongevallen waarbij een fietser en/of mofaberijder betrokken was (zie bijlage 2 voor een vergelijking van de Duitse mofa met de Nederlandse bromfiets). Alleen ongevallen met letsel of met DM 1000 of meer schade zijn in beschouwing genomen. Van tien weggedeelten met een hoge ongevallendichtheid zijn de gegevens van in totaal 722 ongevallen geïventariseerd. Daarnaast zijn ook de intensiteiten van de fietsers, de mofa's en het autoverkeer gemeten. Bovendien is voor elk van die tien weggedeelten op een typerend stuk van 100 m lengte het aantal "storingen" vastgesteld. Als storingen zijn aangemerkt de kruisingen van het pad van de tweewielers door auto's bij in- en uitritten en bij parkeerplaatsen. Op de weggedeelten met fietspaden (drie aan twee zijden en drie aan één zijde van de weg) bevinden de parkeerplaatsen zich rechts van dat pad. De afscheiding tussen rijbaan en fietspad bestaat slechts uit een smalle markering met een enigszins verhoogd profiel, of het gehele fietspad is enigszins verhoogd ten opzichte van de rijbaan.

De ongevallen op de tien weggedeelten bleken ongeveer gelijk verdeeld te zijn over wegvakken en kruispunten.

Op de wegvakken van de tien weggedeelten bleek er een sterke samenhang te bestaan tussen de ongevallenratio voor tweewielers (ongevallen per 10^6 afgelegde km) en de kans op storingen. Deze kans is voor elk wegvak berekend door het aantal storingen te vermenigvuldigen met de intensiteit van de tweewielers. Indien wordt gecorrigeerd voor deze kans op storingen, blijkt dat er op wegvakken nauwelijks een verschil kan worden geconstateerd in ongevallenratio tussen de drie soorten weggedeelten.

De aanwezigheid van fietspaden op kruispunttakken heeft wel effect op

de verdeling over de verschillende ongevalstypen, maar een vergelijking van de veiligheid van fietsers op kruispunten met en zonder fietspaden kan op basis van de gepresenteerde informatie niet worden gemaakt. De conclusie van de onderzoekers dat fietspaden in de vorm waarin ze doorgaans voorkomen geen garantie bieden voor minder ongevallen, lijkt aannemelijk. Maar controle op de deugdelijkheid van deze conclusie is met behulp van de gepresenteerde informatie niet mogelijk. Voorts lijken fietspaden in Keulen anders te worden gebruikt dan in Nederland, getuige het volgende. Op de weggedeelten met fietspaden aan beide zijden maakte 80% van de fietsers en 36% van de mofaberijders gebruik van die fietspaden. Een kwart van die fietsers en een vijfde van die mofaberijders reed tegen de stroom in, aan de "verkeerde" kant van de weg. Bovendien reed 15% van de fietsers en 3% van de mofaberijders op het voetpad naast het fietspad. Als de ongevallen op het fietspad en de rijbaan worden gerelateerd aan de verkeersprestatie, blijken fietsers op de rijbaan driemaal zoveel risico te lopen als op het ernaast gelegen fietspad. Tegen de stroom in rijden op een fietspad blijkt voor fietsers en mofaberijders tezamen ruim twee maal zo gevaarlijk te zijn als met de stroom meerijden.

Behalve naar de kans op ongevallen hebben Alrutz & Meewes ook gekeken naar de ernst van ongevallen. Op wegvakken bleken de ongevallen op fietspaden gemiddeld minder ernstig af te lopen (voor fietsers en mofaberijders tezamen) dan de ongevallen op de rijbaan. Van alle letselongevallen op de fietspaden had 13% zwaar letsel of de dood tot gevolg; op de rijbaan was dat 21%. Vergelijkbare informatie over de ernst van ongevallen op kruispunten wordt niet gegeven.

Tot slot blijkt uit het onderzoeksverslag dat op wegvakken de maatschappelijke kosten van ongevallen met fietsers aanzienlijk lager zijn op fietspaden dan op de rijbaan. Op kruispunten is er wat dit betreft nauwelijks verschil.

Köhler & Leutwein (1981) hebben getracht om de invloed van fietspaden op de verkeersveiligheid vast te stellen voor wegen buiten de bebouwde kom. Zij gebruikten de gegevens van 741 door de politie geregistreeerde ongevallen waarbij een fietser, mofa- of mopedberijder betrokken was. Het gaat hier om ongevallen die tussen 1975 en 1977 hebben plaatsgevonden op in totaal 1283 km weg in de districten Karlsruhe en Rhein-

Neckar. Langs \pm 60 km bevinden zich vrijliggende fietspaden, langs \pm 30 km fiets(suggestie)stroken en langs \pm 40 km aanliggende, gecombineerde voet/fietspaden; aan beide zijden van de weg.

De auteurs verschaffen slechts summiere informatie over hun onderzoeksmateriaal. De ernst van de ongevallen wordt niet aangegeven. De koppeling van ongevallengegevens, intensiteitsgegevens en type fietsvoorziening is niet te reconstrueren. De uitkomsten van hun onderzoek zijn dan ook slechts op onderdelen controleerbaar. Als expositiemaat hantieren zij het aantal tweewielers dat per tijds- en lengte-eenheid door auto's wordt ingehaald. Hun belangrijkste conclusies zijn:

- De wegvakken met vrijliggende fietspaden aan weerszijden hebben een duidelijk lagere ongevallenratio dan de wegen zonder fietsvoorzieningen. De kruispunten in de wegen met vrijliggende fietspaden zijn echter zo gevaarlijk voor de tweewielers dat het totale effect nihil is.
- De wegvakken met aanliggende, gecombineerde voet/fietspaden zijn net zo veilig als die met vrijliggende fietspaden.
- Over de wegvakken met fiets(suggestie)stroken zijn geen betrouwbare uitspraken mogelijk.

Knoche (1981) heeft in tien Westduitse steden, met een inwonertal tussen 20 000 en 550 000, onderzoek verricht naar het effect van fietspaden op de veiligheid van fietsers en mofaberijders. Hij gebruikte daarbij de gegevens van 2799 ongevallen met fietsers en/of mofaberijders. Deze ongevallen waren gebeurd gedurende een per stad wisselend deel van de periode 1975 t/m 1978. Ze vonden plaats op 926 km weg - verkeersaders en hoofdwegen. Bij deze ongevallen vielen 1588 lichtgewonden, 675 zwaargewonden en 45 doden. Van deze slachtoffers was 95% fietser of mofaberijder. Over 96,5% van het wegennet waren de intensiteiten van het autoverkeer bekend; van het fiets- en mofaverkeer slechts over 47% van het wegennet.

Van de resultaten van de studie zijn hier vooral de ongevallenratio's van wegen met tweezijdige fietspaden (317 km) en van wegen zonder fietspad (457 km) van belang. Onder een fietspad wordt alles verstaan wat in Nederland valt onder de aanduidingen vrijliggend fietspad, aanliggend fietspad en fietsstrook. Een aanzienlijk deel van de fietspaden heeft ook een functie als voetpad.

Het gemiddelde aantal ongevallen per km - de ongevallendichtheid - was

op de wegen met tweezijdige fietspaden meer dan twee maal zo groot als op de wegen zonder fietspad (voor wegvakken en kruispunten gezamenlijk). Maar de gemiddelde verkeersprestatie, zowel voor het autoverkeer als voor de fietsen plus mofa's, was op de wegen met fietspaden ook ongeveer twee maal zo hoog. De wegen met en zonder fietspaden zijn dus niet zonder meer vergelijkbaar. Knoche heeft derhalve de ongevalledichtheid gedeeld door het produkt van de intensiteit van de motorvoertuigen en die van de fietsen plus mofa's. Door deze expositiemaat te gebruiken moest hij zich bij het vaststellen van de ongevalratio's beperken tot botsingen tussen motorvoertuigen en fietsers of mofaberijders.

De ongevalratio van fietsers en mofaberijders tezamen bleek op de wegen met tweezijdige fietspaden 16% lager te zijn dan op wegen zonder fietspad (voor wegvakken en kruispunten gezamenlijk). Op de wegvakken alleen was de ongevalratio van beide groepen tezamen 23,5% lager en voor uitsluitend fietsers zelfs 40%. Op de kruispunten constateerde Knoche ongeveer even grote verschillen.

In de ongevalratio zijn echter niet begrepen de volgende typen ongevallen: botsingen tussen fietsers en mofaberijders onderling, botsingen met voetgangers en enkelvoudige ongevallen. Deze maken op wegen zonder fietspaden 10,2% van het totale aantal ongevallen uit, op wegen met fietspaden daarentegen 20,3%. Deze ongevallen zullen in het algemeen een minder ernstige afloop hebben. Maar het gunstige effect van de fietspaden op het aantal ongevallen met fietsers en mofaberijders wordt erdoor teruggebracht van 16% tot 5,5%. Met behulp van de gepresenteerde gegevens kan niet worden nagegaan of het gunstige effect voor de fietsers blijft bestaan en hoe groot dit dan zou zijn. Een resterend gunstig effect lijkt aannemelijk, al constateert Knoche zelf dat het aantal ongevallen tussen motorvoertuigen en fietsers/mofaberijders sterker wordt beïnvloed door de intensiteit van de motorvoertuigen dan door de aan- of afwezigheid van fietspaden. Uit een nadere analyse van het materiaal blijkt overigens dat ook de intensiteit van het fiets- en mofaverkeer alsmede de breedte van de hoofdrijbaan van invloed zijn. Ten slotte kan nog worden opgemerkt, dat ongevallen met fietsers op wegen met fietspaden minder ernstig zijn dan op wegen zonder fietspaden (28,0% versus 34,6% zwaar gewond of dood).

Een vrij uitvoerig Nederlands onderzoek naar het effect van fietspaden op de veiligheid van fietsers en bromfietsers is uitgevoerd in de provincie Limburg (Provinciale Waterstaat Limburg, 1976). In dit onderzoek is onderscheid gemaakt naar wegvakken (van 100 m) met en zonder kruising, binnen en buiten de bebouwde kom, zonder een fietspad, met fietspaden aan beide zijden van de weg en met een eenzijdig fietspad. Aldus is een indeling van de wegvakken in twaalf groepen ontstaan. Van deze wegvakken zijn over 1973, 1974 en het eerste halfjaar van 1975 de gegevens verzameld van alle geregistreerde ongevallen waarbij een fiets of bromfiets was betrokken. Tevens is voor elk van de twaalf groepen de verkeersprestatie van de fietsers en bromfietsers gedurende de onderzoeksperiode vastgesteld. Met behulp van deze gegevens zijn de ongevallenratio's (aantal ongevallen met fietsers en bromfietsers per 10^6 verreden kilometers) per groep bepaald. Vervolgens zijn de groepen met elkaar vergeleken.

Alvorens we op de resultaten van deze vergelijkingen ingaan, eerst nog een paar opmerkingen.

Het onderzoek omvat alle geregistreerde ongevallen met fietsers en bromfietsers. Dus zowel ongevallen zonder letsel als ongevallen met letsel of met doden. Er is niet vermeld of de gewonden en doden onder fietsers en bromfietsers of onder de conflictpartners zijn gevallen. Het onderzoek heeft betrekking op provinciale wegen. De ongevallen waarbij de fietsers of bromfietsers de provinciale weg recht overstaken terwijl ze een andere weg volgden, zijn buiten beschouwing gelaten. De reden hiervoor is, zo wordt gesteld, dat (brom)fietsvoorzieningen langs provinciale wegen bij dit soort ongevallen niet van invloed zijn. Hoe deze categorie ongevallen over de twaalf groepen verdeeld is, is dus niet bekend. Dat is jammer, want het is niet onwaarschijnlijk dat er wel een samenhang bestaat tussen de aanwezigheid van fietsvoorzieningen en het optreden van dit soort ongevallen, die bovendien vaak tot ernstig letsel zullen leiden.

De resultaten van het onderzoek kunnen als volgt worden samengevat:

- Binnen de bebouwde kom hebben de eenzijdige fietspaden de hoogste ongevallenratio, zowel op wegvakken met als zonder kruisingen. De ongevallenratio voor wegvakken zonder kruising is er bij aanwezigheid van tweezijdige fietspaden nagenoeg hetzelfde als bij afwezigheid van fietspaden. Voor de wegvakken met kruisingen is het verschil in onge-

vallenratio zodanig, dat verondersteld kan worden dat de aanwezigheid van tweezijdige fietspaden meer gevaar oplevert dan het geheel ontbreken van fietspaden.

- Buiten de bebouwde kom zijn op de wegvakken zonder kruisingen de verschillen in ongevallenratio tussen tweezijdige fietspaden, eenzijdige fietspaden en geen fietspad verwaarloosbaar. Bij de wegvakken met kruisingen wijken de wegvakken met éénzijdig fietspad duidelijk in ongunstige zin af.

- Conclusies kunnen op basis van het gepresenteerde cijfermateriaal nauwelijks worden getrokken. Noordzij (1978) heeft reeds aangegeven dat "de wegen en de kwaliteit van de fietspaden wellicht onvergelykbaar zijn op punten zoals de intensiteit van het fiets- en bromfietsverkeer, aantal in- en uitritten, aantal bestemmingen voor fietser en bromfietser aan weerszijden van de weg, soorten kruispunt (drie- of vierarmig), intensiteit van het dwarsverkeer of, meer algemeen, de ongevallenkans en de kwaliteit van voorzieningen". Het buiten beschouwing blijven van ongevallen met fietsers en bromfietsers die een provinciale weg kruisten en het ontbreken van informatie over de intensiteiten van het gemotoriseerde verkeer kunnen nog aan deze lijst worden toegevoegd.

Een concept-rapport van de werkgroep Fietsverkeer van de commissie RONA (Rijkswaterstaat, 1979; zie ook Kwakernaak, 1980) behandelt de veiligheid van fietsers en bromfietsers op wegvakken buiten de bebouwde kom waarlangs óf geen, óf eenzijdige, óf tweezijdige fietspaden liggen. In het onderzoek zijn alleen de ongevallen meegenomen die doden of gewonden tot gevolg hadden en waarbij een fietser of een bromfietser was betrokken. Bij de vergelijkingen in het rapport wordt onder andere gebruik gemaakt van de ongevallendichtheid (het aantal ongevallen per lengte-eenheid).

Hier zal alleen worden ingegaan op de vergelijking tussen wegen zonder fietspad en wegen met tweezijdige fietspaden. Deze vergelijking blijkt slechts mogelijk te zijn voor wegvakken met etmaalintensiteiten van minder dan 1000 (brom)fietsers. Op verkeersaders binnen de bebouwde kom van grote woonkernen zullen deze lage intensiteiten niet vaak voorkomen. Bovendien wordt een vertaling van de situatie van buiten naar binnen de bebouwde kom bemoeilijkt door verschillen in snelheden van het gemotoriseerde verkeer, verkeerssamenstelling, kruispunt dichtheid en andere verkeers- en wegkenmerken.

Uit het onderzoek kan worden geconcludeerd, dat wegvakken van wegen zonder fietspad een wat hogere ongevallendichtheid hebben dan wegvakken van wegen met tweezijdige fietspaden (bij etmaalintensiteiten van 2000 à 4000 motorvoertuigen). Deze conclusie is alleen van toepassing op enkelbaans "planwegen", dat wil zeggen wegen van het rijks-wegenplan en van de secundaire en tertiaire wegenplannen. De kwartaire en overige wegen zijn niet in de studie betrokken.

De Provinciale Waterstaat van Gelderland heeft eveneens de effecten van fietspaden buiten de bebouwde kom op de verkeersveiligheid onderzocht (Hamelink, 1976). De onderzoeksresultaten worden in het verslag slechts summier gepresenteerd.

Het gemiddelde aantal geregistreerde ongevallen met (brom)fietsers per kilometer weg (inclusief de kruispunten) is voor drie klassen fiets- en bromfietsintensiteiten uitgezet tegen de etmaalintensiteit van motorvoertuigen. Een en ander resulteert in een aantal gestileerde krommes waarvan niet duidelijk is welke puntenwolken ze vertegenwoordigen. Wel kan worden geconstateerd dat langs de onderzochte wegen met etmaalintensiteiten van meer dan 4000 à 5000 motorvoertuigen nagenoeg altijd fietspaden aanwezig zijn. De vergelijking tussen wegen met en zonder fietspaden betreft dus alleen de wegen waarop per dag gemiddeld minder dan 4000 à 5000 motorvoertuigen passeren.

Voor deze wegen lijkt het effect van de aanwezigheid van fietspaden op de veiligheid van (brom)fietsers verwaarloosbaar, indien er per dag gemiddeld minder dan vijfhonderd (brom)fietsers passeren.

Indien er per dag meer dan vijfhonderd (brom)fietsers op zo'n weg passeren, is hun ongevallendichtheid zelfs groter op de wegen met fietspaden. Dit geldt overigens ook voor de ongevallendichtheid van alle categorieën verkeersdeelnemers tezamen.

Samenvattend kan dus gesteld worden dat er nauwelijks positieve effecten van de aanwezigheid van fietspaden zijn gevonden. Dit resultaat kwam overeen met Hamelinks verwachtingen.

Brand (1970) gaat ervan uit dat de gemiddelde kruispuntafstand op verkeersaders binnen de bebouwde kom gering is. Daarom, zo stelt hij, moet het al dan niet aanleggen van vrijliggende fietspaden of fietsstroken in belangrijke mate afhangen van de oplossingen op de kruispunten; daar gebeuren immers verreweg de meeste ongevallen.

Vervolgens analyseert Brand ongevallen die in de jaren 1967 en 1968 op een honderdtal kruispunten van verkeersaders in Den Haag zijn geregistreerd. Daarbij heeft hij onderscheid gemaakt tussen kruispunten met en zonder fietspaden en tussen kruispunten met en zonder verkeerslichten. Onder kruispunten met fietspaden verstaat hij kruispunten met vrijliggende fietspaden op minstens twee van de aanvoerwegen, waarbij deze fietspaden doorlopen tot aan de kruisende weg.

Volgens de auteur is de gesommeerde intensiteit (van welke categorieën verkeersdeelnemers?) van de kruispunten met fietspaden van dezelfde orde van grootte als die van de kruispunten zonder fietspaden. Daar van uitgaande constateert hij dat voor fietsers geen belangrijk verschil in veiligheid tussen beide oplossingen is waar te nemen. Het aantal ongevallen waarbij fietsers en auto's betrokken waren, bedroeg 78 op de kruispunten met fietspaden en 79 op de kruispunten zonder fietspaden. Op de kruispunten met verkeerslichten gebeurden resp. 30 en 35 ongevallen; op de kruispunten zonder verkeerslichten resp. 48 en 44.

Onvoldoende informatie over de onderzoekgegevens maakt interpretatie van de resultaten van een onderzoek van de Provinciale Waterstaat Groningen (Aarnoudse, 1964) tot een lastige zaak. Bij dat onderzoek heeft Aarnoudse o.a. onderzocht, wat het effect op de verkeersveiligheid was van de aanleg van vrijliggende fietspaden langs twee weggedeelten van een belangrijke provinciale weg. Hij heeft bij zijn onderzoek gebruik gemaakt van alle ongevallen die tussen 1955 en 1962 ter kennis van de politie zijn gekomen. Deze ongevallen heeft hij geïndexeerd (1955 = 100) en gedeeld door de eveneens geïndexeerde intensiteiten van motorrijtuigen. Het resulterende getal, vermenigvuldigd met 100, noemt hij de verkeersveiligheidscomponent. De jaarlijkse ontwikkelingen in de verkeersveiligheidscomponent heeft hij gerelateerd aan de ontwikkeling van de verkeersintensiteiten op de weggedeelten met fietspaden en die zonder fietspaden.

Voor de weggedeelten zonder fietspaden volgt de veiligheidscomponent globaal het (stijgende) verloop van de verkeersintensiteiten. Op de twee wegvakken waarlangs fietspaden zijn aangelegd, vertoont de veiligheidscomponent na het in gebruik stellen van de fietspaden een sterke daling. Hieruit kan met de nodige voorzichtigheid worden geconcludeerd, dat de aanleg van de vrijliggende fietspaden ten tijde van

het onderzoek een gunstige invloed heeft gehad op de totale verkeersveiligheid. Omdat ongevallen met (brom)fietsers niet afzonderlijk zijn genoemd én omdat de intensiteiten van deze categorieën verkeersdeelnemers niet in beschouwing zijn genomen, kan over de veiligheid van deze categorieën niets uit het verslag worden afgeleid.

Volgens de ANWB (1966) blijkt uit een onderzoek van de Dienst Verkeersonderzoek van de Rijkswaterstaat "zeer duidelijk (...) het bijzondere voordeel van (...) de aanleg van verplichte fietspaden". Uit de gepresenteerde gegevens blijkt echter, dat voor een aantal tweestrookswegen met en zonder fietspaden de onveiligheid op de rijbaan is vergeleken. Daarbij zijn de aantallen ongevallen gerelateerd aan de intensiteiten van de motorrijtuigen. De ongevallen op de kruispunten zijn geheel buiten beschouwing gelaten, evenals de ongevallen op de fietspaden. Uit de vergelijking komt naar voren, dat de rijbaan van tweestrookswegen zonder fietspaden ruim twee maal zo onveilig is als de rijbaan van tweestrookswegen met fietspaden. Hier wordt nog aan toegevoegd, dat 20,8% van de ongevallen op de rijbaan van tweestrookswegen zonder fietspaden bestond uit fietsongevallen. Uit deze gegevens kan niet rechtstreeks worden afgeleid dat fietspaden een gunstig effect hebben op de totale verkeersveiligheid, laat staan op de veiligheid van fietsers en bromfietsers. Tot slot moet nog worden opgemerkt dat het onderzoek gebaseerd was op ongevallengegevens uit 1952. In dat jaar was het aantal bromfietsen in Nederland nog zeer beperkt.

3.1.2. Het effect van fietsstroken

Over het effect van de aanwezigheid van fietsstroken op de veiligheid van fietsers is nog weinig bekend. Een Amerikaans onderzoek (Lott & Lott, 1976) geeft een indicatie van de omvang van dat effect: het aantal ongevallen waarbij fietsers zijn betrokken, is op wegen met fietsstroken bijna 30% lager dan op wegen zonder fietsstroken. Deze uitspraak mag slechts met grote voorzichtigheid worden gehanteerd. Ze is gebaseerd op analyse van de gegevens van 145 geregistreerde ongevallen met fietsers die tussen 1970 en 1973 plaatsvonden in Davis, Californië. De ongevallen gebeurden zowel op kruispunten als op wegvakken van verkeersaders. Bij het vaststellen van de reductie van het aantal ongeval-

len zijn niet de gebruikelijke expositiegegevens (zoals voertuigkilometers) gehanteerd. Deze waren niet beschikbaar. Wel proberen de onderzoekers aannemelijk te maken dat de beide typen weg (met en zonder fietsstrook) qua verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling vergelijkbaar zijn. Hiervan uitgaande hebben zij getracht het effect van de aanwezigheid van fietsstroken vast te stellen. Daartoe zijn de ongevallen onderverdeeld naar een aantal typen. Een deel van die typen noemen de onderzoekers neutraal. Het gaat daarbij om ongevallen waarvan zij veronderstellen dat die niet afhankelijk zijn van de aan- of afwezigheid van fietsstroken. Daaronder vallen bijvoorbeeld de ongevallen waarbij een fietser niet stopte of geen voorrang verleende op een kruispunt met een voorrangsregeling of een regeling met verkeerslichten. De overige typen noemen de onderzoekers niet-neutraal. Dit zijn bijvoorbeeld ongevallen waarbij een fietser bij een inhaalmanoeuvre teveel van zijn koers afweek, waardoor hij in de baan van een auto terechtkwam. Of aan ongevallen die optraden doordat een automobilist zijn portier opende op het ogenblik dat een fietser passeerde.

Om vast te stellen of - en zo ja, in welke mate - het aantal ongevallen met fietsers gereduceerd kan worden door langs een weg fietsstroken aan te brengen, bepalen Lott & Lott allereerst de verhouding tussen het aantal neutrale en het aantal niet-neutrale ongevallen op wegen met fietsstroken.

Omdat voor de wegen zonder fietsstroken het aandeel neutrale ongevallen bekend is, kan met behulp van het vastgestelde verhoudingsgetal voorspeld worden hoe groot het aantal ongevallen zal zijn na de aanleg van fietsstroken. Vergelijking met het aantal ongevallen vóór de aanleg geeft de reductie van het aantal ongevallen. Geschematiseerd ontstaat het volgende beeld:

| ongevallen | weg met fietsstroken | weg zonder fietsstroken |
|---------------|----------------------|-------------------------|
| neutrale | a | b |
| niet-neutrale | l-a | l-b |

Afgeleid kan worden dat door het aanbrengen van fietsstroken een reductie van het aantal ongevallen met fietsers kan worden bereikt ter

grootte van $(1 - \frac{b}{a}) \times 100\%$. Met de gegevens die Lott & Lott beschikbaar hadden ($a = 0,6087$ en $b = 0,4342$), komt dit neer op een reductie van 29%. De door de onderzoekers gehanteerde werkwijze roept nog wel vragen op. Het onderscheid tussen neutrale en niet-neutrale ongevalstypen lijkt arbitrair. Het is de vraag of zo'n onderscheid mogelijk is. Ook de vergelijkbaarheid van de wegen met en zonder fietsstroken lijkt dubieus. Ze geven zelf al aan dat fietsstroken het eerst worden aangebracht langs wegen waarop het risico voor fietsers groot wordt verondersteld. Het belang van hun werkwijze is, dat ze gebruik maken van het feit dat de verhoudingen van ongevalstypen per categorie fietsvoorziening verschillend kunnen zijn. Vooral bij de theorievorming kan hiervan gebruik worden gemaakt.

Smith (1974) had na een globale ongevalanalyse al eerder geconstateerd dat de aanleg van de fietsstroken in Davis, Californië, een gunstige invloed had op het aantal botsingen tussen fietsers en auto's. Na uitvoering van een omvangrijk stedelijk fietsstrokenplan bleek het jaarlijkse aantal geregistreerde fiets-auto-ongevallen (zowel op wegvakken als op kruispunten) 31 te bedragen, tegen 23 in de periode daarvoor. Tegenover deze toename van het aantal ongevallen met 35% stond een toename van zowel het gemotoriseerde verkeer als het fietsverkeer met meer dan 100%. Meer informatie geeft de auteur hierover niet.

Een meer recente studie die gewijd is aan fietsstroken, komt uit Nieuw-Zeeland (Gibson & Holland, 1980). Deze pilot-studie besteedt weliswaar geen aandacht aan ongevallen, maar wel aan het verschil in gedrag van fietsers en automobilisten vóór en na de aanleg van een fietsstrook (doorgetrokken streep plus fietssymbool). De fietsstrook was aangebracht tussen de hoofdrijbaan en een sporadisch gebruikte parkeerstrook. De studie heeft betrekking op het gedrag in een vrij scherpe bocht, op een recht wegvak en bij de toerit naar een kruispunt met verkeerslichten. In de bocht en op het wegvak zijn snelheden gemeten, met behulp van radar. De fietsstrook bleek in deze situaties geen invloed te hebben op de snelheid van de auto's. Voor wegvakken leidde een Amerikaans onderzoek (Kroll & Ramey, 1975) al eerder tot een zelfde conclusie. Gibson & Holland hebben in elk van de drie situaties de plaats van de fietsers en de automobilisten in het dwarsprofiel van de weg gemeten.

Daarbij is gebruik gemaakt van video. De twee krommes die de verdeling van de fietsers resp. auto's over het dwarsprofiel weergeven, kunnen elkaar gedeeltelijk overlappen. Deze overlapping is gebruikt als maat voor het aantal potentiële conflicten tussen de beide groepen verkeersdeelnemers.

In de bocht bleek de - op die plaats 2,5 m brede - fietsstrook het aantal potentiële conflicten te verminderen met bijna 70%. De fietsers bleven wat dichterbij de stoepwand, de auto's wat verder er vanaf, ongeacht of er een interactie tussen fietser en auto was.

Op het rechte wegvak gingen zowel de alleenrijdende fietsers als de automobilisten na aanleg van de 1,10 m brede fietsstrook verder van de stoepwand af rijden. Het gevolg daarvan was dat slechts een geringe reductie van het aantal potentiële conflicten optrad. Ook de resultaten van het onderzoek van Kroll & Ramey geven een indicatie dat de functie van een fietsstrook in deze situatie vooral het autoverkeer kanaliseert en slechts in beperkte mate het aantal potentiële conflicten reduceert. Gibson & Holland constateerden wel een grote reductie (ca. 60%) in situaties waarin een auto twee naast elkaar rijdende fietsers inhaalde, vooral vanwege de grotere afstand van de auto's tot de stoepwand. Overigens was het aantal potentiële conflicten in de bocht aanzienlijk kleiner dan op het wegvak, zowel vóór (10 à 15 maal) als na (ca. 6 maal) de aanleg van de fietsstrook.

Ten slotte kon ook op de kruispunttak een duidelijk effect van de fietsstrook op het gedrag van de verkeersdeelnemers worden geconstateerd: fietsers lieten zich minder tegen de stoepwand drukken en auto's sorteerden dichterbij het kruisingsvlak voor naar de linker opstelstrook (in Nieuw-Zeeland rijdt het verkeer links).

Smith (1976) heeft het effect van een opstelstrook voor linksafslaande fietsers op een kruispunt met verkeerslichten geëvalueerd. Vóór en na het aanbrengen van de strook heeft hij het gedrag van fietsers en automobilisten geobserveerd. Twee soorten conflicten onderscheidde hij daarbij. Het ernstigste was dat waarbij een auto het pad van een fietser kruiste. Weven van een fietser met een auto waardeerde hij als minder ernstig. Bij hantering van deze nogal nieuwe definitie van het begrip conflict vond Smith als resultaat van het aanbrengen van de opstelstrook een drastische reductie van het aantal "conflicten" tussen

fietsers en auto's. Of de aanwezigheid van de opstelstrook effect heeft op de ongevallen waarbij linksafslaande fietsers betrokken zijn, is hiermee echter nog volstrekt niet bepaald.

De constatering dat 93% van de linksafslaande fietsers van de opstelstrook gebruik maakt, lijkt het meest concrete resultaat van dit deel van de studie van Smith.

Uit de drie laatste studies (Gibson & Holland, 1980; Kroll & Ramey, 1975; Smith, 1976) komt naar voren dat een fietsstrook vooral een kanaliserende, een geleidende functie zou hebben. Dat kan een gunstige invloed hebben op het aantal potentiële conflicten en daarmee misschien ook op het aantal ongevallen. Voor de Nederlandse situatie dient er rekening mee te worden gehouden dat het aandeel fietsers en vooral ook bromfietsers hier doorgaans vele malen groter is dan in de bestudeerde situaties in de Verenigde Staten en Nieuw-Zeeland.

3.2. De veiligheid van bromfietsers

Goldberg & Gazares (1962) constateren dat de ongevallenratio voor bromfietsers (aantal letselongevallen per 10^6 bromfietskm) op wegvakken met tweezijdige fietspaden hoger is dan op wegvakken zonder fietspaden (5,10 tegen 3,41). Vanwege de geringe lengte van de wegvakken met tweezijdige fietspaden dient het trekken van conclusies hieruit met de nodige voorzichtigheid te gebeuren. Een meer gedetailleerde beschouwing van de gepresenteerde informatie maakt het bovendien waarschijnlijk dat het verschil in ongevallenratio in de Nederlandse situatie kleiner zal zijn. Op fietspaden zal het aantal conflicten tussen bromfietsers en voetgangers in Nederland lager zijn, omdat binnen de bebouwde kom nagenoeg overal aparte voetpaden aanwezig zijn naast de fietspaden. Door een beter gebruik van de fietspaden zal ook het aantal conflicten van bromfietsers met automobilisten wat lager kunnen zijn. Het verschil in ongevallenratio op kruispunten is reeds besproken in paragraaf 3.1.

Het door Laursen (1978) aangehaalde Deense onderzoek van Lyager (1976) komt op basis van gegevens van een aantal geselecteerde trajecten tot de conclusie dat fietspaden langs weggedeelten (dus exclusief kruis-

singen van verkeersaders onderling) voor bromfietzers een zeer gering gunstig effect hebben op de ongevallenratio. Verder is het effect kleiner naarmate het aantal zijstraten per kilometer groter is.

Het onderzoek van Alrutz & Meewes (1980) in Keulen wijst uit dat mofaberijders daar op een andere manier van fietspaden gebruik maken dan bromfietzers in Nederland (zie paragraaf 3.1.).

Op weggedeelten met fietspaden aan beide zijden bleek het gebruik van een fietspad voor de mofaberijders ruim tweemaal zoveel risico in te houden als het gebruik van de rijbaan. Het risico is vastgesteld door het aandeel ongevallen te vergelijken met het aandeel in de verkeersprestatie. Omdat de onderzoekers bovendien een indicatie (de maatschappelijke kosten) hebben, dat op wegvakken de gemiddelde ernst van ongevallen op de rijbaan ongeveer even groot is als die van ongevallen op het fietspad, raden zij het gebruik van fietspaden door mofa's af. Zij vergeten echter te vermelden dat op kruispunten de ernst van ongevallen op de rijbaan wel wat groter is dan die van ongevallen op het fietspad.

Het onderzoek van Köhler & Leutwein (1981) heeft mede betrekking op mofa- en mopedberijders. Maar de ongevallen waar deze bij betrokken waren, kunnen niet worden onderscheiden van de ongevallen waarbij fietsers waren betrokken. Hier kan dus slechts verwezen worden naar hetgeen over deze studie is opgemerkt in paragraaf 3.1.

Knoche (1981) constateert evenals Alrutz & Meewes dat mofaberijders bij aanwezigheid van een fietspad toch vaak gebruik maken van de hoofdrijbaan. Uit de resultaten van het in paragraaf 3.1. uitvoerig beschreven onderzoek van Knoche blijkt, dat de kans om bij een ongeval betrokken te raken voor mofaberijders aanzienlijk groter is dan voor fietsers. Mofaberijders waren bij 29,7% van de tweewielerongevallen betrokken, terwijl ze naar schatting slechts 10 à 20% van het tweewielerverkeer uitmaakten (tweewielers zijn hier fietsers plus mofa's). Op indirecte wijze valt uit het rapport af te leiden dat de ongevallenratio voor mofaberijders op wegvakken met tweezijdige fietspaden waarschijnlijk hoger is dan op wegvakken zonder fietspad. Althans, voor zover in die ratio alleen de ongevallen zijn opgenomen waarbij een motorvoertuig de conflictpartner was. Als de totale aantallen ongeval-

len op wegvakken met en zonder fietspaden met elkaar worden vergeleken, is het aandeel mofa-ongevallen op wegen met fietspaden nagenoeg gelijk (35,7% versus 34,6%). Bij een zelfde vergelijking voor kruispunten en T-aansluitingen blijkt het aandeel mofa-ongevallen op wegen met fietspaden aanzienlijk lager te zijn dan op wegen zonder fietspaden (21,4% versus 31,2%).

Vanwege de grote kans voor de mofaberijders om bij een ongeval betrokken te raken behoren mofa's volgens Knoche van fietspaden gebruik te maken (die dan wel breder moeten zijn dan de huidige). De minder ernstige afloop van ongevallen met mofaberijders op wegen met fietspaden dan op wegen zonder fietspaden (33,4% versus 40,0% zwaar gewond plus dood) pleit hier eveneens voor.

Uit de rapportage van de werkgroep Fietsverkeer van de commissie RONA (Rijkswaterstaat, 1979 en Kwakernaak, 1980) mag worden geconcludeerd dat buiten de bebouwde kom wegvakken zonder fietspad een wat grotere dichtheid van ongevallen met (brom)fietsers hebben dan wegvakken met tweezijdige fietspaden. Het effect van fietspaden op de veiligheid van uitsluitend bromfietsers kan uit dit onderzoek niet worden afgeleid. Als ook de kruispunten in de beschouwing worden meegenomen, zoals in het onderzoek van de Provinciale Waterstaat van Gelderland is gebeurd (Hamelink, 1976), mag zeker geen positief effect worden verwacht van de aanwezigheid van fietspaden. Noch op de veiligheid van fietsers en bromfietsers, noch op de totale verkeersveiligheid. Welke waarde aan de resultaten van dit Gelderse onderzoek moet worden toegekend, kan worden afgeleid uit de bespreking van dit onderzoek in paragraaf 3.1.

Brand (1970) maakte bij zijn onderzoek in Den Haag een vergelijking tussen vijftig kruispunten met fietspaden en vijftig kruispunten zonder fietspaden. De gesommeerde intensiteiten (van welke verkeersdeelnemerscategorieën?) op beide categorieën kruispunten lagen in dezelfde orde van grootte.

Het aantal ongevallen waarbij bromfietsen en auto's betrokken waren, bedroeg 285 op de kruispunten met fietspaden en 133 op de kruispunten zonder fietspaden. Deze verhouding is zowel bij kruispunten met verkeerslichten als bij kruispunten zonder verkeerslichten terug te vinden.

Indien de veiligheid wordt afgemeten aan het aantal botsingen met auto's, zo constateert de auteur terecht, zijn kruispunten met vrijliggende fietspaden voor bromfietzers beduidend onveiliger dan kruispunten zonder vrijliggende fietspaden.

3.3. Samenvatting en discussie

Het geheel van studies naar het effect van fietsvoorzieningen op de verkeersveiligheid biedt een troosteloze aanblik. De Nederlandse studies hebben in belangrijke mate betrekking op de situatie buiten de bebouwde kom. Hoewel dit onderzoek alleen gericht is op de situatie binnen de bebouwde kom, zijn voor de hypothesevorming ook de studies naar de situatie buiten de bebouwde kom in de literatuurstudie betrokken. De buitenlandse studies behandelen voornamelijk de situatie binnen de bebouwde kom.

3.3.1. De situatie buiten de bebouwde kom

Bij geen van de onderzoeken naar de situatie buiten de bebouwde kom is onderscheid gemaakt tussen fietsers en bromfietzers. Ze zijn steeds als één categorie beschouwd, ondanks de grote verschillen in eigenschappen en gedrag van zowel de voertuigen als hun bestuurders.

Voor zover de resultaten van de verschillende studies vermeldenswaard zijn, lijken ze te leiden tot de conclusie dat de aanwezigheid van vrijliggende fietspaden aan beide zijden van de weg nauwelijks effect heeft op de veiligheid van (brom)fietsers. Het effect op de wegvakken is gunstig, maar wordt geheel of gedeeltelijk geneutraliseerd (of zelfs overtroffen) door het ongunstige effect op de kruispunten. Zo'n algemene uitspraak betekent niet, dat het aanleggen van vrijliggende fietspaden buiten de bebouwde kom onder geen enkele omstandigheid aanbevelenswaardig is. Het is dan ook jammer dat alleen in het RONA-onderzoek (Rijkswaterstaat, 1979 en Kwakernaak, 1980) het soort gegevens is verzameld dat meer genuanceerde uitspraken mogelijk zou maken. Aan de rapportage van dat onderzoek kleeft echter de beperking dat alleen wegvakken in beschouwing zijn genomen.

De constatering dat de aanwezigheid van vrijliggende fietspaden nauwe-

lijks effect heeft op de veiligheid van (brom)fietsers is in alle studies op één na (Aarnoudse, 1964) gebaseerd op een vergelijking met wegen zonder fietsvoorzieningen. Waarschijnlijk is het echter zo, dat het merendeel van de wegbeherende instanties een gunstig effect op de verkeersveiligheid verwacht van de aanleg van fietspaden. Het ligt dan voor de hand, dat in het verleden veelal eerst fietspaden zijn aangelegd langs de wegen die het onveiligst waren. Deze veronderstelling vindt steun in de resultaten van de voor- en nastudie van Aarnoudse (1964).

Een andere categorie fietsvoorziening, de fietsstrook, is in de situatie buiten de bebouwde kom tot nu toe alleen onderzocht door Köhler & Leutwein (1981). Betrouwbare uitspraken kunnen aan hun onderzoek echter niet worden ontleend.

In de studies naar het effect van fietsvoorzieningen buiten de bebouwde kom is nauwelijks aandacht besteed aan de veiligheid van andere categorieën verkeersdeelnemers dan de fietsers en de bromfietsers. Ook het effect op de veiligheid van alle categorieën verkeersdeelnemers tezamen is nauwelijks onderzocht.

3.3.2. De situatie binnen de bebouwde kom

Bij diverse onderzoeken naar de situatie binnen de bebouwde kom is wel onderscheid gemaakt tussen fietsers en bromfietsers.

Er is slechts één Nederlands onderzoek gedaan naar het effect van de aanwezigheid van fietsvoorzieningen binnen de bebouwde kom op de veiligheid van fietsers: Brand (1970). Daarnaast zijn er een aantal buitenlandse studies bekend: Goldberg & Gazares (1962), Jörgensen & Rabani (1969), Lyager (1976), Lott & Lott (1976), Smith (1974), Alrutz & Meewes (1980) en Knoche (1981).

Uit deze bronnen kan men afleiden dat de aanwezigheid van vrijliggende fietspaden een gunstige invloed heeft op de veiligheid van fietsers. Op wegvakken constateerden Goldberg & Gazares, Jörgensen & Rabani en Knoche een reductie van het aantal letselongevallen, terwijl Alrutz & Meewes en Knoche er ook een vermindering van de letselernst vonden. Lyager en Knoche vonden eveneens een positief effect op weggedeelten.

Op kruisingen van verkeersaders hebben vrijliggende fietspaden nauwelijks effect op de veiligheid van fietsers (Jørgensen & Rabani, Brand, Alrutz & Meewes).

Van fietsstroken is alleen voor weggedeelten en kruispunten gezamenlijk het effect op het aantal fietsongevallen bekend. En dan nog in de Amerikaanse situatie (Lott & Lott, 1976; Smith, 1974). In vergelijking met wegen zonder fietsvoorzieningen gebeuren op wegen met "bicycle lanes" minder ongevallen. Of de winst in veiligheid op wegvakken, op weggedeelten of juist op kruisingen van verkeersaders wordt geboekt, is niet bekend.

Ook naar het effect van de aanwezigheid van fietsvoorzieningen binnen de bebouwde kom op de veiligheid van bromfietsers heeft in Nederland alleen Brand (1970) onderzoek gedaan. In het buitenland is zulk onderzoek uitgevoerd door Goldberg & Gazares (1962), Lyager (1976), Alrutz & Meewes (1980) en Knoche (1981). De twee laatstgenoemde bronnen hebben betrekking op mofa's.

Goldberg & Gazares en Knoche vonden een gering ongunstig effect van vrijliggende fietspaden op wegvakken; Lyager vond een zeer gering gunstig effect op weggedeelten. Brand constateerde een beduidend ongunstig effect op kruisingen van verkeersaders. Knoche daarentegen vond op zulke kruisingen voor mofa's een gunstig effect. Een zelfde uitspraak voor fietsers en bromfietsers gezamenlijk van Goldberg & Gazares is gebaseerd op manipulatie met een gering aantal ongevallen.

Alrutz & Meewes raden het gebruik van fietspaden door mofa's af, omdat op wegen met fietspaden aan beide zijden het gebruik van het fietspad voor de mofaberijders ruim tweemaal zoveel risico bleek in te houden als het gebruik van de rijbaan. Knoche stelt daarentegen dat mofa's juist wel gebruik behoren te maken van fietspaden, mits die breed genoeg zijn. Zijn belangrijkste argument is, dat ongevallen met mofaberijders op wegen met fietspaden gemiddeld een minder ernstige afloop hebben dan op wegen zonder fietsvoorzieningen.

Over het effect van de aanwezigheid van fietsstroken op de veiligheid van bromfietsers geeft de literatuur geen informatie.

4. SLOTOPMERKINGEN

Uit het literatuuroverzicht in hoofdstuk 3 blijkt, dat alleen een Deens onderzoek (Rådet for trafikikkerhedsforskning, 1969) uitspraken doet over het effect van de aanwezigheid van fietsvoorzieningen op de ongevallenratio's van alle verkeersdeelnemers gezamenlijk. Volgens dat onderzoek hebben vrijliggende fietspaden langs wegvakken een gering gunstig totaaleffect en op kruispunten nagenoeg geen effect.

Gezien deze summiere informatie is het formuleren van hypothesen over het totaaleffect van de aanwezigheid van fietsvoorzieningen weinig zinvol. Daarom zal worden volstaan met een beschrijving van de ongevallenratio's van de volgende verkeersdeelnemerscategorieën:

- personenauto's en motoren
- vrachtauto's en bussen
- alle verkeersdeelnemerscategorieën gezamenlijk.

Bij deze beschrijving zal voor de weggedeelten een onderscheid gemaakt worden naar wegvakken en naar kruisingen met niet-verkeersaders.

Voor kruisingen die een weggedeelte begrenzen, zal voor dezelfde groepen verkeersdeelnemers het aantal ongevallen per gepasseerd voertuig worden bepaald.

De hypothesen die op basis van het literatuuroverzicht zullen worden geformuleerd, kunnen dus slechts betrekking hebben op de veiligheid van fietsers en bromfietzers. Deze hypothesen zullen een ongenueanceerd karakter hebben, omdat ze geformuleerd worden ten behoeve van de eerste fase van de analyse; in deze fase wordt alleen de invloedsfactor "fietsvoorziening" beschouwd. Andere mogelijke invloedsfactoren - zoals kenmerken van de verkeersdeelnemers, van het verkeer en van de weg - komen pas in volgende fasen van de analyse aan de orde.

Alvorens op basis van de resultaten van de hypothesetoetsing conclusies kunnen worden getrokken over het effect van de onderscheiden soorten fietsvoorziening, zal eerst zorgvuldig moeten worden nagegaan in hoeverre de verschillende groepen weggedeelten met elkaar vergelijkbaar zijn. De vergelijkbaarheid kan op een aantal punten worden nagegaan.

Te denken valt aan:

- a. de intensiteiten van fietsers en/of bromfietzers, gemotoriseerd verkeer en een combinatie van deze categorieën;

- b. de breedte van het dwarsprofiel, die is opgebouwd uit de breedte van de hoofdrijbaan, van de eventuele fietsvoorziening en van de eventuele middenberm en tussenbermen;
- c. het aantal aansluitingen van niet-verkeersaders op de weggedeelten van de in het onderzoek opgenomen verkeersaders;
- d. het aantal uitritten.

Verondersteld mag worden dat er aanzienlijke verschillen bestaan tussen weggedeelten met verschillende soorten fietsvoorzieningen. Dit zal generalisering van de uitkomsten van dit deel van de analyse tot een lastige zaak maken. Het trekken van conclusies, laat staan het formuleren van aanbevelingen voor maatregelen op basis daarvan, zal dan ook met grote voorzichtigheid dienen te geschieden.

LITERATUUR

Aarnoudse, J.M. (1964). Invloed van vrijliggende rijwielpaden op de verkeersveiligheid. Verkeerstechniek 15 (1964) 5: 226-227.

Alrutz, D. & Meewes, V. (1980). Untersuchungen zum Radverkehr in Köln - Unfallanalyse, Empfehlungen, Radverkehrsnetz für Porz, vorläufiger Schlussbericht. Mitteilungen der Beratungsstelle für Schadenverhütung Nr. 16 b. Keulen, 1980.

ANWB (1966). Fietspaden en oversteekplaatsen. Verkeersmemorandum no. 4. 's-Gravenhage, 1966.

ANWB (1975). Voorzieningen voor fietsers en bromfietsers. Verkeerskunde 26 (1975) 6: 286-295.

Brand, H. (1970). Het langzame verkeer in steden. Verkeerstechniek 21 (1970) 9: 436-445.

Gemeente Eindhoven (1976). Waarheen met de fiets Afdeling Verkeers- onderzoek van de Dienst Ruimtelijke Ordening en Verkeer, Gemeente Eindhoven, juni 1976.

Gibson, R.A. & Holland, G.H. (1980). A study of cycle route signs and marking standards. Road Research Unit Bulletin 51. Wellington, 1980.

Goldberg, S. & Gazares, J.C. (1962). Les accidents sur pistes cyclables. ONSER-bulletin, september 1962.

Hamelink, J.G. (1976). Are design standards still the optimum approach to road safety? In: Symposium on Geometric road design standards 1976. Reports III: pp. 155-168. OECD, Parijs, 1976.

Jørgensen, N.O. & Rabani, Z. (1969). Accident rates for cyclists for urban arterials with and without cycle track. Report No. 1. Danish Council of Road Safety Research, Kopenhagen, 1969.

Knoche, G. (1981). Einfluss von Radwegen auf die Verkehrssicherheit. Band 2. Radfahrerunfälle auf Stadtstrassen. Bundesanstalt für das Strassenwesen, Keulen, 1981.

Köhler, R. & Leutwein, B. (1981). Einfluss von Radwegen auf die Verkehrssicherheit. Band 1. Untersuchungen von Ausserortsunfällen Landkreis Karlsruhe und Rhein-Neckarkreis. Bundesanstalt für das Strassenwesen, Keulen, 1981.

Kroll, B.L. & Ramey, M.R. (1975). The influence of Bike Lanes on Allocation of Space Between Automobiles and Bicycles. Technical Report No. 75-6. Civil Engineering Department, University of California, 1975.

Kwakernaak, M. (1980). De ongevallekans van (brom)fietzers op wegvakken buiten de bebouwde kom. Verkeerskunde 31 (1980) 11: 561-566.

Laursen, J.G. (1978). Accidents involving cyclists and moped riders in Denmark. In: Proceedings of the Seminar on Traffic and Environmental management/PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick: pp. 32-45, 1978.

Lott, D.F. & Lott, D.Y. (1976). Differential effect of bicycle lanes on the classes of bicycle-automobile accidents. In: Transportation Research Record 605: pp. 20-24. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

Lyager, P. The Accident Pattern on the Street Network of the two Central Municipalities in Copenhagen. Progress report (in danish). General Planning Department of Copenhagen, Copenhagen, 1976 (niet gepubliceerd).

National Board of Public Roads and Waterways. The safety effects of arrangements for light traffic. Traffic Office (Finland) 1978 (niet gepubliceerd).

Noordzij, P.C. (1978). De (brom)fietser en de verkeersveiligheid. In: Congres fiets- en bromfietsvoorzieningen, Tilburg, 1977: pp. 58-60. ANWB, 's-Gravenhage, 1978.

Provinciale Waterstaat Limburg (1976). Ongevallen met (brom)fietsers op Provinciale wegen in Limburg. Provinciale Waterstaat, Onderafdeling Verkeerszaken, Maastricht, 1976.

Rijkswaterstaat (1979). Onderzoek naar de relatie tussen de weg- en verkeerskenmerken en de ongevallenkans van (brom)fietsverkeer langs wegvakken buiten de bebouwde kom (concept). RWS/DVK, 's-Gravenhage, 1979.

Rådet for trafikikkerhedsforskning. Cykelstiers betydning for faerdselsikkerheden. Kopenhagen, 1969.

Smith jr., D.T. (1974). Bikeways: state of the art 1974. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1974.

Smith jr., D.T. (1976). Safety and locational criteria for bicycle facilities. Final report. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1976.

SWOV (1976). Tien jaar verkeersonveiligheid in Nederland. Publikatie 1976-3N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1976.

| | totaal | inwonertal categorie | | | |
|--|---------------|----------------------|-----|-----|-----|
| | Nederland | I | II | III | IV |
| totaal aantal verkeersdoden in 1974 t/m 1976 | 7299 = 100% | 9% | 18% | 42% | 31% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 2918 = 100% | 20% | 29% | 37% | 14% |
| % binnen de bebouwde kom | 40% | 92% | 63% | 35% | 18% |
| totaal aantal gedode fietsers in 1974 t/m 1976 | 1424 = 100% | 8% | 21% | 44% | 27% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 759 = 100% | 14% | 30% | 42% | 14% |
| % binnen de bebouwde kom t.o.v. totaal | 53% | 97% | 77% | 50% | 27% |
| totaal aantal gedode bromfietsers in 1974 t/m 1976 | 1102 = 100% | 9% | 22% | 38% | 31% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 507 = 100% | 17% | 33% | 36% | 14% |
| % binnen de bebouwde kom t.o.v. totaal | 40% | 92% | 68% | 43% | 20% |
| totaal aantal verkeersgewonden in 1974 t/m 1976 | 188484 = 100% | 20% | 28% | 35% | 17% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 133136 = 100% | 27% | 34% | 30% | 9% |
| % binnen de bebouwde kom t.o.v. totaal | 71% | 96% | 86% | 61% | 36% |
| totaal aantal gewonde fietsers in 1974 t/m 1976 | 32497 = 100% | 20% | 33% | 35% | 12% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 27276 = 100% | 23% | 37% | 32% | 8% |
| % binnen de bebouwde kom t.o.v. totaal | 84% | 99% | 93% | 77% | 53% |
| totaal aantal gewonde bromfietsers in 1974 t/m 1976 | 61709 = 100% | 20% | 32% | 34% | 14% |
| waarvan binnen de bebouwde kom | 49375 = 100% | 24% | 36% | 31% | 9% |
| % binnen de bebouwde kom t.o.v. totaal | 80% | 98% | 91% | 72% | 51% |

Tabel 1. Overzicht van gedode en gewonde verkeersdeelnemers binnen en buiten de bebouwde kom; onderscheiden naar het aantal inwoners per gemeente.

| | totaal | inwonercategorie | | | |
|---|-----------|------------------|-----|------|------|
| | Nederland | I | II | III | IV |
| letaliteit alle verkeersdeelnemerscategorieën 1974/1976 | 3,7 | 1,7 | 2,5 | 4,5 | 6,5 |
| binnen de bebouwde kom | 2,1 | 1,6 | 1,8 | 2,6 | 3,4 |
| buiten de bebouwde kom | 7,3 | 3,4 | 6,1 | 7,3 | 8,2 |
| letaliteit fietsers 1974 t/m 1976 | 4,2 | 1,7 | 2,7 | 5,3 | 9,1 |
| binnen de bebouwde kom | 2,7 | 1,7 | 2,2 | 3,5 | 4,9 |
| buiten de bebouwde kom | 11,3 | 3,4 | 8,7 | 10,7 | 13,4 |
| letaliteit bromfietzers 1974 t/m 1976 | 1,8 | 0,8 | 1,2 | 2,0 | 3,7 |
| binnen de bebouwde kom | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,5 |
| buiten de bebouwde kom | 4,6 | 3,0 | 4,1 | 3,9 | 5,9 |

Tabel 2. Letaliteit binnen en buiten de bebouwde kom; onderscheiden naar het aantal inwoners per gemeente.

| inwonertalcategorie | aandeel van de bevolking per 1-1-1975 |
|--------------------------------|--|
| I : > 200.000 inwoners | 16% |
| II : 50.000 - 200.000 inwoners | 26% |
| III: 10.000 - 50.000 inwoners | 40% |
| IV : < 10.000 inwoners | 18% |

Tabel 3. Aandeel van de bevolking per inwonertalcategorie per
1 januari 1975.

BIJLAGE 1: VASTSTELLING STEEKPROEFOMVANG

Probleemomschrijving

Onder de ongevallenratio r van een bepaald weggedeelte wordt verstaan de ratio van het aantal ongevallen (n) en een expositiemaat (e), meestal uitgedrukt in een aantal voertuigkms, beide gemeten over een zeker tijdvak. Deze ratio die kan worden beschouwd als resultaat van een steekproeftrekking is aan toevalsfluctuaties onderhevig, zodat ze slechts met een zekere mate van betrouwbaarheid kan worden gebruikt om de onveiligheid op dat weggedeelte vast te stellen.

Wanneer van twee ratio's r_1 en r_2 dient te worden nagegaan of zij van elkaar verschillen, dan zal bij een werkelijk bestaand verschil in onveiligheid $R_1 - R_2 = a$, de kans dat dit verschil ook geconstateerd zal worden afhankelijk zijn van de grootte van het verschil en de betrouwbaarheid waarmee de waarden R_1 en R_2 worden geschat door de ratio's r_1 en r_2 .

Wanneer we nu willen toetsen of er verschil bestaat tussen R_1 en R_2 dan kiezen we voor de nulhypothese (H_0): $R_1 = R_2$ en voor H_1 , de alternatieve hypothese: $R_1 \neq R_2$.

Bij de toetsing kunnen zich, afhankelijk van de waarheid van H_0 of H_1 , vier situaties voordoen waarbij in twee gevallen sprake is van een onjuiste beslissing: De nulhypothese wordt ten onrechte verworpen (α - fout), of de nulhypothese wordt ten onrechte aangenomen (β - fout). Men zal de kans op deze fouten graag van tevoren willen begrenzen. De kans op de fouten is afhankelijk van de betrouwbaarheid van r_1 en r_2 , welke een functie is van de steekproefomvangen.

T.a.v. de β - fout geldt bovendien nog dat deze afhankelijk is van het verschil tussen R_1 en R_2 .

| | | | |
|--|-------|---------------------|-------------|
| | | werkelijke situatie | |
| | | H_0 | $H_1(a)$ |
| beslissing op grond van steekproef | H_0 | $1-\alpha$ | β_a |
| | H_1 | α | $1-\beta_a$ |

De grootte van het verschil a wordt meestal uitgedrukt in relatieve zin. Men gebruikt daarvoor als maat vaak de verhouding $\rho = \frac{R_2}{R_1}$, welke natuurlijk is terug te rekenen naar de waarde van a .

Bij een vaste keuze voor ρ kan worden berekend hoe groot de steekproefomvang voor r_1 en r_2 dient te zijn wil men de kans op een α - fout en β - fout binnen bepaalde grenzen houden. De keuze van ρ wordt enerzijds begrensd door wat in alle redelijkheid is te verwachten aan een maximaal verschil tussen R_1 en R_2 , anderzijds door de relevantie van een zeer klein verschil voor bijv. het nemen van maatregelen. Hoe kleiner het verschil gekozen wordt, des te groter dienen de steekproefomvang te zijn.

Nadere uitwerking

Het lijkt redelijk aan te nemen dat $r_1 - r_2$ normaal verdeeld is met gemiddelde a en variantie $\text{VAR}(r_1 - r_2)$. Dit verschil kan dan ook worden omgerekend naar de standaard normale grootte Z .

Het is gebruikelijk om bij het toetsen een waarde α vast te stellen (bijv. 5%). Bij een gegeven waarde van ρ kunnen we berekenen hoe groot de kans is op het terecht aannemen van de alternatieve hypothese, indien we de betrouwbaarheid van $r_1 - r_2$ kennen. Omgekeerd is het mogelijk om bij een gestelde kans $1 - \beta$ op het terecht verwerpen van de nulhypothese de benodigde betrouwbaarheid van $r_1 - r_2$ aan te geven. In formulevorm ziet deze relatie er als volgt uit:

$$p (\|Z\| > Z_\alpha \mid a, \alpha, \beta) = 1 - \beta$$

waarbij $Z = \frac{r_1 - r_2 - a}{\sqrt{\text{VAR}(r_1 - r_2)}}$ het verschil tussen r_1 en r_2 aangeeft

in standaardvorm.

Hierbij geldt overigens dat $Z_\alpha = \frac{a}{\sqrt{\text{VAR}(r_1 - r_2)}} - Z_\beta$, hetgeen uit

figuur 1 gemakkelijk valt af te leiden.

In woorden is dat als volgt weer te geven. De kans dat de absolute waarde van Z groter is dan Z_α (Z_α en Z_β zijn de grenswaarden behorende

resp. bij α en β in de standaard normale verdeling) is gelijk aan $1 - \beta$, de kans dat bij gegeven waarde van a de nulhypothese terecht wordt verworpen. Dit betekent dan dat bij het handhaven van de nulhypothese de kans dat het verschil $(r_1 - r_2)$ groter of gelijk is aan a , kleiner of gelijk is aan β .

De gezochte betrouwbaarheid van het verschil is gegeven met $\text{VAR}(r_1 - r_2)$.

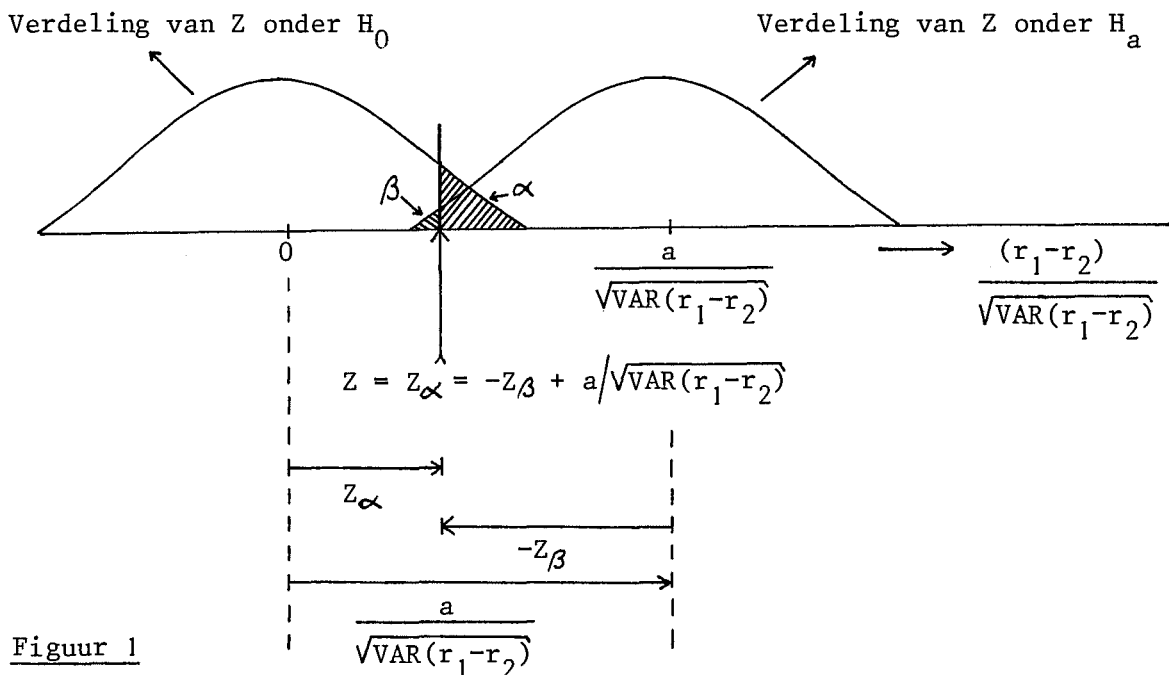
Als we ervan uitgaan dat n_1 en n_2 onafhankelijk Poisson-verdeeld zijn en tevens dat e_1 en e_2 in feite constanten zijn en dus geen variantie hebben (of een verwaarloosbaar kleine variantie hebben), dan geldt voor de variantie van $r_1 - r_2$ dat deze gelijk is aan:

$$\text{VAR}(r_1 - r_2) = \frac{n_1}{e_1^2} + \frac{n_2}{e_2^2} = \frac{r_1^2}{n_1} + \frac{r_2^2}{n_2}$$

Voor de ongevals aantallen n_1 en n_2 geldt nu het volgende (zie figuur 1):

$$Z_\alpha = \frac{a}{\sqrt{\text{VAR}(r_1 - r_2)}} - Z_\beta \text{ of } a^2 = (Z_\alpha + Z_\beta)^2 \cdot \text{VAR}(r_1 - r_2)$$

$$= (Z_\alpha + Z_\beta)^2 \left(\frac{r_1^2}{n_1} + \frac{r_2^2}{n_2} \right)$$



Figuur 1

Waarin Z_α de waarde is die correspondeert met de waarde van uit de standaard normale verdeling rond 0 en Z_β de waarde die correspondeert met de waarde van β uit de verdeling rond $a/\sqrt{\text{VAR}(r_1-r_2)}$.

Uitgewerkt voor waarden van n_1 en n_2 betekent dit:

$$n_1 = \frac{r_1^2}{\frac{a^2}{(Z_\alpha + Z_\beta)^2} - \frac{r_2^2}{n_2}}$$

voor $\rho = \frac{R_2}{R_1}$ kan dit worden geschreven als:

$$n_1 = \frac{1}{\left(\frac{1-\rho}{Z_\alpha + Z_\beta}\right)^2 - \frac{\rho^2}{n_2}}$$

aangenomen dat r_1 en r_2 juiste schatters zijn voor R_1 en R_2 .

Bewezen kan worden dat de keuze voor n_1 en n_2 optimaal is t.a.v. een minimale totale steekproefomvang als $n_2 = \rho \cdot n_1$

voor n_1 geldt nu:
$$n_1 = \frac{1+\rho}{\left(\frac{1-\rho}{Z_\alpha + Z_\beta}\right)^2}$$

BIJLAGE 2: BEKNOPT OVERZICHT VAN DE BROMFIETSWETGEVING IN ENKELE WEST-EUROPESE LANDEN

In het literatuuroverzicht ten behoeve van de hypothesevorming voor de eerste fase van de analyse van het onderzoek "fietsvoorzieningen op weggedeelten binnen de bebouwde kom", zijn een aantal buitenlandse studies opgenomen die betrekking hebben op het effect van fietsvoorzieningen op de verkeersonveiligheid van bromfietzers.

Het gaat om een Frans, een Deens en enkele Duitse onderzoeken. Om de informatie daaruit op een juiste wijze ten behoeve van de Nederlandse situatie te kunnen hanteren is het nodig om een vergelijking te maken tussen een aantal voorschriften en eisen zoals die in Nederland en in de andere landen worden gehanteerd.

De tabel op de volgende pagina geeft een overzicht van de belangrijkste voorschriften en eisen omtrent de berijder, het voertuig en het gebruik van de verkeersruimte. De tabel behoeft geen toelichting.

Wel wordt opgemerkt dat het aantal snorfietsen in Nederland gering is - naar schatting ongeveer 20.000 - vergeleken met de omvang van het bromfietspark. In Duitsland daarentegen is het aantal mofa's momenteel ongeveer het dubbele van het aantal mopeds/mokicks (gezamenlijk ca. 2 miljoen stuks).

| land | Nederland | | Duitsland (BRD) | | | Frankrijk | Denemarken |
|--------------------|---|--|-----------------|--|---------|-----------|---------------------------------------|
| soort bromfiets | snorfiets | bromfiets | mofa | moped | mokick | bromfiets | bromfiets |
| rijbewijs vereist? | neen | neen | ja* | ja** | ja** | neen | neen |
| minimum leeftijd | 16 jaar | 16 jaar | 15 jaar | 16 jaar | 16 jaar | 14 jaar | 16 jaar |
| helmdraagplicht? | neen | ja | neen | ja | ja | ja | ja |
| maximum snelheid | 20 km/uur | binnen komgrens 30 km/uur buiten komgrens 40 km/uur | 25 km/uur | binnen komgrens 30 km/uur buiten komgrens 40 km/uur | | 45 km/uur | 30 km/uur |
| gebruik fietspad | verplicht tenzij bord fietspad is geplaatst | | verplicht | verboden | | verplicht | verplicht tenzij anders is aangegeven |
| pedalen verplicht? | ja | ja | ja | ja | neen | ja | neen |

- * Een verklaring dat een theoretische test betreffende kennis over verkeersregels en beoordeling van onveilige situatie met goed gevolg is afgelegd. Deze verklaring is pas vanaf 1 april 1980 vereist.
- ** Sinds 1 april 1980 is een rijbewijs klasse vier vereist (daarvoor rijbewijs klasse vijf). Klasse vier omvat een theoretisch examen en sinds 1 januari 1981 ook een praktijkexamen.