

TNO-rapport

IZF 1988-9

**INFORMATIEVERWERKING VAN
OUDERE VERKEERSDEELNEMERS**

J.E. Korteling

14

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

No:	28705	Ex:	1
-----	-------	-----	---

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

© TNO

Rubricering

Oplage : 40
Aantal bladzijden: 84

rapport : ongeclassificeerd
titel : ongeclassificeerd
samenvatting: ongeclassificeerd



INHOUD		Blz.
SAMENVATTING		5
ABSTRACT		6
1	ACHTERGROND	7
2	INLEIDING	8
3	VERKEERSPROBLEMATIEK OUDEREN	10
3.1	Gecorrigeerde ongevalsfrequenties	10
3.2	Conclusies en opmerkingen	16
4	ZINTUIGLIJKE INFORMATIEVERWERKING	17
4.1	Visuele beperkingen van ouderen	17
4.2	Visuele beperkingen in het verkeer	18
4.3	Andere zintuigsystemen	22
4.4	Conclusies en opmerkingen	26
5	SNELHEID VAN INFORMATIEVERWERKING	27
5.1	Inleiding	27
5.2	Fysiologisch onderzoek	28
5.3	Psychologisch onderzoek	32
5.4	Motoriek	33
5.5	Verwerkingssnelheid-hypothese	34
5.6	Signaal-ruis hypothese	36
5.7	Conclusies en opmerkingen	39
6	KWALITATIEVE ASPECTEN VAN INFORMATIEVERWERKING	40
6.1	Inleiding	40
6.2	Visuo-spatieële functies	41
6.3	Perceptieve strategieën	42
6.4	Probleemoplossen	44
6.5	Geheugenfuncties	45
6.6	Selectieve aandacht	46
6.6.1	Selectieve aandacht en leeftijd	47
6.6.2	Selectieve aandacht in het verkeer	49
6.7	Perceptieve stijl	51
6.7.1	Perceptieve stijl en leeftijd	52
6.7.2	Perceptieve stijl in het verkeer	52
6.8	Verdeelde aandacht	53
6.8.1	Hypothesen voor het VA effect	55
6.8.2	Complicaties bij het VA onderzoek	58
6.9	Vigilantie	61
6.10	Conclusies en opmerkingen	62
7	UITGEBREIDE SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	66
8	EXTENDED SUMMARY, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	70
REFERENTIES		75

Rapportnr. : IZF 1988-9
Titel : Informatieverwerking van oudere verkeersdeelnemers
Auteur : Drs. J.E. Korteling
Instituut : Instituut voor Zintuigfysiologie TNO,
Afd. Verkeersgedrag
Datum : mei 1988
HDO Opdrachtnr. : -
Nr. in MLTP : 5.3 (1988-1991)

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de het onderzoek capaciteitsbeperkingen ten gevolge van psychologisch functieverlies bij ouderen. Tevens worden de gevolgen van dit functieverlies voor verkeersdeelname besproken.

Eén van de gevolgen van functieverlies bij ouderen is een duidelijk toenemende verkeersonveiligheid vanaf het 60e levensjaar. De toenemende verkeersonveiligheid lijkt niet verklaard te kunnen worden door de visuele beperkingen van veel ouderen. De invloed van andere zintuiglijke beperkingen (vestibulair, haptisch, auditief) op het verkeersgedrag van ouderen is nog niet onderzocht. Capaciteitsbeperkingen van ouderen moeten vooral op het gebied van de verwerking van informatie gezocht worden. Allereerst verloopt de informatieverwerking van ouderen aanzienlijk trager dan van jongere proefpersonen. Daarnaast vertonen ouderen problemen met een aantal kwalitatief onderscheiden taken zoals: visueel-ruimtelijke taken, inprentingstaken, aandachtstaken en in het algemeen onbekende taken die een flexibele aanpassing aan de omstandigheden vereisen. Niet bekend is in hoeverre een tragere informatieverwerking van ouderen ten grondslag ligt aan deze kwalitatieve veranderingen. Evenmin is bekend hoe prestaties op bovengenoemde taken in de praktijk, zoals bij het autorijden, met het ouder worden veranderen. Dergelijke vragen lenen zich voor verder onderzoek.

Ten aanzien van de handhaving van de veiligheid en mobiliteit van zoveel mogelijk ouderen werd geconcludeerd dat wegbeheerders moeten streven naar éénvormige en infrastructuurle oplossingen, eenvoudige regelgeving en aansluiting op verwachtingen van weggebruikers.

Information processing of elderly traffic participants

J.E. Korteling

ABSTRACT

This report contains an evaluation of the literature about deteriorated information processing capacities of elderly people. Also the consequences for traffic participation are evaluated.

One of the consequences of functional decline of elderly people is an increasing traffic unsafety from about age 60. Increasing traffic unsafety does not seem to be an effect of visual deterioration of many elderly drivers. The influence of other sensory limitations (vestibular, haptic, auditive) on traffic behaviour of the elderly has not been investigated yet. Resource limitations are mainly found for central information processing. First, central information processing of the elderly is substantially slower than of younger subjects. Besides this, elderly subjects show performance decrements on some distinct tasks like visuo-spatial tasks, secondary memory tasks, attention tasks and in general unknown tasks which require flexible adaptations to circumstances. To what extent these qualitative distinct deteriorations are caused by decreased information processing speed is unknown. No more it is known how performance on the tasks mentioned above changes with age in practice (e.g. during car driving). These questions lend itself to further research.

With respect to maintaining safety and mobility of elderly traffic participants it was concluded that traffic authorities have to aim at uniform and infra-structural solutions, simple rules and correspondence to expectations of road users.

1 ACHTERGROND

De drukte en complexiteit van het hedendaagse wegverkeer doen een sterk beroep op het vermogen van verkeersdeelnemers snel en selectief informatie te verwerken. Voor mensen waarvan verondersteld wordt dat zij daar moeite mee hebben kan dit leiden tot een verhoogd risico. Ouderen vormen een dergelijke groep. Hun aantal zal in de komende jaren toenemen. Volgens het CBS (1984) zal het aandeel van personen van 60 jaar en ouder in het jaar 2000 ongeveer 18% zijn. Momenteel is dit 16,5%. Deze groei gaat in nog sterkere mate op voor bijvoorbeeld bezitters van een rijbewijs. Gezien deze ontwikkeling valt het te verwachten dat ons land rond het jaar 2000 meer dan 2 miljoen rijbewijsbezitters van 60 jaar en ouder zal tellen.

Een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek wijst erop dat veroudering gepaard kan gaan met psycho-motorisch functieverlies. Tevens lijkt het erop dat dit functieverlies problemen kan opleveren bij verkeersdeelname. Tot op heden is er echter weinig specifiek onderzoek verricht naar de invloed van toenemende leeftijd op de retentie van complexe vaardigheden, zoals autorijden, fietsen of bromfietsen. Hierdoor ontbreken valide screeningsmogelijkheden voor verkeersdeelnemers bij wie het functioneren door veroudering wordt beïnvloed en ontbreekt kennis die nodig is om regelgeving en wegontwerp in ergonomisch opzicht aan de oudere verkeersdeelnemer aan te passen. Dergelijke kennis is onontbeerlijk voor een beleid dat gericht is op het handhaven van mobiliteit en veiligheid van zoveel mogelijk mensen. Deze studie, die op basis van een doelsubsidie van het Ministerie van V&W werd uitgevoerd, biedt een inventarisatie en evaluatie van bestaande kennis omtrent veranderingen in de informatieverwerking als gevolg van toenemende leeftijd. Hierbij wordt nadruk gelegd op gegevens die relevant zijn voor het besturen van voertuigen. Op grond hiervan worden een aantal globale aanbevelingen gedaan hoe door middel van nader onderzoek functieverlies en de consequenties hiervan voor oudere verkeersdeelnemers verder in kaart kunnen worden gebracht.

2 INLEIDING

Iedere vorm van verkeersdeelname kan beschouwd worden als een doelgerichte en perceptief-motorische activiteit. Beschouwen we verkeersdeelname als doelgerichte activiteit, dan kan deze worden opgedeeld in subdoelen die op hun beurt weer deeltaken definiëren. Bij dergelijke deeltaken kan gedacht worden aan routeplanning, afslaan of snelheidscontrole. De deeltaken zijn hiërarchisch geordend met betrekking tot de doeleinden die nagestreefd worden. In deze hiërarchische ordening worden meestal drie taakniveaus onderscheiden:

Het **macroniveau** - Taken op dit niveau zijn strategisch van aard en hebben betrekking op het plannen van routes en het volgen ervan, bijvoorbeeld met behulp van routegeleidingsmiddelen.

Het **mesoniveau** - Dit omvat het manoeuvregedrag zoals snelheidskeuze, inhalen, invoegen, afslaan, en stoppen.

Het **microniveau** - Op dit niveau spelen zich de elementaire taken af die betrekking hebben op voertuigbeheersing, zoals het koershouden en het kiezen van snelheden (remmen, gasgeven).

In deze hiërarchische ordening zijn van macro- naar micro-niveau een aantal lijnen te bespeuren:

1. De tijd voor het verwerken van informatie neemt af.
2. De behoefte aan informatie vereist een hogere vergarings- (sample) frequentie.
3. De prioriteit van taakuitvoering neemt toe.
4. De capaciteitsbelasting neemt af (deeltaken op micro-niveau worden grotendeels automatisch uitgevoerd).
5. Doeleinden van hogere taakniveaus dicteren doeleinden op lagere taakniveaus.
6. Deeltaken op lagere taakniveaus zijn randvoorwaarde voor het kunnen uitvoeren van deeltaken op hogere taakniveaus.

Beschouwen we verkeersdeelname als perceptief-motorische activiteit, dan kunnen een aantal psycho-fysiologische processen geïdentificeerd worden die ten grondslag liggen

aan de uitvoering van bovenomschreven taken. Hierbij kan gedacht worden aan processen zoals selectieve aandacht, geheugen, gecontroleerde en (aangeleerde) automatische sensomotorische handelingssequenties. De rol van deze processen is niet op alle taakniveaus even belangrijk. Analooq aan het voorgaande zijn er van macro- naar micro-niveau met betrekking tot psycho-fysiologische processen ook een aantal graduele verschillen te verwachten:

1. Sensorische en perceptieve functies (visueel, vestibulair en somatosensorisch) worden kritischer.
2. Het belang van motorische en automatische senso-motorische lussen neemt toe.
3. Het belang van ruimtelijk inzicht is op mesoniveau maximaal.
4. Het onmiddellijk (primair) geheugen wordt belangrijker, het recent (secundair) geheugen wordt minder belangrijk, en het lange termijn (tertiair) geheugen is op alle taakniveaus van belang.
5. Het belang van selectieve en verdeelde aandacht is op macroniveau minder dan op micro- en mesoniveau.
6. "Hogere" cognitieve processen worden minder belangrijk.

In deze literatuurstudie wordt nagegaan wat bekend is over de mate waarin deze processen met het ouder worden achteruit gaan en welke consequenties dit heeft, dan wel kan hebben, voor verkeersdeelname. In hoofdstuk 3 wordt begonnen met een analyse van het gedrag van oudere verkeersdeelnemers. Hierbij wordt ingegaan op statistische gegevens, het specifieke verkeersgedrag van ouderen en de problemen die zij daarbij ondervinden. In hoofdstuk 4 wordt nagegaan in hoeverre zintuiglijk functieverlies een rol kan spelen bij problemen van oudere verkeersdeelnemers. In de daaropvolgende hoofdstukken wordt fysiologisch en psychologisch onderzoek, besproken, gericht op op de vraag op wat voor manier en in hoeverre er sprake is van centraal functieverlies bij ouderen. De vraag naar de relevantie voor verkeersdeelname komt op de tweede plaats. In deze hoofdstukken zal onderscheid gemaakt worden tussen kwantitatieve aspecten van informatieverwerking (verwerkingsnelheid, hoofdstuk 5) en kwalitatieve aspecten, zoals

strategiegebruik (hoofdstuk 6). In deze hoofdstukken zal soms ook worden ingegaan op onderzoeksmethodologische kwesties. In een uitgebreide samenvatting aan het slot worden de belangrijkste onderwerpen, conclusies en aanbevelingen van deze studie nog eens op een rijtje gezet.

3 VERKEERSPROBLEMATIEK VAN OUDEREN

Tenzij anders vermeld heeft de term "ouderen" in deze studie betrekking op mensen met een leeftijd van 65 jaar of ouder. Om een beeld te krijgen van de oudere verkeersdeelnemers als risicogroep is een ruime hoeveelheid statistisch materiaal voorhanden. In dit hoofdstuk wordt hiervan een overzicht gegeven. Teneinde dit beeld te completeren zullen deze gegevens worden aangevuld met resultaten van studies naar de min of meer specifieke (gedrags)kenmerken van oudere verkeersdeelnemers.

3.1 Gecorrigeerde ongevalsfrequenties

Ongevalse frequenties zeggen pas iets over risico's bij bevolkingsgroepen als ze gecorrigeerd zijn voor de mate waarin deze groepen blootstaan aan potentieel gevaarlijke situaties. Daarom moeten ongevals frequenties gerelateerd worden aan een expositiemaat omdat de mate waarin personen aan het verkeer deelnemen tussen leeftijdsgroepen sterk kan variëren. De meest gehanteerde expositiematen zijn gebaseerd op het aantal afgelegde kilometers, het aantal verplaatsingen of het aantal doorgebrachte uren in het verkeer. Fig. 1a toont het aantal dodelijk verongelukte automobilisten per leeftijdsgroep op deze drie maten. Fig. 1b toont het aantal dodelijk verongelukte verkeersdeelnemers voor verschillende wijzen van verkeersdeelname per leeftijdsgroep per reizigerskilometer.

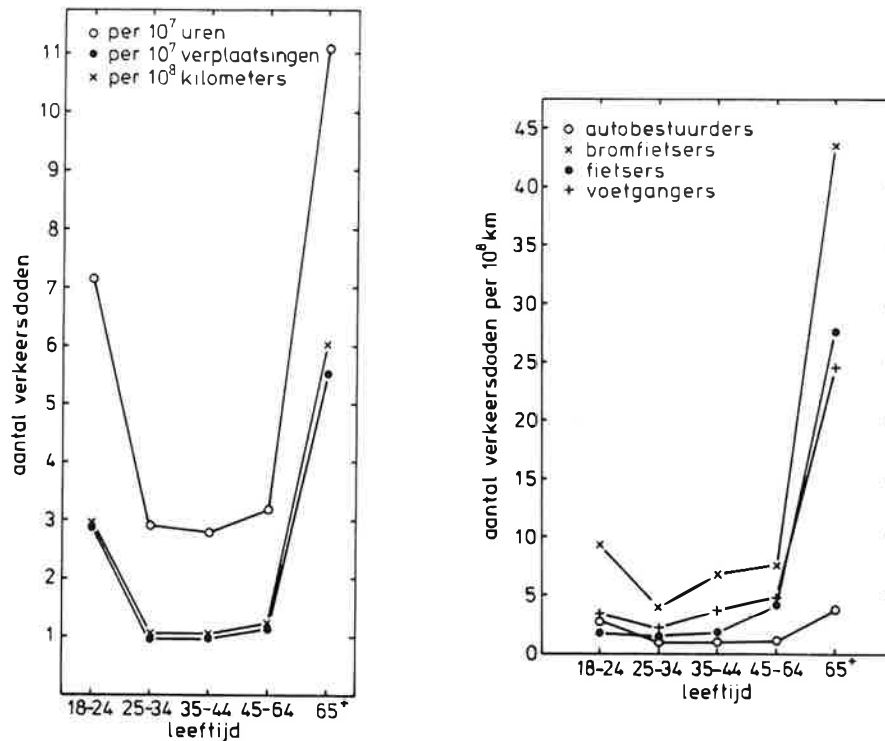


Fig. 1 (a) Het aantal dodelijk verongelukte verkeersslachtoffers per leeftijdsgroep op 3 expositiematen, 1978-1980; (b) Het aantal dodelijk verongelukte verkeersslachtoffers voor verschillende wijzen van verkeersdeelname, 1978-1980 (Bron: SWOV, 1982).

Deze figuren laten zien dat na het 65e levensjaar de kans op een dodelijk ongeval in het verkeer duidelijk begint toe te nemen. Dit geldt vooral voor (brom)fietzers en voetgangers. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het voor de veiligheid van ouderen beter is als ze zoveel mogelijk de auto nemen en vooral de (brom)fiets thuislaten.

Bij de interpretatie van deze figuren moet nog rekening gehouden worden met het feit dat ouderen potentieel gevaarlijke situaties vermijden (Planek & Fowler, 1971; Burg, 1971). Oudere automobilisten geven bijvoorbeeld aan dat zij minder rijden tijdens het spitsuur, onder slechte weersomstandigheden en bij duisternis (Planek & Fowler, 1971). Verwacht mag worden dat daardoor het aantal verkeersslacht-

offers onder ouderen beperkt wordt. Bovendien vormen ouderen een intrinsiek kwetsbare groep. Als mensen bij een ongeval betrokken zijn neemt de kans op een dodelijke afloop sterk met hun leeftijd toe. Fig. 2 laat de letaliteit, het aantal doden per 100 verkeersslachtoffers, zien. De letaliteit vertoont vanaf het 65e levensjaar een duidelijke stijging. Ook hiermee dient bij de interpretatie van statistieken, zoals in Fig. 1 rekening gehouden te worden.

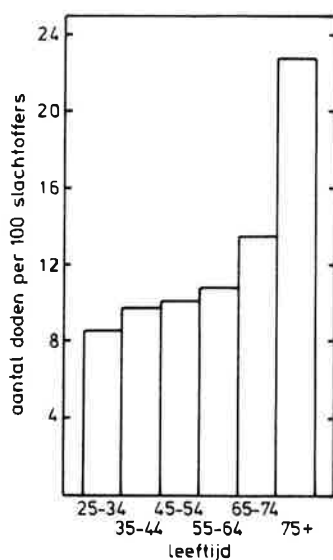


Fig. 2 Letaliteit: het aantal doden per 100 verkeersslachtoffers per leeftijdsklasse, 1978. Bron: SWOV, 1987.

De verhoogde kwetsbaarheid van ouderen wordt voor een deel uitgeschakeld wanneer het aantal letselslachtoffers wordt uitgezet als functie van leeftijd. Fig. 3 laat zien dat het aantal verkeersslachtoffers duidelijk met leeftijd stijgt. Uit Fig. 2 en 3 valt af te leiden dat vooral de 75-plussers onder de ouderen een extreme risicogroep vormen.

Grofweg zijn er, naast toenemende letaliteit, vier andere factoren die van invloed zijn op de risico's van ouderen in het verkeer:

- Het optreden van psychologisch en motorisch functieverlies op hogere leeftijd (zie hoofdstuk 4 - 6).
- Het aantal jaren ervaring in het verkeer.

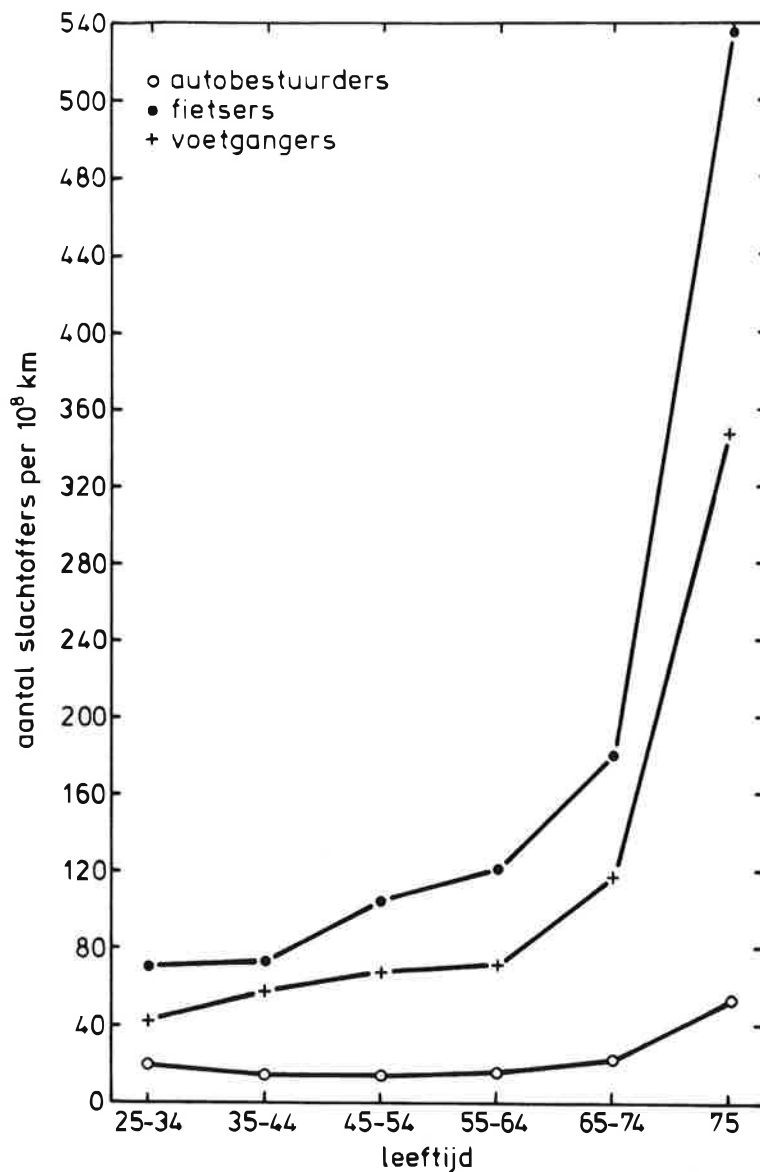


Fig. 3 Letselrisico's voor verschillende wijzen van verkeersdeelname, per leeftijdsklasse, 1983-1984 (Bron: SWOV, 1987).

- De afnemende intensiteit, of dagelijkse routine, waarmee aan het verkeer wordt deelgenomen (zie Fig. 4).
- Risico-aanpassing en het afnemen van specifiek risicogedrag.

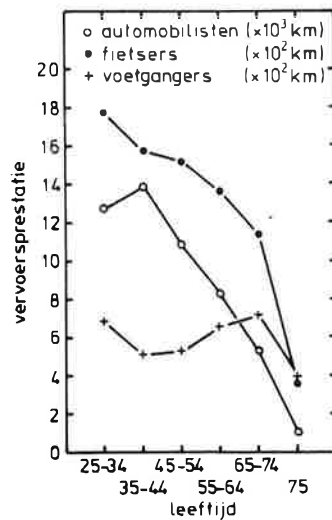


Fig. 4 Het individuele jaarkilometrage per leeftijdsgroep naar geslacht, 1983-1984 (Bron: SWOV, 1987).

Hoe deze factoren in combinatie de uiteindelijke vaardigheden van oudere verkeersdeelnemers beïnvloeden valt niet met zekerheid te zeggen. De totale rijervaring zal, onder invloed van de afnemende dagelijkse routine, steeds minder snel toenemen. Daarnaast neemt de neiging tot prestatiegericht en hard rijden met het ouder worden af (Haas & Reker, 1977). Ouderen compenseren zelfs voor hun verhoogde risico door moeilijke situaties te vermijden (risico-aanpassing), wat weer een negatieve uitwerking heeft op hun vaardigheden. Het lijkt daarom zinvol te onderzoeken hoe rijervaring en dagelijkse routine, in interactie met leeftijdsgebonden functieverlies en risicobeleving, de uiteindelijke rijvaardigheid beïnvloeden.

Ongevalsestatistieken zoals hiervoor gepresenteerd hebben slechts betrekking op betrokkenheid bij (dodelijke) ongevallen. Een meer kwalitatief gedifferentieerde beschrijving van de min of meer specifieke problemen van oudere verkeersdeelnemers kan geschieden op basis van statistieken en onderzoek waarin onderscheid gemaakt wordt tussen verschillende ongevalstypen en problemen in het verkeer. Dit

resulteert in een profiel van handelingen of subtaken waarmee ouderen relatief veel problemen hebben. Met betrekking tot autorijden kan dit in de volgende vier categorieën worden samengevat:

1. Inhalen (Brainin, 1980; Planek, 1968) verandering van rijstrook (Jones, 1978; Planek & Fowler, 1971; McFarland et al., 1964), Bochten nemen (Maleck & Hummer, 1986; Jones, 1978; Planek & Fowler 1971; Planek 1968; Brainin, 1980).
2. Handelingen op kruispunten (Brainin, 1980; Weseman, 1981) interactie met ander verkeer, zoals voorrang verlenen (Planek, 1968; Brainin, 1980; McFarland et al., 1964; Waller, 1972; Planek & Fowler, 1971; Campbell, 1966).
3. Opmerkzaamheid zoals: het reageren op verkeerstekens, borden en signalen. (Planek, 1981; Planek & Fowler, 1971; Brainin, 1980; McFarland et al., 1964), richting aangeven (Planek & Fowler, 1971), spiegelgebruik en observatie in het algemeen (Jones, 1978).
4. Bijzondere verrichtingen zoals achteruitrijden, parkeren en draaien (Planek, 1968; Brainin, 1980; McFarland et al., 1968).

De bovenstaande categorieën worden gekenmerkt door handelingen die op het mesoniveau (1,2,3) en microniveau (3,4) liggen. Ouderen zouden dus relatief weinig problemen hebben met het plannen en volgen van routes en het uitstippelen van strategieën. Dit zijn de meer cognitief beheerste taakvariabelen met een lage sample frequentie en een lange beschikbare verwerkingstijd.

Ook door zelfrapportage kunnen de problemen van oudere verkeersdeelnemers meer kwalitatief gespecificeerd worden. Planek & Fowler (1969) concluderen op basis hiervan dat oudere automobilisten eigenlijk langzamer zouden willen rijden, maar dat niet kunnen omdat de verkeersstroom dit niet toelaat. Ook blijkt dat ouderen die omissiefouten en opmerkzaamheidslaten vertonen zich hiervan meestal niet duidelijk bewust zijn. McFarland (1964), Planek & Fowler

(1971) en Planek (1974) suggereren dat deze verschijnselen samenhangen met een te snelle opeenvolging van gebeurtenissen, gegeven de psychofysiologische capaciteiten van ouderen.

Case et al. (1970) melden dat de snelheid en doortastendheid van de verkeersdeelnemer met het stijgen van de leeftijd afneemt. Volgens hen kunnen verkeersdeelnemers, teneinde hun ongevalsrisico te verkleinen, slechts gedeeltelijk hun gedrag aanpassen aan capaciteitsbeperkingen. Een eerste reden hiervoor is dat vele potentiële ongevalsituaties gekenmerkt worden door een snelle opeenvolging van gebeurtenissen waarop de verkeersdeelnemer geen invloed kan uitoefenen, door bijvoorbeeld langzamer te rijden. In de tweede plaats kan snelheidsvermindering zelf een oorzaak zijn van verkeersongevallen. Langzaam rijden op plaatsen waar met hogere snelheid gereden wordt, heeft een negatieve invloed op de verkeersveiligheid, in het algemeen omdat het de variabiliteit van snelheden verhoogt. Medeweggebruikers worden gedwongen te remmen en/of inhaalmanoeuvres uit te voeren, waardoor de kans op ongevallen vergroot wordt.

Op grond van het huidig beschikbare statistische materiaal is het vooralsnog echter niet mogelijk een indicatie te geven van de mate waarin deze factor voor de verkeers(on)veiligheid van belang is.

3.2 Conclusies

Samenvattend kan het volgende gesteld worden: Ongeveer vanaf het 60e levensjaar begint de kans op een (dodelijk) verkeersongeval toe te nemen. Dit geldt vooral voor (brom)-fietsers en voetgangers. De auto is voor ouderen een relatief veilig vervoermiddel. Grotere kwetsbaarheid en afnemende vaardigheden, lijken de voornaamste oorzaak voor de met leeftijd toenemende verkeersonveiligheid. Hoe vaardigheden met het ouder worden veranderen onder invloed van ervaring, dagelijkse routine, risico-aanpassing en functieverlies leent zich voor verder onderzoek.

Afnemende vaardigheden van ouderen lijken vooral tot uiting te komen bij taakvariabelen op meso- en microniveau. Deze taakvariabelen doen een beroep op: zintuigfuncties, ruimtelijk inzicht, selectieve- en verdeelde aandacht, snelheid en aangeleerde handelingssequenties; aspecten van de informatieverwerking die in de volgende hoofdstukken uitgebreid aan de orde zullen komen. Op de lagere taakniveaus geldt dat de verwerkingstijd kort en de snelheid waarmee informatie verwerkt moet worden hoog is. Daardoor kan de opeenvolging van gebeurtenissen in interactie met het overige verkeer te snel verlopen ten gevolge waarvan omissiefouten en opmerkzaamheidslaken kunnen optreden. Ouderen passen zich voor dergelijke problemen aan door langzamer te gaan rijden (mesoniveau) en moeilijke situaties te vermijden (macroniveau).

4 ZINTUIGLIJKE INFORMATIEVERWERKING

4.1 Visuele beperkingen van ouderen

Verkeersdeelnemers gebruiken informatie die voor een belangrijk deel verkregen wordt via het visuele systeem. Bij het onderzoek naar visueel functieverlies ten gevolge van toenemende leeftijd wordt meestal gebruik gemaakt van laboratoriumtests waarin visuele stimuli worden aangeboden. Meestal gebeurt dit bij een passieve waarnemer, die belemmerd wordt in het maken van exploratieve bewegingen door fixatiepunten te geven, het hoofd te fixeren en stimuli kort, d.m.v. een tachistoscoop aan te bieden. De stimuli zijn meestal eenvoudig te beschrijven in een zeer beperkt aantal fysische dimensies. De resultaten van dergelijk onderzoek geven duidelijk aan dat de visuele capaciteiten van ouderen afnemen.

Van de volgende visuele functies of variabelen is het bekend dat ze doorgaans met het ouder worden achteruitgaan (zie o.a. Panek et al., 1977; Davison, 1978; Fozard et al., 1977):

- statische en dynamische gezichtsscherpte
- contrastgevoeligheid voor de hogere spatiële frequenties
- accommodatie (snelheid en amplitude)
- adaptatie
- stationaire, saccadische en pursuitsfixatie (de nauwkeurigheid van oogbewegingen)
- kleuronderscheidingsvermogen
- verblindingsgevoeligheid
- gezichtsveld
- bewegingsgevoeligheid, zowel centraal als perifeer.

De oorzaken hiervoor zijn te vinden in transmissiebeperkingen van de oogmedia, pupilvernauwing, metabolische veranderingen in de retina en een aantal veel voorkomende aan ouderdom gerelateerde oogaandoeningen zoals: staar, glaucoom, suikerziekte enz.

4.2 Visuele beperkingen in het verkeer

Verwacht zou worden dat visuele beperkingen een sterk negatieve invloed zullen hebben op het vermogen zich als verkeersdeelnemer in het moderne, drukke verkeer te handhaven en als zodanig een substantiële samenhang zullen vertonen met ongevalsindices. Met betrekking tot autorijden, waarbij visuele variabelen het meest kritisch geacht worden, is hiernaar uitgebreid onderzoek gedaan. De correlaties die dit opleverde bleken meestal laag uit te vallen (o.a. Burg, 1971; Shinar, 1977).

Brainin (1980) en Davison (1978) concluderen dat de "sterkste" associaties met ongevalsindices gevonden worden bij tests waarvan de waar te nemen doelen bewegen: dynamische gezichtsscherpte en bewegingsgevoeligheid. Desondanks zijn ook deze variabelen op individueel niveau slechte ongevalspredictoren.

Voor de geringe samenhang tussen visuele variabelen en ongevalsindices bij automobilisten zijn een vijftal verklaringen te geven.

Ten eerste zijn de variabelen die in het onderzoek gemeten worden wellicht niet relevant voor de visuele functies, zoals die tijdens het autorijden gebruikt worden. Voor deze mogelijkheid zijn twee oorzaken aan te wijzen. Enerzijds is er een aanzienlijke complexiteit en samenhang in de visuele informatie voor verkeersdeelnemers terwijl visuele tests juist erg eenvoudig zijn. Tijdens locomotie in een natuurlijke omgeving verandert de informatie continu door de gesuperponeerde bewegingen van voertuig, lichaam, hoofd en ogen en objectbewegingen in de visuele omgeving. Op perceptueel niveau zorgt deze complexiteit voor een overvloedige hoeveelheid afhankelijkheden. De teruggang in een visuele functie (bijv. gezichtsscherpte) zal dus niet zo gauw een effect hebben.

Anderzijds zijn de gangbare visuele tests mogelijk weinig relevant omdat het accent van de visuele achteruitgang bij ouderen op de "focale"¹ functies ligt. Net zoals bij andere wijzen van voortbewegen wordt bij het autorijden visuele informatie hoofdzakelijk gebruikt voor koers en snelheidsregulatie met betrekking tot de omgeving. Hiervoor is juist de ambiënte waarnemingsmodaliteit² van primair belang.

Het onderscheiden van afstanden, snelheden en richtingen, nodig voor koers- en snelheidsregulatie, vereist geen scherpe projecties op de fovea (Ball & Sekuler, 1986). Ook hoeft het categoriseren van stimuli zoals wegkenmerken, weggebruikers en objecten, niet tot op detailniveau te geschieden. Het is bijvoorbeeld voldoende om een fietser van zijn medeweggebruikers te kunnen onderscheiden. Het is niet nodig om te kunnen zien of een fietser een jas, dan wel een trui draagt. Het idee dat focale waarneming bij

¹Focale waarneming heeft betrekking op de onderscheiding en identificatie van objecten: het vereist hoge spatiële frequenties in het centrum van de retina, hoge luminantie en een scherpe projectie op het netvlies.

²Ambiënte waarneming heeft betrekking op stimulussignalering en ruimtelijke oriëntatie, het oplossend vermogen is laag en het systeem is minder beïnvloedbaar door luminantie en refractie.

verkeersdeelnemers van ondergeschikt belang is, wordt bijvoorbeeld gesteund door het tamelijk willekeurige fixatiegedrag van automobilisten onder een aantal condities. Daarnaast is het typerend dat automobilisten hun rijsnelheid nauwelijks verlagen onder visueel (focaal) gedegradeerde omstandigheden zoals duisternis en mist. De rol van het focale systeem lijkt met het onderscheiden en herkennen van stimuli met hoge spatiële frequenties, waarvan alleen verkeersborden werkelijk relevant zijn, voor verkeersdeelname grotendeels uitgespeeld.

Een tweede oorzaak voor de geringe samenhang tussen ongevalsbetrokkenheid en visuele tests is dat bestuurders voor hun visuele beperkingen kunnen compenseren door hun rijgedrag aan te passen (risico-compensatie). Gegevens hieromtrent kwamen in het vorige hoofdstuk al ter sprake toen bleek dat ouderen kritische situaties, zoals slecht weer, spitsuur en duisternis, vermijden en hun rijsnelheid verlagen. Dat ouderen hun rijsnelheid verlagen, terwijl automobilisten dit onder visueel gedegradeerde omstandigheden slechts minimaal doen, zou kunnen betekenen dat hun beperkingen meer inhouden dan alleen een verminderd vermogen tot het waarnemen van details. Mogelijk liggen beperkingen van ouderen op een hoger niveau van informatieverwerking.

Een derde mogelijke oorzaak voor de geringe correlaties is dat er door bestaande medische voorzorg en selectie normaliter een aanzienlijke discrepantie bestaat tussen visuele capaciteiten van een individu en de mate waarin deze tijdens het verkeersdeelname benut moeten worden. Mogelijk komt dit doordat de overvloedigheid van visuele informatie, onder normale contrast- en verlichtingscondities, dermate hoog is dat visuele beperkingen, in de mate waarin die bij ouderen grosso modo aanwezig zijn, geen storende invloed hebben ten aanzien van de eisen die verkeersdeelname stelt.

Een vierde verklaring voor het geringe effect van visueel functieverlies is de buitengewoon goede ergonomische

vormgeving van de verkeersomgeving in de meeste westerse landen. Dit punt behoeft geen verder betoog.

Een vijfde verklaring voor zowel de geringe samenhang tussen visuele variabelen en ongevalsfrequenties als voor de geringe voorspelbaarheid van ongevalskans op grond van enkelvoudige predictors in het algemeen is de volgende: ongevallen komen zo weinig voor dat ze slechts met een geringe validiteit te voorspellen zijn. Aan de hand van het aantal ongevalsfrequenties dat Burg (1971) bij 148.006 automobilisten registreerde, laat Riemersma (1987) zien dat de verwachte correlatie tussen visuele tests en het aantal ongevallen niet boven een waarde van .4 uit kan komen, ook al zouden deze tests gezamenlijk een perfecte predictor van ongevalskans zijn. Deze correlatie wordt echter nog aanzienlijk kleiner doordat ongevallen door visuele beperkingen slechts een kleine subgroep vormen van het totale aantal ongevallen. Stel dat visuele functies gerelateerd zijn aan 10% van het totaal aantal ongevallen, wat een plausibele waarde lijkt, dan wordt de verwachtingswaarde van de maximale correlatie tussen visuele functies en ongevalsfrequenties gereduceerd tot een waarde van ongeveer .04 (Riemersma, 1987). Deze waarde ligt in de buurt van de waarden die Burg (1971) vond. Deze auteur had zich dus op basis van een dergelijke analyse de moeite kunnen besparen een dergelijke grootschalig onderzoek op te zetten.

Op grond hiervan is het dus uiterst onwaarschijnlijk dat er ooit hoge correlaties gevonden zullen worden tussen een enkele visuele predictor en ongevalsfrequenties. Het zoeken naar enkelvoudige variabelen met een hoge predictieve waarde ten aanzien van ongevalsfrequenties lijkt dan ook niet vruchtbaar voor de ontwikkeling van criteria voor bijvoorbeeld rijgeschiktheid. Beter zou het zijn om op basis van een goede taakanalyse, randvoorwaarden op te stellen waaraan verkeersdeelnemers zullen moeten voldoen om onder normale omstandigheden zich nog adequaat te kunnen handhaven. Op deze manier formuleert Korteling (1987) randvoorwaarden voor reactiesnelheid om nog snel genoeg te kunnen reageren in twee kritische rijtaken: het naderen van

verkeerslichten en het dicht op elkaar rijden in een verkeersstroom. Een dergelijke analyse dient voor de automobilist, de fietser en de voetganger afzonderlijk te worden uitgevoerd omdat hier verschillende taakaspecten kritisch zijn.

Een andere mogelijkheid is om uitgaande van geregistreerde ongevallen uit te zoeken of visuele variabelen mogelijk hieraan ten grondslag hebben gelegen. Hebenstreit (1973) vond dat automobilisten die betrokken waren bij een ongeval waarbij visuele factoren mogelijk een rol hebben gespeeld, 6 maal zo vaak onvoldoende gezichtsscherpte hadden als de automobilisten van een controlegroep.

Hoewel in de literatuur nergens expliciet vermeld, lijkt het tot slot een uiterst voor de hand liggende hypothese dat visuele functies belangrijker worden naarmate het zicht minder gunstig, en dus kritischer wordt (mist, duisternis e.d.). Deze hypothese is echter nooit goed onderzocht.

Dat visuele variabelen voor ouderen kritischer kunnen worden bij duisternis wordt aangegeven door een onderzoek van Sivak et al. (1981). Hier werd gevonden dat ouderen onder nachtelijke omstandigheden verkeerstekens op aanzienlijk kortere afstanden identificeerden dan jongere proefpersonen met een gelijke daglicht-gezichtsscherpte. Volgens Brainin (1980) en Davison (1978) is de predictieve validiteit van visuele tests bij lage luminantieniveaus in het algemeen iets hoger dan onder daglichtcondities.

Het bovenstaande betekent dat het niet uitgesloten geacht hoeft te worden dat visuele variabelen, ten minste onder bepaalde omstandigheden, kritisch kunnen zijn voor het besturen van een auto (en mogelijk ook van een fiets).

4.3 Andere zintuigsystemen

In samenwerking met het visuele systeem spelen ook het vestibulaire, het haptische en het auditieve systeem een belangrijke rol bij de voortbeweging in het verkeer. Het

vestibulaire systeem zorgt voor het lichamelijk evenwicht en de lichamelijke oriëntatie ten opzichte van de zwaartekracht. Hierdoor is dit systeem belangrijk voor iedere vorm van voortbeweging. Praktisch alle dieren hebben dan ook in de loop van de evolutie een dergelijk systeem orgaan ontwikkeld. Het vestibulaire systeem bestaat uit twee hoofdonderdelen: de semicirculaire kanalen die dynamische veranderingen in de positie van het hoofd signaleren, en de sacculum-utriculum structuren die de statische positie ten opzichte van de gravitatie-richting signaleren.

Rosenhall (1973) en Rosenhall & Rubin (1975) vonden dat het aantal haarcellen in de semicirculaire kanalen tot op het 40e levensjaar stabiel blijft. Tussen het 50e en 70e levensjaar treedt er een matige reductie op; daarna wordt deze reductie sterk en kan zelfs oplopen tot 60%. Ook in het sacculum-utriculum orgaan vindt leeftijdsspecifieke degeneratie plaats van haarcellen en kristallen die deze haarcellen stimuleren (Ross et al., 1976). Rossberg (1964) bijvoorbeeld vond bij een groep proefpersonen die in leeftijd varieerden van 20 tot 80 jaar dat de nystagmusreactie na lichaamsrotatie met het ouder worden vermindert. Van der Laan en Oosterveld (1974) maten bij een groep van 395 proefpersonen van 1 tot 80 jaar de frequentie, de amplitude, en de snelheid van nystagmus die door lichaamsrotatie was opgewekt, met name de amplitude en de snelheid van de trage fase bleken een sterke negatieve samenhang met leeftijd te vertonen. De nystagmusfrequentie steeg tot het 60e levensjaar en nam daarna af. De snelheid van de snelle fase bleek tamelijk ongevoelig te zijn voor leeftijdsinvloeden. De nystagmusreactie bij koude- en of warmtestimulatie van het binnenoor (calorietest) vertoont een complexe leeftijdsafhankelijkheid. De sterkste nystagmusreacties worden hier doorgaans gevonden op middelbare en laat middelbare leeftijd (Oosterveld, 1983).

Duizeligheid is een van de meest gehoorde klachten van ouderen. Wanneer ouderen struikelen zijn ze minder snel dan jongere volwassenen in staat hun evenwicht te herstellen (Sheldon, 1960). In overeenstemming met deze gegevens

concluderen Black (1979) en Black et al. (1977) op basis van onderzoek met een "force platform", dat mensen bij het ouder worden in toenemende mate energie moeten spenderen om rechtop te kunnen blijven staan. Deze auteurs concluderen dat vestibulair functieverlies substantieel bijdraagt tot houdingsinstabiliteit bij ouderen.

Naast het vestibulaire systeem speelt ook het haptische, of somatosensorische, systeem een belangrijke rol bij de voortbeweging. Via receptoren in de huid, spieren, pezen en gewrichten weet het organisme welke stand en positie lichaamsdelen (ten opzichte van elkaar) innemen (proprioceptie), hoe deze delen zich bewegen (kinesthesie) en met wat voor oppervlakken contact wordt gemaakt (exteroceptie).

Uit het weinige onderzoek naar de relatie tussen haptische informatieverwerking en leeftijd, komen nog geen duidelijke resultaten naar voren. Howell (1949) vond geen leeftijds-effect bij het waarnemen van passieve beweging van de grote teen. Laidlaw & Hamilton (1937) vonden dat proprioceptie van met name knieën en heupen, in in mindere mate van tenen en enkels bij ouderen minder gevoelig was. Geen leeftijds-specifieke verandering werd aangetoond voor de proprioceptie van schouders en ellebogen. Ouderen blijken praktisch even accuraat als jongere volwassenen bij het vergelijken van gewichten. Wanneer dit onder tijdsdruk moet gebeuren heeft dit een negatieve invloed op de prestaties van de oudere ten opzichte van de jongere proefpersonen (Landahl & Birren, 1959).

Er bestaat nog geen gericht onderzoek naar het effect van vestibulair en haptisch functieverlies van oudere verkeersdeelnemers. In het algemeen kan met betrekking tot de voortbeweging (autonoom, of d.m.v. een voertuig) gedacht worden aan de volgende negatieve consequenties:

- Een verminderd vermogen inertiekrachten, veroorzaakt door rotationele of lineaire acceleratie en deceleratie, te detecteren.
- Een verminderd vermogen om (op basis van vestibulaire nystagmus) het retinabeeld stabiel te houden bij be-

wegingen van het hoofd, het lichaam en/of het voertuig ten opzichte van de omgeving.

- Een verminderde lichaamsoriëntatie ten opzichte van een stabiel ruimtelijke referentiekader, dat "verankerd" is in de zwaartekracht.
- Een verminderd besef voor de positie en bewegingen van het lichaam en van lichaamsdelen ten opzichte van elkaar.
- Een verminderde vaardigheid in het hanteren en manipuleren van voertuigattributen, voorzover dit niet visueel gestuurd wordt.

Op basis van deze mogelijke consequenties mag verwacht worden dat het functioneren van de evenwichtszin en de lichaamsoriëntatie met name bij het lopen en fietsen essentieel zijn. Daarom is het goed mogelijk dat het hoge ongevalsrisico van oudere voetgangers en (brom)fietsers (zie Fig. 2b) voor een belangrijk deel verklaard wordt door vestibulair en/of haptisch functieverlies. Met name fietsen wordt een hachelijke bezigheid wanneer men niet goed meer in staat is het evenwicht te bewaren. Overgaan op een fiets met steunwielen kan dan een goede oplossing zijn. Gericht onderzoek naar de invloed van vestibulair en haptisch functieverlies op de vaardigheden van fietsers, voetgangers en automobilisten is nog niet van de grond gekomen.

Ook auditief functieverlies, vooral op de hogere frequenties, is een veel voorkomend verschijnsel op latere leeftijd. Dit is het gevolg van epitheel atrofie aan de basis van het orgaan van Corti (het eindorgaan van de gehoorzenuw). Volgens Decker (1974) lijdt 70% van de 50-plussers aan één of andere vorm van gehoorverlies.

Vooraf bij achtergrondgeluid hebben ouderen moeite auditieve informatie te onderscheiden (Botwinick, 1974). Dit betekent dat de nadelige invloed van auditief functieverlies in een drukke, lawaaiige verkeersomgeving het sterkst is. Hierdoor worden waarschuwingssignalen, zoals claxons en bellen mogelijk gemist, maar wordt ook de oriëntatie ten opzichte van allerlei (geluidproducerende)

objecten rondom moeilijker. Betekenisvolle signalen gaan bij veel ouderen waarschijnlijk al snel ten onder in een golf van omgevingsgeluid.

Er is nog geen gericht onderzoek uitgevoerd naar de invloed van doofheid op het verkeersgedrag.

4.4 Conclusies en opmerkingen

Bij het ouder worden zijn diverse visuele functies aan achteruitgang onderhevig. Bekend is echter dat de correlaties tussen visuele variabelen en ongevalsindices minimaal zijn. Hiervoor zijn vijf mogelijke oorzaken aan te geven.

- De visuele variabelen die bij het ouder worden achteruitgaan hebben primair betrekking op de focale waarnemingsmodaliteit. Deze modaliteit is mogelijk minder relevant in het verkeer dan doorgaans verondersteld wordt.
- Ouderen compenseren voor hun verminderde visuele capaciteiten.
- Dankzij bestaande medische voorzorg en selectie is visueel functieverlies normaliter niet ernstig genoeg.
- De ergonomische vormgeving van de verkeersomgeving maakt visuele beperkingen minder kritisch.
- Variabelen kunnen geen substantiële voorspellende waarde hebben ten aanzien van criteria die individueel zeer weinig voorkomen.

Op grond van de vijfde oorzaak mag niet geconcludeerd worden dat visueel functieverlies geen nadelige invloed heeft op de rijvaardigheid. Het betekent slechts dat het veel gebruikte globale ongevalscriterium te veel aan toevalsfluctuaties onderhevig is. Een oplossing hiervoor is gebruik te maken van homogene steekproeven met een intensieve verkeersdeelname (taxichauffeurs).

Voor de hand ligt voorts de veronderstelling dat visuele capaciteiten kritischer worden naarmate de optische condities ongunstiger zijn.

Met betrekking tot andere relevante zintuigfuncties bleek vestibulair, haptisch en auditief functieverlies bij ouderen op te treden. Hoewel er goede redenen zijn om aan te nemen dat ouderen hierdoor meer risico lopen, is er nog geen specifiek onderzoek verricht naar de invloed van dit functieverlies op het verkeersgedrag. Vestibulair en haptisch functieverlies zal vooral bij voetgangers en (brom)fietsers een aantal serieuze beperkingen opleveren. Bij automobilisten zullen de effecten wellicht minder opvallend zijn, omdat hier de lichaamsbeheersing minder belangrijk is. Bij voertuigbesturing zal de taak in het algemeen meer visueel en op basis van foutcorrecties gereguleerd worden. Voor fietsers kan de fiets met steunwielen in dit verband uitkomst bieden.

Doofheid bij ouderen zal vooral in een drukke verkeersomgeving leiden tot het niet opmerken van allerlei (waarschuwings)signalen en een minder gemakkelijke oriëntatie ten opzichte van een aantal omgevingsobjecten.

5 SNELHEID VAN INFORMATIEVERWERKING

5.1 Inleiding

Bij zintuiglijke beperkingen werd, na een korte bespreking van de achteruitgangverschijnselen hoofdzakelijk ingegaan op de vraag in hoeverre deze invloed kunnen hebben op vaardigheden van verkeersdeelnemers. Bij de in de komende hoofdstukken te bespreken veranderingen in de centrale informatieverwerking zal meer nadruk gelegd worden op de vraag in hoeverre deze veranderingen überhaupt bij ouderen zijn aangetoond. De vraag naar de relevantie voor verkeersdeelname komt, vanwege de geringe hoeveelheid kennis hieromtrent, op de tweede plaats.

In de volgende twee hoofdstukken worden aan leeftijd gerelateerde functieveranderingen besproken vanuit een "informatieverwerkingsmodel" zoals dat, impliciet of expliciet, door de meeste onderzoekers gehanteerd wordt. In

dit model wordt het subject (de verkeersdeelnemer) opgevat als een doelgericht en adaptief informatieverwerkend systeem. Informatieverwerkende systemen zijn opgebouwd uit componenten die tezamen een beperkte capaciteit hebben: De hoeveelheid per tijdseenheid beschikbare informatie overtreft meestal de hoeveelheid informatie die in die tijd verwerkt kan worden (Broadbent, 1958). Deze capaciteit is een functie van kwantitatieve factoren enerzijds, en van kwalitatieve factoren anderzijds. Kwantitatieve factoren hebben betrekking de hoeveelheid informatie die per tijdseenheid door de componenten verwerkt kan worden, de snelheid dus. Kwalitatieve factoren hebben betrekking op de structurele en functionele gedifferentieerdheid van de componenten, d.w.z. specifieke functies van het systeem en strategieën die door het systeem gehanteerd worden. Het grootste probleem van de informatieverwerking benadering is dat er geen bevredigende eenheid van informatie is. Dit betekent dat prestaties op verschillende taken op zijn best op ordinaal niveau vergeleken kunnen worden. Dit probleem zal in de volgende hoofdstukken steeds weer, impliciet of expliciet, opduiken.

5.2 Fysiologisch onderzoek

In het algemeen is het moeilijk te achterhalen in hoeverre de capaciteit van proefpersonen bepaald wordt door snelheid enerzijds en door (kwalitatief gedifferentieerde) strategieën van informatieverwerking anderzijds en in hoeverre beide factoren onafhankelijk van elkaar zijn. Goede strategieën kenmerken zich doordat de cognitief-perceptuele verwerkingsmechanismen afgestemd zijn op stimuluskenmerken met een hoge informatiewaarde. Alleen door middel van experimenten waarbij deze kenmerken systematisch geïsoleerd en gemanipuleerd worden, kan worden uitgemaakt hoe snelheid en strategieën de uiteindelijke verwerkingscapaciteit bepalen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de snelheid van informatieverwerking; in het volgende hoofdstuk komen de kwalitatieve aspecten van informatieverwerking aan de orde.

Vergeleken met neuronale systemen worden computers gekenmerkt door een hoge snelheid en een eenvoudige interne organisatie; organismen hebben daarentegen een gedifferentieerde en complexe organisatie bestaande uit een grote variëteit aan componenten en koppelingen. In sommige takken van de psychologie zoals de neuro-informatica en de fysiologische psychologie wordt over deze componenten gedacht in termen van neuronale netwerken, hersenprogramma's (Young, 1978) of "smart mechanisms" (Runeson, 1977). In de meer cognitieve benaderingen wordt gedacht in termen van schemata (Neisser, 1967), interne representaties, modellen of functies. Deze concepten refereren op verschillende reductieniveaus naar de interne organisatie. Op neuronaal niveau komt deze organisatie tot uiting in neuronale koppelingen en interactiepatronen; op psychologisch niveau komt dit tot uitdrukking in de effectiviteit (snelheid en strategieën) waarmee mensen taken uitvoeren.

Op grond van de resultaten van neurofysiologisch en histologisch onderzoek lijkt het gerechtvaardigd aan te nemen dat de verwerkingssnelheid van informatie door het zenuwstelsel met het ouder worden af zal nemen. Bij een aantal fysiologische studies blijkt dat bij oudere organismen de snelheid van neuronale conductie, synaptische overdracht en EEG parameters (P3, alfa ritme) afneemt (o.a. LaFrutta & Canestrari, 1966; Surwillo, 1968; Marsh & Thompson, 1972). Woodruff (1982) concludeert op grond van een overzicht van psychofysiologische studies dat met name P3-onderzoek wijst op een vertraagde centrale verwerkingssnelheid bij ouderen. P3 is een piek in het EEG die ongeveer 300 ms na presentatie van een voor het subject betekenisvolle stimulus optreedt. Met het ouder worden treedt deze piek steeds later in het EEG op, zonder dat zijn vorm of amplitude wezenlijk verandert.

Naast veranderingen in de snelheid van neuronale activiteit is er ook evidentie voor een met leeftijd geassocieerde afbraak van de neuronale organisatie zelf. Schneibel en Schneibel (1975, 1977) melden dat er bij het ouder worden een aanzienlijke degeneratie van dendrieten optreedt.

Dendrieten zijn de belangrijkste receptieve gebieden van neuronen, waar de gewogen som van inkomende inhiberende en exciterende pulsen wordt opgebouwd. De uitkomst hiervan resulteert in een membraanspanning, die bepalend is voor het al of niet "vuren" van een neuron, dat via synapsen verbonden is met vele (duizenden) andere neuronen. Verondersteld mag worden dat atrofie van dendrieten leidt tot een afbrokkeling van de complexe neuronale organisatie-structuur.

Runeson (1977) is de eerste auteur die vrij duidelijke ideeën heeft m.b.t. de wijze waarop het centrale zenuwstelsel juist op basis van haar efficiënte organisatie-structuur in neuronale netwerken in staat is specifieke en complexe stimulusinformatie snel te verwerken. De mechanismen die hiervoor verantwoordelijk zijn noemt hij "smart mechanisms". Deze mechanismen verwerken variabelen met een hoge informatiewaarde zonder gebruik te maken van elementaire (tijdrovende) berekeningen. Wehner (1981) geeft in een literatuuroverzicht een aantal biologische voorbeelden van smart mechanisms die alle op het gebied van de visueel ruimtelijke waarneming liggen. Het lijkt te verdedigen dat door degeneratie van bijvoorbeeld corticale dendrieten, zoals dat bij oudere organismen gebeurt, de organisatie-structuur van smart mechanisms afgebroken wordt, waardoor een snelle verwerking van specifieke informatie niet meer mogelijk is.

Dit komt overeen met het gedrag van computer gesimuleerde neuronale netwerken die bij z.g. optimaliseringsproblemen een verrassend hoge snelheid en een suboptimale nauwkeurigheid vertonen (Hopfield & Tank, 1986). Bij verlaging van het aantal connecties, te vergelijken met neuronale degeneratie, neemt de snelheid van deze netwerken af. De accuratesse blijft echter op vergelijkbaar niveau, precies zoals bij ouderen wordt waargenomen (zie verder). De analogie tussen leeftijdspecifieke veranderingen in de informatieverwerking en neuronale netwerken, of smart mechanisms, lijkt in het ouderdomsonderzoek nog niet gesignaleerd en verdient dus aandacht.

Neuronale netwerken en smart mechanisms zijn concepten die een belangrijke rol kunnen spelen bij het overbruggen van de kloof tussen de psychologie en de neurobiologie. Binnen de cognitieve psychologie lijkt er echter weinig interesse tot een dergelijke integratie te bespeuren. Mede hierdoor blijft de theorievorming vaak steken in concepten ontleend aan de computerkunde die op hun beurt weer richting geven aan experimentele paradigma's waarvan de relevantie soms ver te zoeken is.

In het algemeen is neuronale atrofie het sterkst aanwezig in de prefrontale en superieure temporale cortex en de hippocampus. Temporele gebieden en de hippocampus spelen een belangrijke rol bij geheugenfuncties, wat weerspiegeld wordt door inprentingsproblemen die zich bij de meeste volwassenen op hogere leeftijd manifesteren (hoofdstuk 6). Albert en Kaplan (1980) ontwikkelden een neuropsychologisch model van veroudering. Volgens hen wijzen twee soorten leeftijdspecifiek functieverlies op het vlak van arousal/aandacht en visuo-spatiële vaardigheden op neuropathologische veranderingen in het frontaal systeem bij ouderen. De functies die geassocieerd zijn met de prefrontale hersengebieden lijken van belang bij verkeersdeelname. Op basis van hetgeen uit de neuropsychologie bekend is omschrijven Kolb & Wishaw (1980) prefrontale functies als volgt: "The prefrontal cortex controls the overall motor programs and adds flexibility to motor output by modifying behaviour with respect to specific internal and external factors. Because of this flexibility, ongoing behaviour requires continuous monitoring, as do its consequences, such that behaviours are appropriate to particular circumstances." Lesies in de prefrontale cortex zijn geassocieerd met o.a. een slechte seriële ordening en regulatie van complexe gedragssequenties (Walsh, 1978). Verder is in het kader van deze studie van belang dat prefrontale lesies geassocieerd zijn met ineffectief visueel zoek- en scangedrag en problemen bij de egocentrische oriëntatie ten opzichte van objecten in de ruimte (Kolb & Wishaw, 1980). Omdat juist bij verkeersdeelname deze functies gecombineerd gebruikt moeten worden, kan verwacht worden dat prefrontaal functieverlies tot verminderde vaardigheden in het verkeer kunnen leiden.

5.3 Psychologisch onderzoek

Ook experimenteel psychologisch onderzoek geeft aan dat ouderen een lagere verwerkingssnelheid hebben. Ouderen zijn trager dan jongere proefpersonen op een groot aantal taken, zoals perceptief motorische taken (Welford, 1977, 1985); visuele zoektaken (Madden, 1982, 1983); ruimtelijke intelligentietaken (Kirasic & Allen, 1985); geheugentaken (Salthouse & Kausler, 1985). Verschillen tussen ouderen en jongeren worden versterkt door tijdsdruk. Als proefpersonen extra tijd krijgen om een test uit te voeren, profiteren de ouderen het meest van deze extra tijd (Klodin, 1975).

Onzekerheid bestaat nog of vertraging al of niet volledig beperkt is tot de hogere, centrale niveaus van informatieverwerking. Een aantal experimenten geven aan dat ouderen meer vertragen ten opzichte van jongeren naarmate er een minder directe koppeling is tussen stimuli en responsen (Griew, 1959, 1964; Morikiyo et al., 1967; Gaylord & Marsh, 1975; Cerella et al., 1981; Jacewicz & Hartley, 1987). Hale et al. (1987) laten zien dat de reactietijden van ouderen bij toenemende taakcomplexiteit met een factor 1.1 (50-60 jaar) tot 1.3 (65-75 jaar) ten opzichte van de reactietijden van jongeren toenemen. Dit wordt veelal geïnterpreteerd als indicatief voor een vertraging op hogere niveaus van informatieverwerking omdat complexe taken het keuzeprocess beïnvloeden. Evengoed kan het echter beschouwd worden als gevolg van het feit dat er bij de complexere taken meer activiteit in het zenuwstelsel moet plaatsvinden dan bij eenvoudige taken. Het is logisch dat die extra activiteit hoofdzakelijk in het centrale deel van het zenuwstelsel plaatsvindt, hetgeen niet betekent dat de vertraging uitsluitend hier plaatsvindt.

Er bestaat veel evidentie voor een algemene neuronale vertraging in het gehele zenuwstelsel (de "Birren hypothese"). Walsh (1982) concludeert bijv. op basis van een aantal experimenten gebaseerd op "backward masking" dat de visuele informatieverwerking op alle verwerkingsniveaus vertraagd is. Salthouse & Somberg (1982) kwamen tot een gelijksoortige conclusie maar deze was gebaseerd op on-

juiste toepassing van de additieve factoren methode van Sternberg. Ook Crossman & Szafran (1956) en Botwinick, Robbin & Brinley (1960) concluderen dat de traagheid van ouderen bij sorteertaken terug te voeren is op een algemene vertraging van de informatieverwerking. Szafran (1966) komt op basis van een reactietaak tot een overeenkomstige conclusie. Met betrekking tot het idee dat aan leeftijd gerelateerde snelheidsverschillen uitsluitend aan sensorische en motorische processen toegeschreven kunnen worden, concludeert Salthouse (1985a) op grond van een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek dat deze "perifere interpretatie" ondubbelzinnig verworpen kan worden.

De schatting van de mate waarin leeftijd op verschillende verwerkingsstadia van invloed is, is ook afhankelijk van de sterkte van de manipulatie hiervan (Salthouse & Somberg, 1982a). Vaak is het niet mogelijk manipulatie-effecten kwantitatief te vergelijken omdat er geen gezamenlijke vergelijkingseenheid bestaat. Dit maakt het moeilijk kwantitatieve uitspraken te doen over het effect van leeftijd op verschillende processen of stadia van informatieverwerking. Op grond van het geheel van de experimentele literatuur lijkt de voorzichtige conclusie dat verwerkingsprocessen op alle neuronale niveaus trager verlopen, vooralsnog het meest op zijn plaats. Daarbij lijkt het voor de hand liggend dat vertraging op centraal niveau meestal de sterkste invloed zal hebben omdat complexe (centraal te verwerken) reacties meer neuronale capaciteit vereisen dan eenvoudige (reflex) reacties.

5.4 Motoriek

In hoeverre liggen motorisch/fysieke factoren nu ten grondslag aan de traagheid van ouderen? Van het 20e tot het 60e levensjaar neemt de maximale kracht die door de verschillende spiergroepen gegeven kan worden met 15-40% af. Ook de snelheid van zeer extensieve bewegingen neemt met het ouder worden af (Stones & Kozman, 1985). Beide verschijnselen worden voornamelijk veroorzaakt door degene-

ratie van spiervezels en hun directe neuronale efferente en afferente verbindingen. Desondanks lijkt de rol van spierkracht en bewegingssnelheid niet van doorslaggevend belang. Dit wordt geïllustreerd doordat bij complexe handelingen die zo snel mogelijk moeten worden uitgevoerd vooral de tijd tussen de opeenvolgende bewegingen met het ouder worden toeneemt. De bewegingen zelf worden praktisch even snel uitgevoerd (Welford, 1977). Bovendien nemen leeftijds-effecten af als bewegingen, geprepareerd kunnen worden, bijvoorbeeld door een waarschuwingssignaal. Bij niet extreem krachtige en/of extensieve bewegingen lijkt de traagheid van ouderen dus primair door neuronale en mogelijk sensorische factoren te worden veroorzaakt. Welford (1977) gaat nog verder met de conclusie dat traagheid bij gezonde ouderen een algemeen en structureel verouderingsverschijnsel is dat relatief onafhankelijk is van de fysieke conditie.

5.5 De verwerkingssnelheid-hypothese

Volgens Birren (1964, 1968, 1970, 1974; Birren et al., 1980) en Salthouse (1982, 1985) is normale veroudering geassocieerd met een algemene vertraging in de snelheid waarmee het zenuwstelsel informatie verwerkt ("processing rate hypothesis"). Deze hypothese wordt gesteund door fysiologische data waarvan in de inleiding van dit hoofdstuk enige referenties genoemd werden.

Omdat iedere operatie, neuronaal of mentaal, een temporele dimensie heeft, leidt vertraging van neuronale conductie en synaptische overdracht tot een algemene vertraging in de snelheid waarmee informatie verwerkt kan worden. De verwerkingssnelheidshypothese, zoals door Salthouse geformuleerd, stelt dat een vertraagde informatieverwerking ook zal leiden tot kwalitatieve verschillen in het gedrag. Volgens Salthouse (1985) komt dit door het grote aantal afhankelijkheden binnen het systeem. Als bijvoorbeeld de snelheid van operaties afneemt dan zullen een groot aantal strategieën niet langer effectief zijn en er zal teruggevallen moeten worden op minder effectieve

strategieën. Of, als de uitvoering van een taak alleen al bijna alle beschikbare verwerkingscapaciteit opslokt vanwege de traagheid van mentale operaties, dan zullen er weinig mogelijkheden overblijven voor het ontwikkelen en verfijnen van betere strategieën. Dergelijke redematies laten overigens weinig ruimte voor falsificatie over.

In een groot aantal publikaties wordt gesuggereerd dat strategieverschillen de primaire oorzaak van leeftijd-specifieke verschillen zijn (dus niet als reactie op neuronale vertraging). Het is moeilijk een plausibele oorzaak te bedenken voor het hanteren van steeds minder effectieve strategieën door ouderen. Van hen mag immers, op grond van hun rijke ervaring, juist het tegenovergestelde verwacht worden. In het volgende hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de gedachte dat ouderen minder effectieve verwerkingsstrategieën zouden hanteren.

Volgens Salthouse (1985) zou het wenselijk zijn over een praktische maat te beschikken die de informatieverwerkings-snelheid in het zenuwstelsel accuraat weergeeft. Een betrouwbare, tamelijk complexe taak met een bekende inhoud die sterk samenhangt met leeftijd, zou hierbij de voorkeur verdienen. De subtest Substitutie van de Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS) zou op basis van deze criteria hiervoor in aanmerking kunnen komen. De prestatie-afname op deze test is na het 30e levensjaar ongeveer 10% per decennium en correlaties met leeftijd variëren van .40 tot .60. Het 75e percentiel van 60-plussers ligt op het niveau van het 5e percentiel van 20-jarigen. Volgens Salthouse (1985) verdient het daarom aanbeveling deze test als supplementaire taak af te nemen naast de taken die van primair belang zijn.

Een predictie van de processing rate hypothese is dat het effect van verwerkingssnelheid sterker naar voren zal komen naarmate de taak complexer is. Inderdaad is gebleken dat het effect van leeftijd toeneemt als het aantal items op een display stijgt (bijv. Cerella, Poon & Fozard, 1982) en wanneer visuele zoekprocessen noodzakelijk zijn (bijv. Salthouse, 1976; Salthouse & Somberg, 1982). In principe

betekent dit dat ieder interactie-effect tussen groepen en manipulaties van taakmoeilijkheid, teruggevoerd kunnen worden op een verschillende verwerkingssnelheid van groepen. Met andere woorden: hoe complexer de taak, hoe meer informatieverwerking nodig is en hoe groter de absolute achterstand van ouderen op jongeren wordt, ten gevolge van hun tragere verwerkingssnelheid. Dit wordt soms wel eens de "complexiteitshypothese" genoemd.

De meest toegepaste procedure om de verwerkingssnelheid-hypothese te toetsen is het manipuleren van de beschikbare verwerkingstijd. Veel onderzoek is gedaan naar het effect van aanbiedingsduur en maskering. Hoewel sensorische processen hierbij een belangrijke rol spelen wordt de processing rate hypothese in het algemeen door dit onderzoek gesteund (bijv. Rajalakshoni & Jeeves, 1963; Coyne, 1981; Kline & Birren, 1975; Walsh, 1976; Kline & Szafran, 1975).

5.6 De signaal-ruis hypothese

De meest bediscussieerde hypothese ter verklaring van de aan leeftijd gerelateerde traagheid is het idee dat met het stijgen van de leeftijd een afname optreedt van de functionele signaal-ruis verhouding. Op dit thema bestaan een aantal variaties afkomstig van onderzoekers zoals: Crossman & Szafran (1956); Gregory (1957); Szafran (1965); Layton, (1975); Rabbitt (1980); Welford (1958, 1981). Centraal staat echter de veronderstelling dat de effectieve signaal-ruis verhouding in het zenuwstelsel bij het ouder worden afneemt ten gevolge van een verminderde signaalsterkte en/of een toegenomen achtergrondactiviteit (Salthouse, 1985). Hierdoor worden sensorische signalen naar de hersenen en tussen de hersengebieden onderling verstoord. Neuronale ruis zou worden geproduceerd door random achtergrondactiviteit en/of onregelmatigheden in de activiteit van cellen die het signaal dragen. Celsterfte, metabolische veranderingen en/of veranderingen in de bloedtoevoer kunnen als belangrijkste oorzaken hiervoor worden aangemerkt.

Het verband tussen signaal-ruis verhouding en verwerkings-snelheid is gebaseerd op het bekende statistische principe dat het gemak waarmee twee verdelingen onderscheiden kunnen worden, direct samenhangt met het aantal relevante observaties. Naarmate de interne signaal-ruis verhouding van een systeem afneemt, zullen de verdeling van de achtergrondruis en het signaal meer overlappen. Hierdoor zullen er meer informatie samples, die ieder een zekere tijd duren, geïntegreerd moeten worden om de verdelingen met enige zekerheid van elkaar te kunnen onderscheiden. Iedere reactie van het systeem is afhankelijk van een zeker betrouwbaarheids criterium en zal derhalve langer duren naarmate de signaal-ruis verhouding lager is.

In termen van de Signaal detectie theorie is dit equivalent met een afname van d' . Het begrip d' representeert het genormaliseerde verschil tussen de gemiddelden van 2 verdelingen en wordt daarom gebruikt als maat voor de signaal-ruis verhouding. Dit neemt af als de standaarddeviatie toeneemt, bijvoorbeeld door ruis. Het criterium voor het geven van een positieve reactie (β) blijft gelijk of stijgt in sommige experimenten zelfs met leeftijd (Craik, 1969; Rees & Botwinick, 1971). Een hoge β betekent dat een proefpersoon zeker van zijn zaak wil zijn voordat hij een respons geeft. Zijn reactiesnelheid zal hierdoor meestal afnemen. Welford (1977, 1981) beschouwt de stijging van β als een strategie om voor de lagere d' te compenseren. Als gevolg van een lagere neuronale signaal-ruis verhouding zouden ouderen een neiging vertonen strategieën te hanteren om de prestatie te optimaliseren. Een optimaal evenwicht tussen snelheid en accuratesse is echter afhankelijk van de waarde die aan deze twee elementen gehecht wordt. Het is daarom niet helemaal duidelijk waarom een lagere d' bij ouderen maar zelden tot een lagere accuratesse leidt. Bovendien is dit strijdig met de signaal detectietheorie omdat d' en β hier als onafhankelijk beschouwd worden. Een verklaring gebaseerd op de structuur van neuronale netwerken, zoals in de inleiding van dit hoofdstuk naar voren gebracht, lijkt plausibeler omdat deze de meest opvallende neuronale verandering (afname van het

aantal verbindingen) koppelt aan het specifieke snelheid-accuratesse gedrag van ouderen.

Hoewel het signaal-ruis idee in brede zin toepasbaar is en de argumenten ervoor plausibel zijn, is het moeilijk deze hypothese aan expliciete toetsing te onderwerpen. Voorzover dit gedaan is zijn de resultaten niet eenduidig (Salthouse, 1980; Salthouse & Lichty, 1985). In het eerste experiment, gebaseerd op tachistoscopische terugwaartse maskering, bleek dat het interval tussen de stimulus en de maskering (dat is de verwerkingstijd) equivalente leeftijdseffecten opleverde als manipulaties van de stimulus onderscheidbaarheid (signaal-ruis verhouding). Dit zou verwacht worden als leeftijdsverschillen in verwerkingstijd veroorzaakt worden door de noodzaak meer informatiesamples te integreren teneinde voor een lagere signaal-ruis verhouding te compenseren.

Uit de tweede studie bleek echter dat jongere en oudere volwassenen niet significant verschilden voor wat betreft hun tolerantie voor het toevoegen van ruis op het stimulus display (achtergrond) of het vervormen van het stimuluspatroon (target). Uitgaande van de veronderstelling dat het verlagen van de signaal-ruis verhouding op het stimulus display eerder effect zou hebben bij een lage interne signaal-ruis verhouding, zou verwacht mogen worden dat ouderen een geringere tolerantie voor signaal-ruis verlagings zullen hebben dan jongere volwassenen. Volgens Salthouse (1985) lijkt de meest redelijke conclusie met betrekking tot de aan leeftijd gerelateerde vertraging derhalve dat het onderliggende mechanisme nog niet geïdentificeerd is (maar dat de meeste gegevens suggereren dat de verklaring eerder fysiologisch niveau dan psychologisch te achterhalen zal zijn).

Tot slot dient opgemerkt te worden dat de signaal-ruis hypothese en de verwerkingssnelheid-hypothese niet strijdig zijn zodat het moeilijk is een goed paradigma te ontwikkelen waarin deze hypothesen tegenover elkaar getoetst kunnen worden.

5.7 Conclusies en opmerkingen

Ouder worden gaat gepaard met degeneratieve veranderingen in het zenuwstelsel. Wellicht zal vooral (pre)frontaal functieverlies, dat bij ouderen frequent wordt aangetoond, tot afnemende vaardigheden in het verkeer leiden.

Eén van de waarschijnlijke gevolgen van neuronale degeneratie is dat ouderen trager zijn dan jongeren bij een groot aantal taken. De accuratesse van taakuitvoering neemt daarbij niet of nauwelijks af. De effecten van leeftijd nemen toe onder tijdsdruk, en toenemende taakcomplexiteit. Met betrekking tot de invloed leeftijd op verschillende verwerkingsstadia, zijn alleen interpretaties die vertraging uitsluitend aan tragere sensorische of motorische processen toeschrijven ondubbelzinnig verworpen. Geconcludeerd werd dat traagheid een structureel verouderingsverschijnsel is waarvan de oorzaken, voorzover het niet gaat om extreem krachtige of extensieve bewegingen, op neuronaal niveau liggen. Deze vertraging bestaat op alle niveaus van informatieverwerking, maar zal bij complexe reacties het duidelijkst naar voren komen, omdat deze meer neuronale capaciteit vergen dan eenvoudige (reflex) reacties.

De verwerkingssnelheid en de signaal-ruis hypothese, de bekendste hypothesen met betrekking tot onderliggende oorzaken van leeftijdspecifieke vertraging werden besproken. Voor beide hypothesen bestaat empirische evidentie, zowel psychologisch als fysiologisch; ze kunnen het beste als aanvullend op elkaar worden aangemerkt.

Geen van beide hypothesen maakt echt duidelijk hoe neuronale degeneratie (afname van het aantal koppelingen) leidt tot de specifieke combinatie van traagheid en handhaving van accuratesse bij ouderen. Een verklaring analoog aan de werking van neuronale netwerken doet dat wel en lijkt daarom plausibeler.

In verband met het hier besproken onderzoek lijkt het niet onaannemelijk dat problemen van ouderen in het verkeer geassocieerd zijn met een tragere informatieverwerking en niet met een lagere accuratesse. Deze traagheid kan leiden

tot overbelasting onder omstandigheden met een snelle opeenvolging van stimuli (zie Planek & Fowler, 1971). Door hun rijsnelheid te verlagen zouden ouderen het tempo van de input kunnen vertragen, waardoor de tijd om juiste beslissingen te nemen wordt verruimd. Afgezien van de consequenties hiervan voor de afwikkeling van het verkeer in zijn geheel, lijkt dit een adequate strategie. Beter zou het echter nog zijn als de verkeersomgeving zodanig was ingericht dat ouderen zich aan de bestaande snelheden kunnen aanpassen, zonder dat er overbelasting ontstaat. Dit kan gebeuren door de hoeveelheid te verwerken informatie te beperken, bijvoorbeeld door het aantal borden te verminderen en situaties meer voor zichzelf te laten spreken. Met andere woorden: voor ouderen hebben infra-structurele oplossingen van verkeerssituaties in principe de voorkeur boven oplossingen met borden. Hierbij dient gestreefd te worden naar overeenkomstige oplossingen voor vergelijkbare situaties.

De snelheid van elementaire operaties is bepalend voor de snelheid waarmee systemen informatie kunnen verwerken. Daarnaast zal op het meest elementaire niveau de snelheid van neuronale communicatie en overdracht bepalend zijn voor het aantal neuronale connecties dat geactiveerd zal worden. Dit kan bepalend zijn voor de effectiviteit van verschillende handelwijzen. Voor ouderen betekent dit dat niet alleen de snelheid, maar ook kwalitatieve aspecten van hun gedrag kunnen veranderen. In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op de kwalitatieve leeftijdspecifieke veranderingen in de informatieverwerking.

6 KWALITATIEVE ASPECTEN VAN INFORMATIEVERWERKING

6.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk werd al beargumenteerd dat functieveranderingen ten gevolge van toenemende leeftijd op psychologisch niveau, behalve tot traagheid, ook zouden

kunnen leiden tot een kwalitatief verschillende wijze van informatieverwerking. Bovendien is het denkbaar dat veroudering bij verschillende taken in verschillende mate naar voren komt. In het volgende worden onderzoeksresultaten besproken die betrekking hebben op deze kwalitatief gedifferentieerde veranderingen in de informatieverwerking bij het ouder worden.

6.2 Visuo-spatiële functies

Onderzoek naar de manier waarop ouderen informatie verwerken kenmerkt zich door een groot aantal empirische technieken zoals: conceptformatie, visueel zoeken, probleemoplossen, strategiegebruik, geheugentaken enz. In het algemeen blijken ouderen meer moeite te hebben met dergelijke taken dan jongere proefpersonen. Een van de meest consistente onderzoeksresultaten is een relatief sterke leeftijdsgebonden prestatie-afname bij visuo-spatiële tests, terwijl de afname bij zuiver verbale tests gering is. Visuo-spatiële tests doen een beroep op ruimtelijke inzicht en visueel integratieve en/of psychomotorische vermogens. Kirasic & Allen (1985) concluderen op basis van de literatuur dat leeftijdsspecifieke problemen het duidelijkst naar voren komen bij "ruimtelijke taken met abstracte componenten in onbekende contexten".

Wanneer de informatieverwerking van ouderen alleen kwantitatief van jongeren zou verschillen, zou verwacht mogen worden dat controle van de factor snelheid de leeftijds-specifieke verschillen grotendeels zou moeten opheffen. Dit blijkt niet het geval te zijn. Uit een correlatie-onderzoek naar de wijze waarop leeftijd, prestaties op een snelheidstaak (WAIS-substitutie), en prestaties op een visuo-spatiële taken met elkaar samenhangen (Salhouse, 1985) bleek het volgende:

1. Wanneer de factor snelheid constant gehouden wordt dalen de correlaties tussen leeftijd en visuo-spatiële prestaties nauwelijks.

2. Wanneer de factor leeftijd constant gehouden wordt, dan verdwijnen de correlaties tussen snelheid en visuo-spatiële prestatie vrijwel geheel. Deze bevindingen stemmen overeen met de veronderstelling dat de snelheid van informatieverwerking en visuo-spatiële capaciteiten onafhankelijke correlaten van leeftijd zijn zonder dat ze een causale relatie ten opzichte van elkaar hebben. Dit lijkt (dus) strijdig met het idee dat alle leeftijdsspecifieke functieveranderingen teruggevoerd kunnen worden op een lagere snelheid van informatieverwerking.

Met betrekking tot verkeersdeelname mag verwacht worden dat problemen van ouderen, vooral in het drukke stadsverkeer, het gevolg kunnen zijn van de ruimtelijke complexiteit van veel verkeerssituaties. Ten aanzien van problemen die voortvloeien uit een te lage verwerkingssnelheid werd in het vorige hoofdstuk opgemerkt dat verlaging van de eigen snelheid van voortbewegen een adequate strategie zou kunnen zijn om voor dergelijke problemen te compenseren. Uit het feit dat de prestaties van ouderen op visuo-spatiële tests niet verklaard worden door een vertraagde informatieverwerking, lijkt het niet aannemelijk dat met snelheidsverlaging visuo-spatieel functieverlies volledig gecompenseerd kan worden.

6.3 Perceptieve strategieën

Uit onderzoek naar het waarnemen en interpreteren van ambigue figuren blijkt dat ouderen minder goed dan jongere volwassenen in staat zijn om van interpretatie te veranderen (Botwinick, 1965; Heath & Orbach, 1963). Dit kan beschouwd worden als een vorm van "rigiditeit", of functionele gefixeerdheid: het aannemen van een organisatieschema remt iedere volgende interpretatie van de gegeven stimulus-configuratie (Rabbitt, 1977). Deze veronderstelling is nog niet duidelijk getoetst, maar komt overeen met neuropsychologische symptomen tengevolge van beschadiging van frontale corticale gebieden. Hierbij wordt een rigide en inflexibele regulatie van het gedrag wordt waargenomen (Luria, 1973;

Kolb & Wishaw, 1980). Zoals in hoofdstuk 5 vermeld werd, treedt op frontaal niveau een relatief sterke neuronale degeneratie op.

Tevens wordt verondersteld dat ouderen überhaupt minder makkelijk gebruik maken van de organisatie in de aangeboden informatie. Gilmore et al. (1985) laten echter zien dat ouderen praktisch evenveel als jongere volwassenen kunnen profiteren van perceptuele organisatie. In een visuele zoektaak profiteerden beide leeftijdsgroepen van "groepering door overeenkomst" en "nabijheid".

Wingfield et al. (1985) tonen aan dat ouderen effectief gebruik maken van semantische en syntactische informatie bij het snel opnemen van verbale boodschappen. Alleen wanneer deze cues niet aanwezig zijn ontstaan duidelijke leeftijdsverschillen. Cooper & Howell (1972) laten zien dat de achterstand van ouderen bij het verwerken van tachistoscopisch nonsens-materiaal vermindert als betekenisvol materiaal gepresenteerd wordt.

In het algemeen kan gesteld worden dat ouderen in perceptieve tests slechtere prestaties leveren ten opzichte van jongere proefpersonen naarmate het stimulusmateriaal minder betekenisvol is en het moeilijker wordt een effectief organisatieschema te vinden. Omdat het in betekenisvolle praktijksituaties doorgaans eenvoudiger is gebruik te maken van de organisatie van informatie kunnen laboratoriumgegevens niet altijd even goed naar de praktijk worden generaliseerd.

Met betrekking tot het verkeersgedrag impliceert het voorgaande dat ouderen waarschijnlijk geen moeite zullen hebben met situaties die bekend zijn en waarin gebeurtenissen zich voorspelbaar afwickelen. Hierdoor kunnen gedragsstrategieën die zich op grond van ervaring ontwikkeld hebben zonder moeite worden gehanteerd. Wanneer dit laatste echter niet mogelijk is, bijvoorbeeld omdat de situatie onduidelijk, ongebruikelijk of onbekend is, ontstaan situaties die enigszins vergelijkbaar zijn met laboratorium experimenten: men moet snel en flexibel inspelen op de mogelijkheden die de situatie biedt. Voor

wegontwerpers betekent dit dat gestreefd dient te worden naar een zo hoog mogelijke graad van uniformiteit; d.w.z. dat de verkeersomgeving gekenmerkt moet worden door invarianten, algemene basisprincipes die zoveel mogelijk onafhankelijk zijn van de specifieke eigenschappen van situaties zelf. In de praktijk betekent dit, dat verschillende wegbeheerders voor vergelijkbare situaties zoveel mogelijk naar eenduidige oplossingen moeten zoeken. De afwikkeling van het verkeer moet bovendien zoveel mogelijk vanzelfsprekend zijn en dus aansluiten op de verwachtingen die mensen zich bij het naderen van situaties vormen.

6.4 Probleemoplossen

Op basis van een overzicht van het onderzoek naar probleemoplossen bij ouderen formuleert Rabbitt (1977) de volgende conclusies:

- Ouderen zijn minder goed in staat complexe stimulus-informatie te integreren of te organiseren teneinde het in een schema onder te brengen.
- Als ouderen eenmaal een organisatieschema hanteren vinden ze het moeilijk dit schema te verlaten ten gunste van een ander.

Reese en Rodeheaver (1985) voegen hier in een literatuuroverzicht het volgende aan toe:

- Bij classificatie- en categoriseringstaken gebruiken ouderen "primitievere strategieën" dan jongere proefpersonen.
- Bij Piaget-taken zijn prestaties van ouderen vooral bij de moeilijkere taken minder goed dan die van jongere proefpersonen.

Andere overzichten laten gelijksoortige conclusies zien (o.a. Arenberg, 1973). Volgens Charness (1985) gaan deze conclusies minder goed op voor praktijktaken die goed beheerst worden. De conclusies ten aanzien van het oplossen van problemen komen opvallend overeen met de resultaten van het hiervoor besproken perceptieve onderzoek. Mogelijk hebben de resultaten van beide onderzoeksterreinen een

gemeenschappelijke oorzaak. Hierover heeft het onderzoek van de laatste jaren echter nog maar weinig opheldering kunnen geven (zie o.a. Reese en Rodeheaver, 1985).

6.5 Geheugenfuncties

Met betrekking tot geheugenfuncties zijn verschillen tussen oudere en jongere proefpersonen in het algemeen minimaal bij taken die een beroep doen op het onmiddellijk (primaire) geheugen en het lange termijn (tertiaire) geheugen (Poon, 1985). Taken die een beroep doen op het recente (secundaire) geheugen, ook wel inprentingstaken genoemd, leveren wel duidelijke leeftijdseffecten op. Dit lijkt met name aan de acquisitie en de retentie te liggen. Het recente geheugen speelt voornamelijk een rol bij het uitvoeren van taakvariabelen op macroniveau (Wat stond er ook alweer op dat bord? Welke punten ben ik al gepasseerd?). Op grond van achteruitgang in geheugenfuncties kunnen de problemen van ouderen in het verkeer, die immers voornamelijk op de lagere taakniveaus terug te vinden zijn (micro- en mesoniveau, hoofdstuk 2), dus niet goed verklaard worden. Poon (1985) concludeert in een literatuuroverzicht dat ouderen zich minder van jongere proefpersonen onderscheiden naarmate het geheugenmateriaal bekender en beter verbaal codeerbaar is.

Uit onderzoek naar kwalitatieve leeftijdsverschillen blijkt dat ouderen nieuwe informatie minder intensief of diepgaand, verwerken. Ze richten zich meer op oppervlakkige kenmerken van de aangeboden informatie (Jenkins, 1974; Eysenck, 1974; Craik & Lockhart, 1972). Volgens deze auteurs zijn geheugenprestaties een functie van de mate waarin informatie diepgaand, semantisch verwerkt wordt. Het niet uitvoeren van de mentale handelingen die bij geheugentaken nodig zijn kan voor alle fasen van het geheugenproces (acquisitie, opslag en reproductie) nadelig zijn. Volgens Craik (1977) wordt dit overigens mede veroorzaakt door de sterke gerelateerdheid van deze fasen. Hij suggereert dat de "discrete fase"-modellen hun waarde als werkhypothese in het verleden hebben bewezen; daarom dient nu overgegaan te

worden naar een model waarin geheugenprocessen worden opgevat als een continuum, waarin acquisitie, opslag en reproductie niet meer als afzonderlijke processen worden beschouwd.

In het verlengde hiervan wordt in de neuro-informatica benadering het geheugen niet meer opgevat als een subsysteem waarin informatie wordt opgenomen, opgeslagen en teruggehaald (computermetafoor). In de neuro-informatica wordt het geheugen beschouwd als het geheel van neuronale netwerken en modules die in hun activiteitspatroon de structuur en afhankelijkheden van de wereld representeren. Dit activiteitspatroon vormt potentiële input-output (of perceptief-motorische) sequenties, ook wel hersenprogramma's genoemd. In deze zin is leren in feite bijstelling en ontwikkeling van hersenprogramma's op basis van perceptieve activiteiten. Het leren van een taak in die zin is het ontwikkelen van programma's, in de vorm van neuronale structuren, die specifieke potentiële perceptief-motorische sequenties belichamen. Het geheugen is in deze zin het bestaan van deze potentiële perceptief-motorische sequenties in het zenuwstelsel. Opvallend is dat het geheugenonderzoek in de cognitieve psychologie tot op heden erg "mentaal" georiënteerd is geweest. Er is opvallend veel onderzoek gedaan naar het leren en onthouden van rijtjes woorden, symbolen, of figuurtjes. Weinig aandacht bestond er voor het geheugen voor complexe motorische vaardigheden. Daardoor is er maar weinig bekend over het kunnen reproduceren van complexe perceptief-motorische vaardigheden, zoals fietsen en autorijden, als functie van leeftijd. er veel

6.6 Selectieve aandacht

De verwerkingscapaciteit van mensen is meestal te klein om alle beschikbare informatie op een zeker moment te verwerken. Teneinde overbelasting te vermijden en de effectieve capaciteit te vergroten is het van belang dat alleen

relevante stimuli met een zekere informatiewaarde uit de totale input geselecteerd worden.

Onafhankelijk van het verwerkingsniveau waarop deze selectie plaatsvindt, gaan alle huidige informatieverwerkingsmodellen uit van een zekere mate van preattentieve (aselectieve en voorbewuste) verwerking (Neisser, 1967, 1976). Deze preattentieve informatieverwerking levert de input voor de meer selectieve, bewuste verwerking. Het vormt de eerste buffer van waaruit stimuli met verschillende informatiewaarde van elkaar worden geschild. De meeste modellen stellen dat preattentieve verwerking snel, parallel, en automatisch plaatsvindt, zonder dat de capaciteit van het systeem hierdoor belast wordt.

Het selecteren van bepaalde informatie uit het preattentieve proces om deze attentief (of focaal) verder te verwerken heet selectieve aandacht (SA). De kenmerken van attentieve informatieverwerking contrasteren sterk met die van preattentieve informatieverwerking. Attentieve verwerking verloopt traag, serieel, en beheerst ("controlled") en is daardoor belastend voor het systeem. De rol van attentieve informatieverwerking wordt belangrijker naarmate de taakcomplexiteit toeneemt en geoefendheid en ervaring met de taak afneemt.

6.6.1 Selectieve aandacht en leeftijd

Eén van de meest geciteerde onderzoeken naar de relatie tussen selectieve aandacht en leeftijd is uitgevoerd door Rabbitt (1965). Bij het sorteren van kaarten bleek dat een toename van het aantal irrelevante items op de kaarten bij ouderen leidde tot een grotere absolute toename in sorteertijd dan bij jongere volwassenen. Op basis hiervan concludeerde hij dat ouderen meer dan jongeren afgeleid worden door irrelevante informatie. Irrelevante informatie wordt ook wel perceptuele ruis genoemd (Layton, 1975), niet te verwarren met neuronale ruis. Helaas werd in de experimentele opzet van Rabbitt (1965) geen rekening gehouden met zintuiglijke verschillen tussen de twee leeftijdsgroepen.

Een opzet waarbij voor verschillen in gezichtsscherpte gecorrigeerd zou worden was wenselijk geweest, met name omdat de gebruikte items niet groot waren (hoogte: 5 mm).

Ander onderzoek suggereert dat de "perceptuele ruis" hypothese aanvulling verdient. Uit experimenten van Farkas & Hoyer (1980) en Wright & Elias (1979) blijkt dat er geen sterkere distractiegevoeligheid bij ouderen aangetoond wordt als de plaats van een target bij voorbaat gespecificeerd wordt. In tegenstelling tot het experiment van Rabbitt (1965) was het in deze experimenten mogelijk de irrelevante stimuli volledig te negeren tijdens het zoeken naar relevante informatie. Madden (1983) toont aan dat leeftijdsverschillen eerder toenemen als het aantal target items stijgt, dan wanneer het aantal irrelevante items stijgt. Op basis van dit onderzoek zou het volgens deze auteur beter zijn leeftijdsafhankelijke verschillen in zoekprestaties te karakteriseren als een beperking bij het selecteren van relevante informatie, in plaats van het negeren van irrelevante informatie. Met deze conclusie zijn we weinig wijzer met betrekking tot de vraag in hoeverre een leeftijdsspecifiek SA effect bestaat en wat hiervan de onderliggende mechanismen zijn.

Shiffrin & Schneider (1977) wijzen erop dat effecten van geheugenset-grootte en display-grootte afnemen als de geoefendheid met een "constant-mapping"³ taak toeneemt. Op basis hiervan zou verondersteld kunnen worden dat de mate van bekendheid met de stimulusinformatie een kritische variabele is bij het selecteren van relevante informatie in complexe stimulusconfiguraties. Madden (1982) vindt inder-

³Bij constant-mapping wordt in iedere sessie op bepaalde stimuli dezelfde respons gegeven. Dit leidt tot "automatische informatieverwerking". In de tegenovergestelde situatie, varied-mapping, wordt de relatie tussen stimulus en respons voortdurend veranderd. Dit leidt niet tot automatische informatieverwerking; de informatieverwerking blijft "beheerst" en de belasting die dit met zich meebrengt blijft hoog.

daad geen leeftijdseffect wanneer een bekende stimulusdimensie (letters vs cijfers) gehanteerd kan worden om in een varied mapping taak visuele zoekprestaties te verbeteren. Madden concludeert dat: "the ability of older individuals to improve their rate of search is thus not entirely dependent upon the opportunity to use automatic detection, but is also evident when the difficulty of controlled search is reduced". Deze uitspraak sluit aan bij de complexiteitshypothese: leeftijdsafhankelijke verschillen zijn een functie van taakcomplexiteit, onafhankelijk van de wijze waarop complexiteit gemanipuleerd wordt.

Dergelijke resultaten lijken van belang voor het onderzoek naar de oorzaken van leeftijdspecifieke problemen in het verkeer. Het merendeel van de stimulusdimensies kan, ook voorzover ze niet direct relevant zijn voor het autorijden (huizen, bomen, globale optische transformatiepatronen), beschouwd worden als bekend en vertrouwd (in de context waarin de taak plaatsvindt). Volgens het onderzoek van Madden (1982) zouden ouderen bij het selecteren van relevante informatie, net zo veel als jongeren van deze bekendheid profiteren. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan.

6.6.2 Selectieve aandacht in het verkeer

Bij de voortbeweging in het verkeer moet voortdurend de essentiële informatie uit een dynamisch complex van visueel-kinesthetische stimuli geëxtraheerd worden. Luoma (1986) heeft in dit verband onderzoek verricht bij automobilisten naar de selectieve waarneming van o.a. verkeersborden (relevante informatie) tussen reclameborden (irrelevante informatie). Aangetoond werd dat de waarneming van verkeersborden en andere voertuigen door reclameborden werd afgeleid. Oogbewegingen bleken overdag niet, maar 's nachts wel beïnvloed te worden door reclameborden. Uit dit onderzoek wordt niet duidelijk in hoeverre dit kan interfereren met het uitvoeren van de rijtaak.

Gegeven de besproken laboratoriumexperimenten en de evidentie dat irrelevante stimuli in het verkeer, zoals reclameborden, aandacht kunnen krijgen, ligt het voor de hand dat ouderen mogelijk onder bepaalde omstandigheden minder goed dan jongere verkeersdeelnemers in staat zijn relevante informatie uit de totale stimulusinput te selecteren. Dit zou voornamelijk van belang zijn in situaties waarin de dimensies waarop geselecteerd moet worden, onbekend zijn.

Het is echter de vraag of er voor de (ervaren) verkeersdeelnemer nog wel sprake is van onbekende stimulusdimensies. Het algemene paradigma bij tests en taken die een beroep doen op de SA is gebaseerd op het detecteren, isoleren of selecteren van specifieke targets in een wat ruimer gedefinieerde context. Het eerste verschil met de meeste praktijksituaties is dat de experimentele targets zich doorgaans maar op één dimensie en op één organisatie-niveau van deze context onderscheiden. Bij veel visuele selectietaken wordt gebruik gemaakt van targets (letters, cijfers, figuurtjes) die zich alleen van hun context laten onderscheiden op basis van de bij de instructie meegegeven arbitraire "geheugenset". Vaak betekent dit, dat irrelevante stimuli onmogelijk genegeerd kunnen worden (Wright & Elias, 1979).

Verkeersdeelnemers die bijvoorbeeld moeten letten op bewegwijzeringsborden, kunnen echter afgaan op objecten met een tamelijk specifieke geometrische vorm, kleur, textuur, grootte, oriëntatie en plaats ter opzichte van de weg. Op basis van het grote aantal dimensies waarop stimuli buiten het laboratorium zich van elkaar laten onderscheiden ligt het voor de hand dat strategieën ontwikkelt kunnen worden, waarmee het selecteren van relevante en irrelevante informatie sneller en accurater verloopt dan in het laboratorium. De achterstand van ouderen zal hierdoor wellicht kleiner worden.

De verkeersdeelnemer heeft bovendien te maken met een aantal principes of regels die elkaar kunnen "overrulen". Dit betekent dat datgene wat in de ene situatie distractor

is (bewegwijzering in eigen woonplaats), in de andere situatie target kan zijn (bewegwijzering in onbekend gebied), en vice versa.

Tot slot kan een object in een en dezelfde situatie target of distractor zijn, afhankelijk van het niveau waarop het de bestuurder beïnvloedt. Een reclamebord is bijvoorbeeld op cognitief niveau distractor, terwijl het op perceptief niveau locomotie specificceert, en als omgevings-object essentieel kan zijn de visuo-spatiële oriëntatie.

Op grond van bovengenoemde argumenten mag geconcludeerd worden dat de rijtaak, evenals de meeste andere niet-laboratorium taken, fundamenteel verschilt van de meeste SA taken in het laboratorium met betrekking tot targets en (irrelevante) distractors.

6.7 Perceptieve stijl

Nauw verbonden met SA is perceptieve stijl (Witkin, 1950). De enige reden waarom perceptieve stijl en SA hier in afzonderlijke paragrafen worden behandeld is dat dit in de literatuur gebruikelijk is. Perceptieve stijl heeft betrekking op het vermogen specifieke informatie uit een complexe en dominante context te identificeren. Mensen die dit goed kunnen worden veldonafhankelijk genoemd. Veling (1979) definieert veldonafhankelijkheid als "het vermogen van mensen gedifferentieerd waar te nemen, te detecteren en te identificeren". In de literatuur wordt het begrip vaak gedefinieerd als het vermogen, los van de overheersende structuur van het "veld", een eigen structuur aan het stimulusveld op te leggen. Dit opleggen van een eigen structuur aan het veld komt op hetzelfde neer als het actief selecteren van belangrijke informatie uit de totale beschikbare informatie. Op grond van deze bovengenoemde begripsomschrijvingen is het duidelijk dat het begrip veld(on)afhankelijkheid niet duidelijk verschilt van het begrip SA. Ook in de operationalisaties komt het verschil tussen beide begrippen niet aan het licht. In de Embedded Figures Test, de meest gehanteerde veldafhankelijkheids-

test, moet de proefpersoon, bijvoorbeeld net zoals bij de meeste SA tests, een vooraf gespecificeerd lijnfiguurtje identificeren dat deel uitmaakt van een grotere en complexere figuur. Ook in de overige belangrijke veldafhankelijkheidstests, de Rod and Frame Test en de Body Adjustment Test, gaat het er in feite om een perceptieve variabele los te maken van zijn context. Als enige verschil kan worden aangemerkt dat perceptieve stijl tests wat complexer zijn dan de meeste SA tests.

6.7.1 Perceptieve stijl en leeftijd

Resultaten van onderzoek naar de relatie van perceptieve stijl en leeftijd wijzen erop dat de scores op de Embedded Figure Test en de Rod and Frame Test van lage naar middelbare leeftijd over het algemeen afnemen (indicatief voor veldonafhankelijkheid). Vervolgens nemen de scores vanaf ca. 50 jaar weer sterk toe (o.a. Markus, 1971; Karp, 1967; Witkin et al., 1954). Met name bij mensen boven de 70 jaar blijkt er een sterke afname in veldonafhankelijkheid te bestaan.

6.7.2 Perceptieve stijl in het verkeer

In verschillende onderzoeken wordt gesuggereerd dat perceptieve stijl samenhangt met rijgedrag zoals: ongevalsbetrokkenheid (Mihal & Barrett, 1976; Avolio et al., 1985), het reageren op verkeersborden (Mihal & Barrett, 1976), file rijden en slippen (Olson, 1974). Uit simulatieonderzoek bleek dat veldafhankelijke proefpersonen noodsituaties, zoals een dreigende kop-staart botsing, niet snel herkennen, hetgeen leidt tot trage reacties (Barrett & Thornton, 1968). De significante correlaties die gevonden worden variëren meestal tussen de .17 en .5 en zijn daarmee aanzienlijk hoger dan de correlaties tussen visuele parameters en rijvaardigheid in termen van ongevalsbetrokkenheid zoals die door Burg (1971) worden gemeld. Kausler (1982) veronderstelt in verband hiermee dat de hoge ongevalsfrequentie onder oudere verkeersdeelnemers tenminste voor een deel veroorzaakt wordt door deze leeftijdsgebonden verandering in perceptieve stijl. Deze gedachtengang kan met evenveel recht worden omgedraaid, hetgeen zou betekenen

dat de samenhang tussen perceptieve stijl en rijvaardigheidparameters tenminste voor een deel veroorzaakt wordt door leeftijd als intermediërende factor.

Dat deze laatste interpretatie serieus genomen dient te worden blijkt uit een onderzoek van McKenna et al. (1986). Zij vonden bij een steekproef van 153 leerling buschauffeurs een lage correlatie (.18) tussen de mate van veldafhankelijkheid, gemeten met de Embedded Figure Test, en ongevalsfrequenties over een periode van twee jaar. Ook de correlatie tussen veldafhankelijkheid en succes in de opleiding was laag. In dit onderzoek werd wel een hoge correlatie gevonden tussen prestaties op de Embedded Figure Test en een cultuurvrije intelligentietest. Dit laatste zou erop kunnen wijzen dat het begrip perceptieve stijl niet buiten het algemene capaciteitsdomein valt. McKenna et al. (1986) leveren op basis van dit onderzoek krachtige kritiek op het onderzoek waarin wel substantiële correlaties gevonden worden tussen perceptieve stijl en rijprestaties. Meestal wordt in dit onderzoek de factor leeftijd niet uitgepartialiseerd en gebruikt men te kleine proefgroepen. Analoot aan de opmerkingen die in de vorige paragraaf ten aanzien van SA gemaakt werden kan hieraan worden toegevoegd dat de predictieve waarde van laboratoriumtaken mogelijk verhoogd wordt als ze gebaseerd zijn op informatie die op dezelfde wijze georganiseerd is als de informatie voor zelfbeweging.

6.8 Verdeelde aandacht

Bij de meeste taken in het dagelijks leven moet informatie afkomstig van verschillende bronnen in een klein tijdsbestek verwerkt worden. De totale hoeveelheid relevante, en dus vaak attentief te verwerken, informatie kan de verwerkingscapaciteit dan overtreffen. De aandacht moet dan over de verschillende informatiebronnen verdeeld worden. Gesproken wordt in dit geval van verdeelde aandacht (VA). Afhankelijk van de tijdsschaal waarop processen geanalyseerd worden kan de betrokkenen zijn aandacht simultaan

(minuten) of alternerend (fracties van seconden) tussen de verschillende bronnen van informatie verdelen (Welford, 1980).

Het aantal experimentele paradigma's waarvan bij het onderzoek naar VA gebruik wordt gemaakt is net zoals bij het onderzoek naar SA beperkt. Meestal wordt gebruik gemaakt van dubbeltaken, waarmee het informatieverwerkend systeem wordt overbelast. Hierdoor moet er een keuze gemaakt worden met betrekking tot welke informatie verwerkt gaat worden en de intensiteit waarmee dat gebeurt. Generaliserend kan gesteld worden dat overbelasting tot een trade-off in de informatieverwerking zal leiden. Dit betekent dat prestaties op een of beide onderdelen van een dubbeltaak afnemen ten opzichte van het prestatieniveau bij het apart uitvoeren van deze onderdelen.

Bij de dichotische luistertaak (DLT) bijvoorbeeld wordt tegelijkertijd aan beide oren een verschillende korte serie items, meestal cijfers, letters of korte woorden, aangeboden waarbij de proefpersoon zo veel mogelijk items moet reproduceren. Meestal moeten de items in een vooraf gespecificeerde volgorde (eerst alle items van het ene oor, of "kanaal" dan de overige items) gereproduceerd worden. De prestatie op deze taak wordt vergeleken met de hoeveelheid items die onthouden wordt als de binauraal gepresenteerde items gelijk zijn (baseline). Het verschil wordt geïnterpreteerd als maat voor de kosten van het verdelen van de aandacht over de twee inputkanalen. Omdat geheugenprocessen hierbij een rol spelen worden dergelijke procedures ook veel in het geheugenonderzoek toegepast. Het merendeel van de DLT experimenten heeft aangetoond dat met name de items van het als tweede te reproduceren kanaal door ouderen relatief slecht onthouden worden (Craik, 1977).

Enige punten die bij het onderzoek naar VA van belang kunnen zijn: 1. Het verdelen van aandacht lijkt makkelijker te zijn wanneer verschillende zintuigmodaliteiten worden aangesproken, dan wanneer verschillende informatie tot dezelfde modaliteit behoren, zoals bij de DLT (Treisman & Davis, 1973). 2. Visuele dubbeltaken lijken voor ouderen relatief meer problemen op te leveren dan auditieve dubbel-

taken (Craik, 1977). 3. Bij vrije reproductie op de DLT is gebleken dat de inferioriteit van het linker kanaal (rechter hemisfeer) t.o.v. het rechter kanaal (linker hemisfeer) met het ouder worden toeneemt (Clark & Knowles, 1973).

6.8.1 Hypothesen voor het VA effect

Het is nog niet duidelijk welke onderliggende mechanismen verantwoordelijk zijn voor de relatief slechte prestaties van ouderen op de DLT en aanverwante dubbeltaken. Inglis & Caird (1963) suggereren dat de problemen van ouderen voornamelijk in het onmiddellijk sensorisch geheugen te localiseren zijn. Volgens Broadbent (1958), van wie het concept sensorisch geheugen afkomstig is, zou dit moeten betekenen dat ouderen nadeel ondervinden bij een tragere stimuluspresentatie omdat geheurensposen hierdoor meer gelegenheid krijgen te vervallen (Craik, 1977). Weiss (1963) en Craik (1965) tonen echter aan dat dit niet het geval is: ouderen worden niet meer dan jongere volwassenen beïnvloed door veranderingen in de presentatiesnelheid van simultaan aangeboden items.

Omdat bij de DLT vooral de vroeg aangeboden items worden vergeten, veronderstellen Craik & Byrd (1982) dat de inprenting bij het verdelen van de aandacht bemoeilijkt wordt. Deze auteurs achten het plausibel dat VA leidt tot een kwalitatief oppervlakkige informatieverwerking doordat de gelegenheid tot diepe, semantische verwerking verstoord wordt. De leeftijdgebonden prestatie-afname bij VA taken wordt volgens hen verklaard doordat ouderen sowieso al een oppervlakkiger wijze van informatieverwerking zouden hebben. De meest gebruikte stimuli bij de DLT (cijfers, letters) stellen semantisch echter dermate weinig voor dat van een "diepgaande semantische verwerking" überhaupt geen sprake kan zijn, zodat ook voor deze hypothese empirische steun ontbreekt.

Een andere veronderstelling is dat ouderen veel capaciteit verbruiken met het programmeren en superviseren van VA (Craik, 1973). De sterke capaciteitsbeperking die dit oplevert zou tot gevolg hebben dat de informatie niet

intensief verwerkt kan worden, waardoor de retentie afneemt. Een hieraan verwante hypothese is dat ouderen mogelijk problemen hebben met het omschakelen tussen perceptieve-, geheugen- en responsfuncties (o.a. Welford, 1958, 1962, 1964). Deze veronderstellingen zijn nog niet getoetst en lenen zich derhalve voor verder onderzoek.

Ook is het mogelijk dat leeftijdsverschillen op VA taken veroorzaakt worden door een verminderd vermogen van ouderen over te gaan op automatische informatieverwerking. Hoe meer iemand in staat is informatie automatisch (pre-attentief of aangeleerd) te verwerken, hoe intensiever de aandacht gericht kan worden op de resterende relevante informatie. Bijna alle perceptief-motorische taken hebben componenten die beheerst en componenten die (vrijwel) automatisch worden uitgevoerd. Door oefening neemt het aandeel van automatisch uit te voeren componenten toe. Omdat de capaciteitsbelasting van automatische informatieverwerking gering is, kan hierdoor steeds meer aandacht worden besteed aan taakaspecten die niet zo goed beheerst worden. Door dit mechanisme kunnen taakprestaties op complexe taken, zoals autorijden, door oefening voor lange tijd blijven toenemen. De vraag is nu of het leeftijdseffect van VA veroorzaakt wordt doordat ouderen mogelijk minder snel dan jongeren in staat zijn over te gaan tot automatische informatieverwerking.

In verband hiermee wordt alleen in een onderzoek van McDowd (1986) expliciet gekeken naar de invloed van herhaalde oefening op de VA bij ouderen. In dit onderzoek, waarin gebruik gemaakt werd van een visuele volgtaak en een auditieve keuze-reactietaak, bleek dat de prestaties bij het tegelijk uitvoeren van deze taken steeds beter werden. De relatieve "kosten" van het verdelen van de aandacht in de dubbeltaak sessies namen tijdens de 5 herhalingen voor beide groepen geleidelijk af. De voorsprong van de jongere proefpersonen op de ouderen bleef echter gelijk, en nam dus niet af.

Ook uit ander onderzoek blijkt dat VA problemen van ouderen niet te maken hebben met een afnemend vermogen over te gaan tot automatische informatieverwerking. Bij ge-

heugentaken (Hasher & Zachs, 1979) en perceptieve classificatietaken (Rabbitt, 1973, 1982; Rabbitt & Vyas, 1980) blijkt bijvoorbeeld dat veroudering alleen de uitvoering van taakonderdelen beïnvloedt die aandacht vereisen. Plude & Hoyer (1981) tonen aan dat het handhaven van een vaste relatie tussen targets en non-targets (constant mapping) bij ouderen meer profijt oplevert dan bij jongere volwassenen ten opzichte van een conditie waarin deze verhouding over de trials steeds veranderde. Ouderen profiteren dus minstens net zoveel als jongere proefpersonen van de mogelijkheid tot het ontwikkelen van automatische detectie. Voorts laten Madden (1983) en Salthouse & Somberg (1982) zien dat het effect van geheugenset-grootte door oefening bij ouderen net zo snel afneemt als bij jongere proefpersonen bij een visuele zoektaak. Overeenkomstige detectie experimenten (Madden & Nebes, 1980; Madden, 1983) geven aan dat ouderen in het algemeen tenminste zoveel baat hebben bij manipulaties die de aandachtsbelasting beperken als jongere proefpersonen. Somberg & Salthouse (1982) stellen dat taken waarop geen leeftijdseffect bestaan, doorgaans met een hoge graad van automatisme kunnen worden uitgevoerd.

Op basis van het bovenstaande zou geconcludeerd kunnen worden dat processen die, op grond van jarenlange ervaring, geacht worden zich automatisch af te spelen, geen enkele rol spelen bij leeftijdsspecifieke problemen in het verkeer. Met name oudere, en dus meestal ervaren, verkeersdeelnemers zullen een maximale graad aan automatisme ontwikkeld hebben.

De meest plausibele hypothese voor een leeftijdspecifiek VA effect is dat slechtere prestaties op dubbeltaken veroorzaakt worden door een beperkte verwerkingscapaciteit van ouderen als zodanig. Deze voor de hand liggende verklaring strookt met al het onderzoek waarin verschillen tussen oudere en jongere volwassenen in zwaardere condities toenemen ten opzichte van basiscondities. Ook ligt dit idee op dezelfde lijn als het onderzoek waarin prestatie-afname op de basistaak, die optreedt ten gevolge van het uitvoeren van een extra taak, beschouwd wordt als index voor verwerkingscapaciteit. Als verwerkingscapaciteit inderdaad ten

grondslag ligt aan het VA effect, dan mag verwacht worden dat een pure snelheidstest, zoals WAIS-substitutie, onafhankelijk van leeftijd, hoog correleert met de prestatie op VA taken. Dit zou nader onderzocht kunnen worden.

6.8.2 Complicaties bij het VA onderzoek

Wanneer de prestatie-afname bij VA beschouwd wordt als index voor de verwerkingscapaciteit ontstaan er een paar problemen. Men moet er namelijk van uitgaan dat verwerkingscapaciteit onafhankelijk is van de taak en de voor de taakuitvoering geactiveerde psychologisch-fysiologische structuren. Volgens Salthouse (1982) is dit niet terecht. Verwacht mag worden dat de hoeveelheid prestatiedaling die het uitvoeren van een extra taak oplevert afhankelijk is van 1. de kenmerken van de extra taak en 2. de mate waarin de gezamenlijk geactiveerde psychologisch-fysiologische structuren compatibel zijn (elkaar faciliteren of met elkaar interfereren). Een voorbeeld: wanneer de extra taak een zware fysieke inspanning vereist is de kans groot dat het effect hiervan op de basistaak voor ouderen aanzienlijk sterker is dan voor jongeren, zonder dat dit iets zegt over een verschil in capaciteit van informatieverwerking. Dit zou betekenen dat oudere fietsers en voetgangers in het verkeer verkeerde beslissingen kunnen nemen, niet vanwege een onvoldoende verwerkingscapaciteit en hieruit resulterende aandachtsproblemen, maar vanwege de hoge fysieke belasting van fietsen en lopen voor ouderen.

Een tweede (triviaal) voorbeeld: zingen is doorgaans moeilijker dan handenklappen, maar het vermogen piano te spelen wordt door (mee)zingen (compatibel) aanzienlijk minder belemmerd dan door handenklappen (incompatibel). Enerzijds is de verwerkingscapaciteit dus taakafhankelijk; anderzijds is de totale belasting van twee taken niet noodzakelijk gelijk aan de som van de capaciteitsbelasting van iedere taak afzonderlijk.

Een derde complicatie die optreedt als de prestatie-afname ten gevolge van de extra taak beschouwd wordt als index voor verwerkingscapaciteit, vormen de trade-off ("resource allocation") strategieën. Bij onderscheiden taken waarvan de afhankelijke variabelen verschillend zijn

in termen van capaciteitsbelasting, kunnen verschillen in de inspanning waarmee de twee taken worden uitgevoerd niet kwantitatief vergeleken worden. Extra investering van dezelfde hoeveelheid capaciteit kan bijvoorbeeld in de ene taak leiden tot een prestatiestijging van een eenheid, en in de andere taak tot een prestatiestijging van twee eenheden. Zonder experimentele designs waarmee rekening wordt gehouden met verschillende trade-off strategieën van groepen is het niet mogelijk kwantitatief gespecificeerde uitspraken te doen over de capaciteitskosten van het verdelen van aandacht.

Een factor die bij onderzoek gericht op leeftijdseffecten van VA een storende rol kan spelen is dat ouderen op een groot aantal basistaken al een achterstand ten opzichte van jongere proefpersonen vertonen. Volgens Somberg & Salthouse (1982) en Salthouse (1982) vormt dit feit op zich reeds een afdoende verklaring voor de bij dubbeltaken toenemende leeftijdsverschillen. Salthouse (1982) suggereert dat de dubbeltaakprocedure eenvoudigweg een alternatieve manier is om de taakcomplexiteit op te voeren. De resultaten van een aantal onderzoekers, zoals Talland (1962), Wright (1982) en Burke & Light (1981) kunnen in het licht van dit complexiteitseffect (zie hoofdstuk 5) niet opgevat worden als harde evidentie voor een aan leeftijd gerelateerde verandering in het vermogen de aandacht over verschillende bronnen van informatie te verdelen. De complexiteitshypothese ligt in het verlengde van de eerder genoemde veronderstelling dat VA problemen in feite veroorzaakt worden door een te beperkte verwerkingscapaciteit.

Om initiële verschillen als alternatieve verklaring voor leeftijdspecifieke VA effecten uit te sluiten, verdient het de voorkeur onderzoek te doen met taken waarop geen a priori prestatieverschillen tussen groepen bestaan. Twee onderzoeken geven op deze wijze een eenduidig leeftijdseffect van VA te zien. Craik (1973) vindt een leeftijdseffect bij een simultaan uitgevoerde digitspan-auditieve discriminatie taak en Broadbent & Gregory (1965) vinden hetzelfde bij taken waar visueel en/of auditief

gepresenteerde items (cijfers en letters) onthouden moeten worden.

Bij de meeste taken waarbij verschillende leeftijdsklassen worden vergeleken, bestaan in de basiscondities al prestatieverschillen. Hier kan gekeken worden of dubbeltaak effecten ook relatief ten opzichte van de basisprestaties van de groepen bij ouderen sterker zijn. Deze procedure werd door Somberg & Salthouse (1982) en door McDowd (1986) toegepast. In beide onderzoeken werd op deze wijze een leeftijdsspecifiek VA effect aangetoond.

Somberg & Salthouse (1982) introduceerden een methode om werkelijk voor initiële prestatieverschillen te controleren. Zij manipuleerden de taakcondities voor de leeftijdsgroepen zodanig dat initiële prestatieverschillen tussen de groepen verdwenen. Door bij tachistoscopisch gepresenteerde detectietaken per subject de sluitertijd zodanig in te stellen dat in de basisconditie een hit percentage van 80-90 behaald werd, konden eventuele leeftijdsverschillen in dubbeltaakcondities niet teruggevoerd worden op initiële prestatieverschillen. Tevens werd o.b.v. instructies de verdeling van de aandacht over beide taken systematisch gevarieerd, zodat er geen interpretatieproblemen ontstonden met betrekking tot resource allocation strategieën. In dit onderzoek bleken geen leeftijdsverschillen op te treden ten gevolge van het verdelen van de aandacht over de twee detectietaken.

Op grond van het totaal van het onderzoek naar VA kan nog niet ondubbelzinnig gesteld worden dat ouderen een specifiek probleem hebben bij het verwerken van gelijktijdig gepresenteerde informatie. Evenmin bestaat er duidelijkheid omtrent de oorzaken van leeftijdsverschillen onder dubbeltaakcondities. Ook is er weinig onderzoek gedaan is met goed geoefende taken in "real life" omstandigheden zoals autorijden of fietsen. Enerzijds doen taken zoals de DLT een beroep op processen die bij dergelijke taken nauwelijks van belang lijken, zoals auditieve discriminatie en reproductie van onsamenhangend verbaal materiaal, waardoor getwijfeld mag worden aan de validiteit van het concept ten aanzien van verkeerstaken. Anderzijds zijn dubbeltaken

complexer dan de meeste andere laboratoriumtaken en moet er, net zoals bij autorijden of (brom)fietsen, zowel tegelijkertijd als in snelle afwisseling informatie vanuit verschillende bronnen verwerkt worden. Daarom is het van belang te weten welke rol VA hierbij speelt, wat hiervan de oorzaken zijn, hoe dit samenhangt met de verwerkingscapaciteit en hoe deze factoren uiteindelijk ten grondslag liggen aan leeftijdsspecifieke problemen bij deelname aan het verkeer.

6.9 Vigilantie

Tot slot een korte beschouwing over een vorm van aandacht die in het ouderdomsonderzoek weinig belangstelling gekregen heeft: vigilantie. Vigilantie, waakzaamheid of volgehouden aandacht is het vermogen over een langere tijd niet frequent optredende stimuli of stimulusveranderingen op te merken. Het volhouden van de aandacht levert vooral problemen op als de taak eentonig is. Surwillo & Quiller (1964) lieten proefpersonen registreren wanneer een secondenwijzer, die met discrete stapjes van 1 s liep een 2 maal zo grote stap maakte. Per uur traden er over de 3600 wijzerbewegingen maar 23 dubbele bewegingen op. Het detectiepercentage van de oudere proefpersonen was in het eerste kwartier niet significant lager dan het detectiepercentage van de jongere proefpersonen (arousaleffect). In het laatste kwartier was dit wel het geval (vermoeidheidseffect, 58% vs 71%). In overeenkomstig onderzoek, waarbij de te detecteren, afwijkende stimuli veel frequenter optraden, vond Talland (1966) dat taakprestaties vanaf het 20e levensjaar progressief afnamen.

Uit het (beperkte) leeftijdsonderzoek naar vigilantie kan worden opgemaakt dat het vermogen om over een langere tijd schaars optredende stimulusveranderingen op te merken met het stijgen van de leeftijd afneemt. Rijden over lange, eentonige trajecten heeft veel gemeen met vigilantietaken. Verwacht mag daarom worden dat bepaalde informatie aan de aandacht ontsnapt waardoor minder adequaat dan normaal

gereageerd wordt. In het algemeen dient bij de aanleg van wegen daarom vermeden te worden dat trajecten, die bijvoorbeeld door een kaal polderlandschap lopen, te eentonig worden. Voor ouderen lijkt dit in het bijzonder te gelden.

6.10 Conclusies en slotopmerkingen

In dit hoofdstuk werden onderzoeksresultaten besproken die wijzen op kwalitatieve veranderingen in de informatieverwerking die geassocieerd zijn met toenemende leeftijd. Een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek heeft aangetoond dat bij het ouder worden vooral de visuo-spatiële functies achteruitgaan. Ander onderzoek lijkt erop te wijzen dat deze achteruitgang niet teruggevoerd kan worden op een tragere informatieverwerking. Op basis hiervan werd gesuggereerd dat compensatie door snelheidsaanpassing niet altijd voldoende zal zijn om voor al het leeftijdspecifiek functieverlies te kunnen compenseren. Met name verkeerssituaties die gekenmerkt worden door ruimtelijke complexiteit, zullen daarbij problematisch blijven. Dit zal met name op mesoniveau doorwerken.

Bij perceptief onderzoek blijkt dat ouderen vooral een achterstand hebben als het stimulusmateriaal weinig redundantie en weinig semantische waarde heeft. In zulke omstandigheden moet het subject het materiaal zelf structureren en organiseren. Gelijksoortige conclusies werden geformuleerd ten aanzien van het oplossen van complexe problemen. Op grond hiervan werd verondersteld dat ouderen vooral onzeker gedrag zullen vertonen in onduidelijke en ongebruikelijke verkeerssituaties. Dit soort situaties kunnen zich in het moderne verkeer te allen tijde voordoen. Het snel en flexibel inspelen op de mogelijkheden die dergelijke situaties bieden kunnen ouderen minder goed dan jongere verkeersdeelnemers. Voor wegontwerpers betekent dit dat gestreefd dient te worden naar algemene basisprincipes die onafhankelijk zijn van de specifieke eigenschappen van situaties zelf. Er moet dus zoveel mogelijk naar eenduidige oplossingen gezocht worden, waarbij de regelgeving vereen-

voudigd dient te worden. Bovendien moeten oplossingen zoveel mogelijk voor zichzelf spreken, en dus aansluiten op de verwachtingen die mensen zich bij het naderen van situaties vormen. Hiervoor is meer kennis nodig over de wijze waarop verkeersdeelnemers situaties categoriseren en hoe ze op basis hiervan verwachtingspatronen opbouwen.

Leeftijdspecifieke problemen in het verkeer zijn waarschijnlijk niet te verklaren op basis van de resultaten van geheugenonderzoek. Taakvariabelen die geassocieerd zijn met leeftijdspecifieke problemen in het rijgedrag liggen primair op micro- en mesoniveau (hoofdstuk 2), terwijl secundaire geheugenfuncties die met het ouder worden achteruitgaan aangrijpen op taakvariabelen op macroniveau. Voorts werd opgemerkt dat de oriëntatie van het geheugenonderzoek tot op heden erg "mentalistisch" is geweest. Er is opvallend veel onderzoek gedaan naar het leren en onthouden van rijtjes woorden, symbolen, of figuurtjes. Dit heeft ertoe geleid dat er weinig bekend is over de retentie van complexe perceptief-motorische vaardigheden, zoals fietsen en autorijden, als functie van leeftijd.

Met betrekking tot SA bleek dat ouderen een grotere achterstand hebben op jongeren naarmate het aantal irrelevante stimuli toeneemt of het aantal relevante stimuli toeneemt. Dit geldt echter niet als de relevante stimuli bekend zijn of de irrelevante stimuli goed genegeerd kunnen worden. Of het SA effect dan ook voor verkeerstakingen op zal gaan is nog onzeker, omdat hier het onderscheid tussen relevante en irrelevante stimuli bekend en overvloedig is. Dit onderscheid is niet, zoals in veel laboratoriumtaken, arbitrair en gereduceerd. Om aan te tonen dat selectieve aandacht ook in de praktijk een fundamenteel aspect is van de beperkingen van ouderen, verdient het daarom aanbeveling taken te ontwikkelen waarvan de informatie op dezelfde wijze georganiseerd is als de informatie in de verkeersomgeving. Dezelfde conclusie mag gelden voor het begrip perceptieve stijl, dat, hoofdzakelijk in terminologisch opzicht verschilt van het begrip SA. Met betrekking tot perceptieve

stijl is het ook nog niet duidelijk in hoeverre deze factor, onafhankelijk van andere factoren, ten grondslag ligt aan rijvaardigheidsproblemen bij ouderen.

De meerderheid van het onderzoek op basis van dubbeltaakprocedures, zoals de DLT, lijkt te wijzen op een leeftijds-specifieke achteruitgang van het vermogen de aandacht te verdelen tussen verschillende bronnen van relevante informatie. Er bestaat nog geen bevredigende en empirisch getoetste verklaring voor VA problemen bij ouderen. Mogelijk verbruiken ouderen veel capaciteit met het programmeren en superviseren van VA, of hebben ouderen mogelijk problemen hebben met het omschakelen tussen perceptieve-, geheugen- en responsfuncties. Deze veronderstellingen lenen zich derhalve voor verder onderzoek.

De hypothese dat leeftijdseffecten op VA taken verklaard worden doordat ouderen minder snel en minder ver overgaan op automatische informatieverwerking kan op grond van de huidige kennis worden verworpen.

Een voor de hand liggende gedachte is dat VA effecten uiteindelijk teruggevoerd kunnen worden op een algemeen beperkte verwerkingscapaciteit. Dit maakt het zinvol te onderzoeken welke rol de factor snelheid hierbij speelt. Dit kan gebeuren door uit te zoeken in hoeverre snelheidsverschillen tussen proefpersonen VA effecten verklaren.

Nauw hiermee verbonden is het idee dat de dubbeltaakprocedure slechts een alternatieve manier is om taakcomplexiteit te manipuleren. Omdat ouderen mogelijk a priori een beperkte capaciteit hebben, nemen leeftijdsverschillen onder (complexere) dubbeltaak condities toe. Alleen op basis van onderzoek waarin er geen initiële verschillen bestaan tussen de proefgroepen, of waarin hiervoor gecontroleerd wordt, kan aangetoond worden dat het VA effect op zichzelf staat. Tot nu toe heeft dergelijk onderzoek tegenstrijdige resultaten opgeleverd. De tegenstrijdigheden worden mogelijk verklaard doordat in sommige experimenten de informatie werkelijk simultaan verwerkt kan worden, terwijl dat in andere experimenten onmogelijk is. Alleen in het eerste geval worden leeftijdseffecten gevonden, bijvoorbeeld op de DLT. Dit zou opgevat kunnen worden als

evidentie dat het leeftijdsverschil bij VA te maken heeft met het vermogen informatie werkelijk simultaan te registreren en niet zozeer met het goed kunnen omschakelen van de aandacht tussen de twee taken.

Verder kan onderzocht worden in hoeverre taken met belangrijke motorische componenten voor ouderen, vanwege hun verminderde fysieke vermogens, extra capaciteitsbelastend zijn. Fietsen bijvoorbeeld, is op motorisch (micro) niveau aanzienlijk complexer dan autorijden; met name het handhaven van een wankel evenwicht op twee wielen, waarbij voortdurend veranderende krachten in het spel zijn, maakt de taak van de fietser op microniveau aanzienlijk complexer dan voor de automobilist die comfortabel in zijn stoel zit en niet de energie voor zijn eigen aandrijving hoeft te verzorgen. Juist fysiek belastende taken, zoals fietsen, zouden in dubbeltaakcondities, bij verdeelde aandacht, grote leeftijdsverschillen te zien kunnen geven. Op meer theoretisch niveau zou het wenselijk zijn na te gaan in hoeverre er interferentie kan optreden tussen processen die langdurig, onder constant mapping condities geoefend zijn (microniveau), en complexere verwerkingsprocessen die meer van de verwerkingscapaciteit opeisen (mesoniveau). Indien er inderdaad sprake is van een dergelijke interferentie, betekent dit dat automatische informatieverwerking een beroep doet op de verwerkingscapaciteit.

Er is nog geen onderzoek verricht dat erop zou kunnen wijzen dat leeftijdsspecifieke VA problemen ook buiten het laboratorium zouden kunnen bestaan. Met name autorijden en fietsen zijn taken waarbij VA in principe noodzakelijk is. Bovendien bestaan rijtaken uit simultaan uit te voeren beheerste, en automatische taakvariabelen. Dit betekent dat de rijtaken zich bij uitstek lenen voor fundamenteel onderzoek naar beheerste en automatische informatieverwerking bij niet-artificiële, complexe vaardigheden.

7 UITGEBREIDE SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Om de veiligheid en mobiliteit van ouderen te handhaven is kennis nodig van de invloed van leeftijdsspecifiek psychomotorisch functieverlies op vaardigheden in het verkeer. Deze studie biedt een inventaris en evaluatie van deze kennis. Op grond hiervan worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

Ongevalsstatistieken geven aan dat ongeveer vanaf het 60e levensjaar de verkeersonveiligheid begint toe te nemen, ondanks het feit dat risicovolle situaties steeds meer vermeden worden. Een toenemende fysieke kwetsbaarheid en afnemende vaardigheden spelen hierbij een belangrijke rol. Hoe vaardigheden met het ouder worden veranderen onder invloed van functieverlies, ervaring, dagelijkse routine en risico-aanpassing leent zich voor verder onderzoek (conclusie 1).

Afnemende vaardigheden komen vooral naar voren op micro- en mesoniveau van de verkeerstaak, waar een beroep gedaan wordt op zintuigfuncties, ruimtelijk inzicht, selectieve en verdeelde aandacht, snelheid en aangeleerde handelingssequenties. Taakvariabelen die voor ouderen vaak problemen opleveren kunnen in vier clusters worden ingedeeld:

- 1 Inhalen, verandering van rijstrook, bochten nemen
- 2 Handelingen op kruispunten en interactie met ander verkeer
- 3 Opmerkzaamheid en observatie
- 4 Bijzondere verrichtingen.

Met betrekking tot de oorzaken van de toenemende verkeersonveiligheid onder ouderen bleek de invloed van visuele factoren beperkt. Hiervoor zijn vier redenen aan te geven:

- Visuele variabelen die bij het ouder worden achteruitgaan hebben primair betrekking op het waarnemen van details, wat van ondergeschikt belang is in het verkeer.
- Ouderen compenseren voor hun verminderde visuele capaciteiten.

- Dankzij medische voorzorg en selectie is visueel functieverlies normaliter niet ernstig genoeg.
- De ergonomische vormgeving van de verkeersomgeving maakt visuele beperkingen minder kritisch.

Opgemerkt werd dat visuele capaciteiten waarschijnlijk kritischer worden naarmate de zichtcondities ongunstiger zijn, zoals bij regen en duisternis.

Vestibulair, haptisch en auditief functieverlies, dat bij ouderen frequent optreedt kunnen de verkeersonveiligheid ook vergroten. Omdat vooral vestibulair en haptisch functieverlies een aantal nadelige consequenties kan hebben, is verder onderzoek op dit gebied aan te bevelen (conclusie 2).

Bij het ouder worden neemt ten gevolge van degeneratieve veranderingen in het zenuwstelsel de snelheid van neuronale interactie en het aantal neuronale verbindingen af. Met name degeneratie van frontale hersengebieden kan nadelige consequenties hebben bij de uitvoering van complexe perceptief-motorische taken, zoals autorijden en fietsen.

Eén van de waarschijnlijke gevolgen van neuronale degeneratie is dat ouderen bij een groot aantal taken trager zijn dan jongeren. De accuratesse van taakuitvoering neemt daarbij niet of nauwelijks af. Omdat complexe reacties meer neuronale capaciteit vergen dan eenvoudige (reflex)reacties, worden de effecten van leeftijd groter bij toenemende taakcomplexiteit ("complexiteitseffect"). Ook onder tijdsdruk nemen de verschillen tussen ouderen en jongeren toe. Motorische factoren (stijfheid, spierdystrofie) beïnvloeden de snelheid van ouderen alleen bij krachtige of extensieve bewegingen.

De bekendste hypothesen, de Verwerkingsnelheid Hypothese en de Signaal-ruis Hypothese, werden behandeld. Hoewel beide hypothesen empirisch ondersteund worden, maakt geen van beide direct inzichtelijk, hoe afname van het aantal neuronale koppelingen leidt tot de specifieke combinatie

van vertraging en handhaving van accuratesse bij ouderen. Een theorie gebaseerd op de resultaten van onderzoek met "neuronale netwerken" doet dit wel (conclusie 3).

Behalve vertraging vertoont de taakuitvoering van ouderen ook kwalitatieve verschillen ten opzichte van jongeren. Kenmerkend is de achteruitgang in prestaties op ruimtelijke taken die niet lijkt terug te voeren op een tragere informatieverwerking. Onderzoek naar perceptieve strategieën en probleemoplossen wijst erop dat ouderen moeite hebben met het structureren en organiseren van informatie. Voor wat betreft geheugentaken hebben ouderen vooral moeite met taken die een beroep doen op het recente geheugen. Omdat dit geheugen van belang is voor deeltaken op macroniveau, waarmee ouderen weinig problemen lijken te hebben, zijn geheugenbeperkingen waarschijnlijk van beperkte invloed op hun verkeersgedrag (conclusie 4).

Ook bij laboratoriumtaken, waar relevante stimuli uit een aantal irrelevante stimuli geselecteerd moeten worden (selectieve aandacht), vertonen ouderen een grotere achterstand naarmate de taak moeilijker (bij toenemend aantal relevante of irrelevante stimuli) of onbekender wordt. Beargumenteerd werd echter dat in een normale verkeersomgeving het onderscheid tussen relevante en irrelevante stimuli overvloedig en bekend is en dat irrelevante stimuli gemakkelijk, op basis van een groot aantal stimulusdimensies, te negeren zijn. Om aan te tonen dat selectieve aandacht ook in de praktijk een fundamenteel aspect is van de problematiek van ouderen, verdient het daarom aanbeveling experimentele paradigma's te ontwikkelen, waarin de organisatie van informatie meer overeenkomst vertoont met de informatie in de verkeersomgeving (conclusie 5). Dezelfde conclusie mag gelden voor het begrip perceptieve stijl, dat hoofdzakelijk in terminologisch opzicht verschilt van het begrip selectieve aandacht.

Prestatieverschillen tussen ouderen en jongeren nemen ook toe bij taken waarin informatie van verschillende bronnen simultaan of snel alternerend verwerkt moet worden (ver-

deelde aandacht). Er bestaat nog geen bevredigende en empirisch getoetste verklaring voor dit verschijnsel. Een voor de hand liggende verklaring is gebaseerd op de gedachte dat de dubbeltaakprocedure een alternatieve manier is om taakcomplexiteit te manipuleren. In dat geval wordt het leeftijds-effect van dubbeltaken verklaard door de beperkte verwerkingscapaciteit van ouderen die al op basistaken naar voren komt. Tot nu toe heeft onderzoek waarin voor deze alternatieve verklaring gecontroleerd werd, tegenstrijdige resultaten opgeleverd. Deze tegenstrijdigheden kunnen verklaard worden met een experiment waarin aangetoond wordt dat het verdeelde aandacht-effect alleen optreedt bij dubbeltaken waarin informatie werkelijk tegelijkertijd door de zintuigen geregistreerd moet worden (conclusie 6).

Nadat een dergelijk laboratoriumexperiment is uitgevoerd, kan in veldexperimenten met een geïnstrumenteerde auto onderzocht worden, welke taakvariabelen voor ouderen problematisch zijn. Kennis hieromtrent is nodig bij (ergonomische) maatregelen waarmee ouderen geholpen kunnen worden. Op deze wijze kan bijvoorbeeld onderzocht worden wat de gevolgen zijn van de tragere informatieverwerking bij het autorijden en of ouderen ook bij het autorijden moeite hebben met het selecteren van taakrelevante informatie of het verdelen van de aandacht tussen verschillende bronnen van relevante informatie.

In het voorgaande werden conclusies geformuleerd met betrekking tot de richting van verder onderzoek. Vooruitlopend op de resultaten hiervan kunnen reeds enkele worden samengevat:

- De auto is voor ouderen een relatief veilig vervoermiddel; fiets en bromfiets zijn aanzienlijk minder veilig.
- Intensievere selectie op visuele functies zal weinig positieve consequenties hebben voor de verkeersveiligheid.

- Een aangepaste fiets kan de veiligheid vergroten van oudere fietsers die door fysieke achteruitgang en vestibulair/haptisch functieverlies minder goed in staat zijn een wankel evenwicht op twee wielen te bewaren.
- Vooral in een omgeving met veel verkeersgeluid is de kans groot dat ouderen essentiële informatie, zoals waarschuwingssignalen, missen.
- De verkeersomgeving dient zodanig te worden ingericht dat ouderen zich aan de snelheid van het andere verkeer kunnen aanpassen zonder dat daarbij overbelasting ontstaat. Infrastructurele oplossingen verdienen daarom de voorkeur boven oplossingen met borden.
- In het verlengde hiervan dient bij het wegontwerp gestreefd te worden naar een eenvoudige ruimtelijke structuur, vanzelfsprekendheid, eenvoudige regels en algemene basisprincipes die zoveel mogelijk onafhankelijk zijn van specifieke eigenschappen van concrete situaties zelf. In de praktijk betekent dit dat verschillende wegbeheerders voor vergelijkbare situaties zoveel mogelijk naar gelijksoortige oplossingen zullen moeten zoeken. Oplossingen moeten daarbij aansluiten op verwachtingen van verkeersdeelnemers. Hoe weggebruikers situaties interpreteren, categoriseren en op basis hiervan een verwachtingspatroon ontwikkelen is nog niet goed bekend en leent zich dus voor nader onderzoek.

8 EXTENDED SUMMARY, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In order to maintain safety and mobility of elderly people more knowledge is required about the effects of psychomotoric decline on traffic skills. The present study offers an inventarisation and evaluation of this knowledge, based on which recommendations are given for further research.

Statistics indicate that from age 60 (fatal) accident risk starts to increase despite the fact that traffic situations regarded as dangerous are avoided more and more. An increased physical vulnerability and deteriorated skills are

the main contributors to unsafety of elderly road users. Further research may show how skills change as a consequence of experience, daily routine, risk-compensation and functional deterioration (conclusion 1).

Deteriorated skills emerge especially on micro- and meso-level of traffic tasks. On these levels perceptual functions, visuo-spatial abilities, selective and divided attention, speed and acquired skills are important for task performance. Driving variables that produce problems with increasing age can be grouped into four categories:

- 1 Overtaking, changing lanes, taking curves
- 2 Actions on crossings and interaction with other traffic
- 3 Attention and observation
- 4 Special manoeuvres, like reversing.

Four reasons were given why the influence of visual functions on traffic unsafety may be limited:

- Visual functions that deteriorate with increasing age refer primarily to focal vision, which is of minor relevance for traffic participation.
- Elderly traffic participants compensate for their decreased visual capabilities.
- Due to medical eye-care and selection systems, the range in visual capabilities of road users is mostly sufficient.
- Sophisticated ergonomic design of the traffic environment.

Visual capabilities may become more critical when sight conditions are less favourable, as is the case during fog, rain and/or darkness.

Age-specific deterioration of the vestibular, haptic and/or auditory system may also increase traffic unsafety of the elderly. These possibilities have not been studied yet. Because especially vestibular and haptic decline may have detrimental consequences, specific research on this area is recommended (conclusion 2).

As a result of neuronal degeneration, speed of neuronal interactions and the number of neuronal connections decreases. Especially degeneration of frontal cerebral areas may have disadvantageous effects for performance on complex sensomotoric tasks, like car driving and bicycling.

One important consequence of neuronal degeneration is a slower performance on a variety of tasks, while accuracy shows only minimal changes. Because complex reactions request more neuronal capacity than simple (reflex) reactions, age effects increase with increasing task complexity ("complexity effect"). Time pressure has the same effect. The role of muscular deteriorations on slowing with age is limited to movements at large extents made at maximum speed.

The most well-known hypotheses, the processing rate and the signal-noise hypothesis, were discussed. Although both hypotheses receive empirical support, none of them makes directly clear how a reduced number of neuronal connections leads to the well-known speed-accuracy behaviour in task performance of the elderly. However, a theory based on knowledge from research on "neuronal networks" may provide a satisfactory explanation for this (conclusion 3).

Apart from a generalized slowing in task performance, aging produces some qualitative changes too. Notable in this respect is performance deterioration on spatial tasks, which seems not to be accounted for by reduced processing speed. Studies based on perceptual strategies and problem solving indicate that elderly people are less able to structure or organize information than the young. With respect to memory functions, performance of the elderly is very poor on recent memory tasks (secondary memory). Because secondary memory is only important on macro-level of the traffic task, i.e. without major difficulties for the elderly, memory dysfunction probably will produce only minimal effects on traffic behaviour (conclusion 4).

Laboratory experiments in which relevant stimuli have to be discriminated from irrelevant stimuli (selective attention)

show that effects of age mostly increase with the amount of interfering stimuli. Because in a normal environment differences between relevant and irrelevant stimuli are redundant and self-evident, and irrelevant stimuli are mostly easy to ignore, experimental paradigms have to be developed that are more in accordance with the traffic environment (conclusion 5). The same conclusion counts for perceptive style, which differs mainly in terminological respect from selective attention.

Effects of age also increase in tasks requiring information processing from different sources at the same time or in quickly alternating order (divided attention tasks). There has not yet been given a satisfying and empirically tested explanation for this phenomenon. An obvious explanation is based on the idea that the double task procedure is just an alternative to manipulate task complexity. If so, an age-specific divided attention effect may be caused by (general) processing capacity limitations for the elderly, which are already seen in performance on single base tasks. Experimental designs in which this effect was controlled produced inconsistent results. These inconsistencies may be solved by an experiment in which it is demonstrated that an age-specific divided attention effect appears only when information has to be picked up by the senses in an actually simultaneous way, as is the case in dichotic listening experiments (conclusion 6).

After such an experiment, field experiments with an instrumented car may show task variables, like the ones mentioned above, that impose difficulties for the elderly. More knowledge on this subject is required to take (ergonomic) adjustments to the needs of the elderly. For example, in this way the effects of decreased processing speed for the driving task may be determined. Another possibility is to determine whether the driving task also produces an age effect of selecting task-relevant information or dividing attention between multiple sources of relevant information.

Main conclusions of this study with respect to safety of elderly traffic participants are the following:

- Car driving is a relatively safe way of transport for the elderly; (motorized) bicycling is substantially less safe.
- More intensive selection on visual functions will not produce substantial desired effects for traffic safety.
- An adapted bicycle will increase safety of elderly cyclists, who are less able to maintain an unstable balance on two wheels, in consequence of physical, vestibular and haptic decline.
- Especially in an environment with much ambient noise, elderly traffic participants run the risk of missing important information, like warning signals.
- The traffic environment has to be designed such, that elderly road users are able to adapt to the speed of other traffic without suffering overload. Infra-structural solutions, therefore, are to be preferred to solutions with traffic signs.
- Also, road designers have to aim at a simple spatial structure, self-evidence of traffic events, simple rules, and invariant layouts, which are more or less independent of specific characteristics of concrete situations. In practice this means that traffic authorities have to search for uniform solutions for comparable situations. In addition, solutions have to correspond with the specific interpretations, categorizations and expectations of road users. This subject requires more research.

REFERENTIES

- Albert, M.S., Kaplan, E. (1980) Organic implications of neuropsychological deficits in the elderly. In: Poon, L.W., Fozard, J.L., Cermak, L.S. & Arenberg, D. (Eds.) New directions in memory and aging: Proceedings of the George A. Talland memorial conference, Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale N.J.
- Arenberg, D. (1973) Cognition and aging: Verbal learning, memory and problem solving. In: Eysdorfer, C. & Lawton, M.P. (Eds.) Psychology of Adult, Devevelopment and Aging. American Psychological Association, Washington D.C..
- Aviolo, B.J., Galen Kroeck, K., Panek, P.E. (1985) Individual differences in information-processing ability as a predictor of motor vehicle accidents. Human Factors 27(5), 577-587.
- Axelrod, S., Thompson, L.W., Cohen, L.D. (1968) Effects of senescence in the temporal resolution of somesthetic stimuli presented to one hand or both. Journal of Gerontology 23, 191-195.
- Ball, K., Sekuler, R. (1986) Improving visual perception in older observers. Journal of gerontology 41, 176-182.
- Barrett, F.V., Thornton, C.L. (1968) Relationship between perceptual style and driver reaction to an emergency situation. Journal of Applied Psychology 52, 169-176.
- Birren, J.E. (1964) The psychology of aging. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey.
- Birren, J.E. (1970) Toward an experimental psychology of aging. American Psychologist 25, 124-135
- Birren, J.E. (1974) Translations in gerontology: From lab to life: Psychophysiology and speed of response. American Psychologist 29, 808-815.
- Birren, J.E., Woods, A.M., Williams, M.V. (1980) Behavioral slowing with age: causes, organisation and consequences. In: Poon L.W. (Ed.) Aging in the 1980's. American Psychological Association, Washington D.C, 293-308.
- Black, F.O., O'Leary, D.P., Wall, C., III, Furman, J. (1977) The vestibulo spinal stability test (VESST): normal limits. Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology 84, 549-560.
- Black, F.O. (1979) The aging vestibular system. In: Han, S. & Coons, D. (Eds.) Special senses in aging - a current biological assessment. University of Michigan, Ann Arbor.
- Botwinick, J., Robbin, J.S., Brinley, J.F. (1960) Age differences in card-sorting performance in relation to task difficulty, task set, and practice. Journal of Experimental Psychology 59, 10-18.
- Botwinick, J. (1965) Theories of antecedent conditions of speed of response. In: Welford, A.T. & Birren J.E. (Eds.) Behavior, Aging and the nervous system. Charles C. Thomas, Springfield, Ill.

- Botwinick, J. (1973) *Aging and behavior: A comprehensive integration of research findings*. Springer Publ. Co. Inc., New York.
- Botwinick, J. (1977) Intellectual abilities. In: Birren, J.W. & Schaie, K.W. (Eds) *Handbook of the psychology of aging*, VNR, New York.
- Brainin, P.A. (1980) Safety and mobility issues in licencing and education of older drivers. Dunlap and Associates, Darien CT 20590.
- Broadbent, D.E. (1958) *Perception and communication*. Pergamon Press, London.
- Broadbent, D.E., Gregory, M. (1965) Some confirmatory results on age differences in memory for simultaneous stimulation. *British Journal of Psychology* 56, 77-80.
- Bromley, D.B. (1958) Some effects of age on short-term learning and memory. *Journal of Gerontology* 13, 398-406.
- Burg, A. (1971) Vision and driving: A report on research. *Human Factors* 13 (1), 79-87.
- Burke, D.M., Light, L.L. (1981) Memory and Aging: The role of retrieval processes. *Psychological Bulletin* 90, 513-546.
- Campbell, B.J. (1966). Driver age and sex related to accident time and type. *Traffic Safety Research Review* 10, 36-44.
- Campbell, F.W., Maffei, L. (1974) *Scientific American* 231, 106.
- Case, H.W., Hulbert, S., Beers, J. (1970) Driving ability as affected by age. Report no. 70-18, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Los Angeles.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (1985/1986). *Statistisch zakboek 1984 en 1985*, Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
- Cerella, J., Poon, L.W., Fozard, J.L. (1981) Mental rotation and age reconsidered. *Journal of Gerontology* 36, 620-624.
- Cerella, J. Poon, L.W., Fozard, J.L. (1982) Age and iconic read-out. *Journal of Gerontology* 37, 197-202.
- Charness, N. (1985) Aging and problem-solving performance. In Charness N. (Ed.) *Aging and human performance*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Clark, L.E., Knowles, J.B. (1973) Age differences in dichotic listening performance. *Journal of Gerontology* 28, 173-178.
- Cooper-Howel, S. (1972) Familiarity and complexity in perceptual recognition. *Journal of Gerontology* 27, 364-371.
- Coyne, A.C. (1981) Age differences and practice in forward visual masking. *Journal of Gerontology* 36, 730-732.
- Craik, F.I.M. (1965) The nature of the age decrement in performance on dichotic listening tasks. *Quart. J. Exp. Psych.* 17, 227-240.
- Craik, F.I.M., Lockhart, R.S. (1972) Levels of processing: A framework for memory research. *J. Verb. Learn. Verb. Behav.* 11, 671-684.

- Craik, F.I.M. (1973) Signal detection analysis of age differences in divided attention. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Montreal.
- Craik, F.I.M. (1977) Age differences in human memory. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Craik, F.I.M., Byrd, M. (1982) Aging and cognitive deficits: the role of attentional resources. In: R.I.M. Craik, S. Trehub (Eds.) Aging and cognitive processes, Plenum: New York, 191-211.
- Crossman, E.R.F.W., Szafran, J. (1956) Changes with age in the speed of information in take and discrimination. *Experientia Suppl.* 4, 128-135.
- Davison, P.A. (1978) The role of drivers vision in road safety. *Lighting research technology* 10 (3), 125-129.
- Decker, T.M. (1974) A survey of hearing loss in an older age hospital population. *The Gerontologist* 14, 402-403.
- Eysenck, M.W. (1974) Age differences in incidental learning. *Development Psychology* 10, 936-941.
- Farkas, M.S., Hoyer, W.J. (1980) Processing consequences of perceptual grouping in selective attention. *Journal of Gerontology* 35, 207-216.
- Fozard, J.L., Wolff, E., Bell, B., McFarland, R.A., Podolsky, S. (1977) Visual perception and communication. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Fozard, J.L. (1981) Speed of mental performance and aging: Costs of age and benefits of wisdom. In: Pirozzolo, F.J. & Maletta, G.J. (Eds.) Behavioral Assessment and Psychopharmacology, Praeger, New York.
- Gaylord, S.A., Marsh, G.R. (1975) Age differences in the speed of a spatial cognitive process. *Journal of Gerontology* 30, 674-678.
- Gilmore, G.C., Tobias, T.R., Royer, F.L. (1985) Aging and similarity grouping in visual search. *Journal of Gerontology* 40, 586-592.
- Gregory, R.L. (1957) Increase in neurological noise as a factor in aging. Proceedings of the 4th congress of the international association of Gerontology, Merano, Italy.
- Griew, S. (1959) Complexity of response and time of initiating responses in relation to age. *American Journal of Psychology* 72, 83-88.
- Griew, S. (1964) Age, information transmission and the positional relationship between signals and responses in the performance of a choice task. *Ergonomics* 7, 267-277.
- Haas, I., Reken, K. (1977) Lebensalter und Fahrerfahrung als Variablen des Unfallgeschehens und sicherheitsrelevanter Einstellungen. In: Heft 8 der Schrittenreihe Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr 55, 89-110.

- Hale, S., Myerson, J., Wagstaff, D. (1987) General slowing of nonverbal information processing: Evidence for a power law. *Journal of Gerontology* 42, 131-136.
- Hasher, L., Zacks, R.T. (1979) Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General* 108, 356-388.
- Heath, H.A., Orbach, J. (1963) Reversibility of the Necker-cube: IV: Responses of elderly people. *Perceptual Motor Skills* 17, 625-626.
- Hebenstreit, B. (1974) Ergebnisbericht an den Deutschen Verkehrssicherheitsrat über den Forschungsauftrag "Sehtest bei unfallsbeteiligten Fahrzeuglenkern im Strassenverkehr" 19, 2.
- Hopfield, J.J., Tank, D.W. (1986) Computing with neural circuits: a model. *Science* 233, 625-633.
- Howell, T.H. (1949) Senile deterioration of the central nervous system: clinical study. *British Medical Journal* 1, 56-58.
- Inglis, J., Caird, K.W. (1963) Age differences in responses to simultaneous stimulation. *Canadian Journal of Experimental Psychology* 17, 78-105.
- Jacewicz, M.M., Hartley, A.A. (1987) Age differences in the speed of cognitive operations: resolution of inconsistent findings.
- Jenkins, J.J. (1974) Can we have a theory of meaningful memory? In: Solso, R.L. (Ed.) *Theories in cognitive psychology: The Loyola Symposium*, pp. 1-20. Lawrence Erlbaum Associates, Potomac, Maryland.
- Jones, M.H. (1978) Driver performance measures for the safe performance curriculum. Final Report, DOT Contract No. DOT-HS-01263. Traffic Safety Center, Institute of Safety Systems Management, University of Southern California.
- Kausler, D.H. (1982) *Experimental psychology and human aging*. John Wiley & Sons, New York.
- Kirasic, C.K., Allen, G.L. (1985) Aging, spatial performance and spatial competence. In: Charness, D. (Ed.) *Aging and human performance*. Wiley & Sons, Chichester.
- Kline, D.W., Szafran, J. (1975) Age differences in backward monoptic visual noise masking. *Journal of Gerontology* 30, 307-311.
- Kline, D.W., Birren, J.E. (1975) Age differences in backward dichoptic masking. *Experimental Aging Research* 1, 17-25.
- Klodin, V.M. (1975) Verbal facilitation of perceptual integrative performance in relation to age. Doctoral dissertation, Washington University. St. Louis.
- Kolb, B., Wishaw, I.Q. (1980) *Fundamentals of human neuropsychology*, Freeman and Comp. San Francisco.
- Korteling, J.E. (1987) Reactiesnelheid en rijvaardigheid van gerevalideerde hersentraumapatiënten en ouderen. Rapport IZF 1987-19, Instituut voor Zintuigfysiologie, Soesterberg.

- Laan, F.L. van der, Oosterveld, W.J. (1974) Age and vestibular function. *Aerospace Medicine* 45, 540-547.
- LaFratta, C.W., Canestrari R.E. (1966) A comparison of sensory and motor nerve conduction velocities in relation to age. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 47, 286-290.
- Laidlaw, R.W., Hamilton, M.A. (1937) A study of thresholds in appreciation of passive movement among normal control subjects. *Bulletin of the Neurological Institute* 6, 268-273.
- Landahl, H.D., Birren, J.E. (1959) Effects of age on the discrimination of lifted weights. *Journal of Gerontology* 14, 48-55.
- Layton, B. (1975) Perceptual noise and aging. *Psychological Bulletin* 821, 875-883.
- Leibowitz, H.W., Owens, D.A. (1977) Nighttime accidents and selective visual degradation. *Science* 197, 4302, 422-423.
- Leibowitz, H.W., Post, R.B. Brandt, T., Dichgans, J. (1982) Implications of recent developments in dynamic spatial orientation and visual resolution for vehicle guidance. In: Wertheim, A.H., Wagenaar, W.A. & Leibowitz, H.W. (Eds.) *Tutorials on motion perception*. Plenum Press, New York.
- Luria, A.R. (1973) *The working brain*. Penguin Books, New York.
- Luoma, J. (1986) The acquisition of visual information by the driver: interaction of relevant and irrelevant information. Central Organisation for Traffic Safety, Research Department, Helsinki.
- Macht, M.L., Buschke, H. (1984) Speed of recall in Aging. *Journal of Gerontology* 39, 439-443.
- Madden, D.J., Nebes, R.D. (1980) Aging and the development of automaticity in visual search. *Developmental Psychology* 16, 377-384.
- Madden, D.J. (1982) Age differences and similarities in the improvements of controlled search. *Experimental Aging Research* 8, 91-98.
- Madden, D.J. (1983) Aging and distraction by highly familiar stimuli during visual search. *Developmental Psychology* 19, 499-507.
- Maleck, T.L., Hummer, J.E. (1986) Driver age and highway safety. *Transportation Research Record* 1059.
- Marsh, G., Thompson, L.W. (1972) Age differences in evoked potentials during an auditory discrimination task. *Gerontologist* 12, 44.
- McDowd, J. (1986) The effects of age and extended practice on divided attention performance. *Journal of Gerontology* 41, 764-769.
- McFarland, R.A., Tune, C.S., Welford, A.T. (1964) On driving of automobiles by older people. *Journal of Gerontology* 19, 190-197.
- McKenna, F.R., Duncan, J., Brown, I.D. (1986) Cognitive abilities and safety on the road: a reexamination of individual differences in dichotic listening and

- search for embedded figures. *Ergonomics* 29 (5), 649-663.
- Mihal, W.L., Barrett, G.V. (1976) Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. *Journal of Applied Psychology* 61 (2), 229-233.
- Miles, W.R. (1931) Measures of certain human abilities throughout life span. *Proceedings of the National Academy of Science* 17, 627-633.
- Morikiyo, Y., Iida, H., Nishioka, A. (1967) Age and choice reaction time. *J. Sci. Lab.* 43, 636-642.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive psychology*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- Olson, P.L. (1974) Aspects of driving performance as a function of field dependence. *Journal of Applied Psychology* 59(2), 192-196.
- Oosterveld, W.J. (1983) Changes in vestibular function with increasing age. In: Hinchcliffe R. (Ed.) *Hearing and balance in the elderly*.
- Panek, P.E., Barrett, G.V., Sterns, H.L., Alexander, R.A. (1977) A review of age changes in perceptual information processing ability with regard to driving. *Experimental aging research* 3, 387-449.
- Panek, P.E., Barrett, G.V., Sterns, H.L., Alexander, R.A. (1978) Age differences in perceptual style, selective attention and perceptual-motor reaction time. *Experimental aging research* 4, 377-387.
- Parkinson, S.R., Lindholm, J.M., Ingman, V.W. (1982) An analysis of age differences in immediate recall. *Journal of Gerontology* 37, 425-431.
- Planek, F.W., Condom, M.E., Fowler, R.C. (1968) An investigation of the problems and opinions of aged drivers, Report No 5/68, National Safety Council, Chicago, Illinois.
- Planek, T.W., Fowler, R.C. (1969) A closer look at the older driver. *Traffic Safety* 69, 8-11 36-39.
- Planek, T.W., Fowler, R.C. (1971) Traffic accident problems and exposure characteristics of the aging driver. *Journal of Gerontology* 26, 224-230.
- Planek, T.W. (1974) Factors influencing the adaptation of the aging driver to today's traffic. *Clinic Medicine*, May, 36-43.
- Plude, D.J., Hoyer, W.J. (1981) Adult age differences in visual search as a function of stimulus mapping and information load. *Journal of Gerontology* 36, 598-604.
- Plude, D.J., Hoyer, W.J. (1985) Attention and performance: Identifying and localizing age deficits. In: Charness, D. (Ed.) *Aging and human performance*, Wiley & Sons, Chichester.
- Poon, L.W., Fozard, J.L., Vierch, V., Dailey, B.F., Cerella, J., Zeller, P. (1976). The effects of practice and information in feedback on age-related

- differences in performance, speed, variability and error rates in a two-choice decision task. Paper presented at the American Psychological Association. Symposium on Decision Making and Aging, Washington D.C.
- Poon, L.W. (1985) Differences in human memory with aging: nature causes and clinical implications. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Posner, M.I., Snyder, C.R.R. (1975) Facilitation and inhibition of the processing of signals. In: Rabbitt, P.M.A. & Dornic, S. (Eds.) Attention and Performance V. Academic Press, New York.
- Rabbitt, P.M.A. (1965) An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology* 20, 233-238.
- Rabbitt, P. (1977) Changes in problems solving ability in old age. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Rabbitt, P. (1979) Some experiments and a model for changes in attentional selectivity with old age. In: Hoffmeister, F. and Muller, C. (Eds.), Bayer Symposium VII: Evaluation of change, Springer Verlag, Bonn.
- Rabbitt, P., Vyas, S.M. (1980) Selective anticipation for events in old age. *Journal of Gerontology* 35, 913-919.
- Rajalakshoni, R., Jeeves, M.A. (1963) Changes in tachistoscopic form perception as a function of age and intellectual status. *Journal of Gerontology* 18, 275-278.
- Rees, J.N., Botwinick, J. (1971) Detection and decision vectors in auditory behavior of the elderly. *Journal of Gerontology* 26, 133-136.
- Reese, H.W., Rodeheaver, D. (1985) Problem solving and complex decision making. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Riemersma, J.B.J. (1987) Road user visibility and conspicuity, some comments. In: Kraay, J.H. and Ederveen, G.C. (Eds) Proceedings of the international workshop "recent developments in road safety research", The Hague.
- Rosenhall, U. (1973) Degenerative patterns in the aging human vestibular neuroepithelia. *Acta Oto-Laryngologica* 76, 208-220.
- Rosenhall, U. and Rubin, W. (1975) Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta Oto-Laryngologica* 79, 67-80.
- Ross, M.D., Johnsson, L.G., Peacor, D., Allard, L.F. (1976) Observations on normal and degenerating human oticonia. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology* 85, 310-327.
- Rosberg, G. (1964) Die Altersabhängigkeit der vestibulären Leistungsfähigkeit. Ein Beitrag zur Regulationsfunktion des Vestibularissystems. *Archiv. für klinische*

- und experimentelle Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde 181, 475-490.
- Runeson, S. (1977) On the possibility of smart perceptual mechanisms. *Scandinavian Journal of Psychology* 18, 172-179.
- Ryan, C. (1983) Reassessing the automaticity-control distinction: Item recognition as a paradigm case. *Psychological Review* 90, 171-178.
- Salthouse, T.A. (1976) Age and tachistoscopic perception. *Experimental Aging Research* 2, 91-103.
- Salthouse, T.A. (1979) Adult age and speed-accuracy tradeoff. *Ergonomics* 22, 811-821.
- Salthouse, T.A. (1980) Age differences in visual masking. A manifestation of decline in signal/noise ratio? Paper presented at the 33rd Annual Meeting of the Gerontological Society of America, San Diego.
- Salthouse, T.A., Somberg, B.L. (1982) Skilled performance effects of adult age and experience on elementary processes. *Journal of experimental psychology: General* 111, 176-207.
- Salthouse, T.A. (1982) *Adult cognition: an experimental psychology of human aging*, Springer Verlag, New York.
- Salthouse, T.A., Lichty, W. (1985) Tests of the neural noise hypothesis of age-related cognitive change. *Journal of Gerontology*, 443-450.
- Salthouse, T.A. (1985) Speed of behavior and its implications for cognition. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) *Handbook of the psychology of aging*, VNR, New York.
- Salthouse, T.A., Kausler, D.H. (1985) Memory methodology in maturity. In: Brainerd, C.J. & Pressley, M. (Eds.) *Basic Processes in memory development*. Springer Verlag, New York, 279-311.
- Salthouse, T.A. (1985) A theory of cognitive aging. In: Stelmach, G.E. & Vroom, P.A. (Eds.) *Advances in Psychology* 28, North-Holland, Amsterdam.
- Scheibel, M.E., Scheibel, A.B. (1975) Structural changes in the aging brain. In: Brody, H., Harman, D. & Ordy, J.M. (Eds.), *Aging I*, New York, Raven Press.
- Scheibel, M.E., Scheibel, A.B. (1977) Differential changes in old and new cortices. In: Naudy, K. & Sherwin, I. (Eds.), *The aging brain and senile dementia*. *Advances in Behavioral Biology* 23, Plenum Press, New York.
- Sheldon, J.H. (1960) On the natural history of falls in old age. *British Medical Journal* 5214, 1685-1690.
- Shiffrin, R.M., Schneider, W. (1977) Controlled and automatic human information processing. II: Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review* 84, 127-190.
- Shinar, D. (1977) *Driver visual limitations diagnosis and treatment*. Indiana University, Institute for Research in Public Safety. Contract DOT-HS-5-1275. Department of Transportation.

- Simon, J.R. (1968) Signal processing time as a function of aging. *Journal of Experimental Psychology* 78 (1), 76-80.
- Somberg, B.L., Salthouse, T.A. (1982) Divided attention abilities in young and old adults. *Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance* 8, 651-663.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV (1982) Verkeersrisico's in Nederland 1978-1980. Rapport 82-45, Leidschendam.
- Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV (1987) Analyse van de verkeersonveiligheid van oudere fietsers en voetgangers, deel 1 & 2. Rapport 87-9, Leidschendam.
- Stones, M.J., Kozman, A. (1985) Physical performance. In: Charness, N. (Ed.) *Aging and human performance*, J. Wiley & Sons, Chichester.
- Surwillo, W.W. (1968) Timing of behavior in senescence and the role of the central nervous system. In: Talland, G.A. (Ed.), *Human Aging and Behavior*, Academic Press, New York, 1-35.
- Surwillo, W.W., Quiller, R.E. (1964) Vigilance, age and response time. *American Journal of Psychology* 77, 614-620.
- Szafran, J. (1965) Decision processes and aging. In: Welford, A.T. & Birren, J.E. (Eds.). *Behavior, Aging and the nervous system*, Charles C. Thomas, Springfield, Il, 21-34.
- Szafran, J. (1966) Age, cardiac output and choice reaction time. *Nature* 209, 836.
- Talland, G.A. (1962) The effect of age on speed of simple manual skill. *Journal of Genetic Psychology* 100, 69-76.
- Talland, G.A. (1966) Visual signal detection as a function of age, input rate, and signal frequency. *Journal of Psychology* 63, 105-115.
- Treisman, A.M., Davis, A. (1973) Dividual attention to ear and eye. In: Kornblum, S. (Ed.) *Attention and Performance IV*, Academic Press, New York.
- Waller, P.F. (Ed.) (1972) *Aging and highway safety: The elderly in a mobile society*. Vol. 7. N.C. Symposium on Highway Safety, Chapel Hill, N.C.
- Walsh, D.A. (1976) Age differences in central perceptual processing. A dichoptic masking investigation. *Journal of Gerontology* 31, 178-185.
- Walsh, D.A. (1982) The development of visual information processes in adulthood and old age. In: Craik, F.I.M. & Trehub, S. (Eds.) *Aging and cognitive processes*, Plenum Press, New York.
- Waugh, N.C., Fozard, J.L., Talland, G.A., Erwin, D.E. (1973) Effects of age and stimulus repetition on two choice reaction time. *Journal of Gerontology* 28, 466-470.

- Wehner, R. (1981) Spatial vision in arthropods. In: Antrun, H. (Ed.) Handbook of sensory physiology, Vol. VII/6c. Springer Verlag, Berlin.
- Weiss, A.D. (1963) Auditory perception in relation to age. In: Birren, J.E., Buter, R.N., Greenhouse, S.W., Sokolov, L. & Yarrow, M.R. (Eds) Human Aging: A biological and behavioral study. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Bethesda, Maryland.
- Welford, A.T. (1958) Aging and human skill. Oxford University Press, London.
- Welford, A.T. (1962) On changes of performance with age. *Lancet* 1, 335-339.
- Welford, A.T. (1964) Experimental psychology in the study of aging. *Brit. Med. Bull.* 20, 65-69.
- Welford, A.T. (1973) Aging and human skill. Greenwood Press, Westport, Conn.
- Welford, A.T. (1977) Motor Performance. In: Birren, J.E. & Schaie, K.W. (Eds.) Handbook of the psychology of aging, VNR, New York.
- Welford, A.T. (1980) The single channel hypothesis. In: Welford, A.T. (Ed.) Reaction times, Academic Press, London.
- Welford, A.T. (1981) Signal, noise, performance and age. *Human Factors* 23, 97-109.
- Welford, A.T. (1984) Between bodily changes and performance: Some possible reasons for slowing with age. *Experimental Aging Research* 10, 73-88.
- Welford, A.T. (1985) Changes of performance with age: an overview In: Charness N. (Ed.) Aging and human performance, John Wiley & Sons, Chichester.
- Wesemann, P. (1981) Verkeersveiligheid van oudere mensen. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.
- Wingfield, A., Poon, L.W., Lombardi, L., Lowe, D. (1985) Speed of processing in normal aging: effects of speech rate, linguistic structure, and processing time. *Journal of Gerontology* 40, 579-585.
- Witkin, H. A. (1950) Individual differences in ease of perception of embedded figures. *Journal of Personality* 19, 1-15.
- Witkin, H.A., Lewis, H.B., Herzman, M., Machover, K., Bretnal Meissner, P., Wapner, S. (1954) Personality through perception. Harper & Broth., New York.
- Woodruff, D.S. (1982) Advances in the psychophysiology of aging. In: Craik, F.I.M. & Trehub, S. (Eds.) Aging and cognitive processes, Plenum Press, New York.
- Wright, L.L., Elias, J.W. (1979) Age differences in the effects of perceptual noise. *Journal of Gerontology* 34, 704-708.
- Wright, R. E. (1981) Aging, divided attention and processing capacity. *Journal of Gerontology* 36, 605-614.
- Young, J. Z. (1978) Programs of the brain. Oxford University Press, London.

VERZENDLIJST

1. Hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. {
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
- 4,5. Wnd. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. {
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
7. Directie Militair Geneeskundige Diensten
Gen.Maj.-arts R.G. Nypels
8. Inspecteur Geneeskundige Dienst Koninklijke Landmacht
Brig.Gen.-arts H.W. Cremer
9. Inspecteur Geneeskundige Dienst Koninklijke Luchtmacht
Cdre vliegerarts G.K.M. Maat
10. Inspecteur Geneeskundige Dienst Zeemacht
Cdr-arts A.J. Noordhoek
- 11,12,13. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.-
Centrum voor de Krijgsmacht

LEDEN WAARNEMINGS CONTACT COMMISSIE

14. Ir. T. Bakker
15. Ir. J. Bos
16. Maj.Ir. W.C.M. Bouwmans
17. Dr. N. Guns
18. LTZ SD 2 OC M.M. de Graaf
19. Ir. P.A.G.M. Huijsmans
20. LTZAR 1 K.B.J.A. Mercx
21. Drs. F.H.J.I. Rameckers
22. Prof.Ir. C. van Schooneveld
23. Maj.Drs. H.W. de Swart
24. Kol. vliegerarts B. Voorsluijs

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aan-
gevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWOO.
