

Deze pagina en de verzendlijst en het RDPformulier uit de WP template halen!!!!

TNO-rapport
TM-00-C044N

Titel

Kansen voor een technologie-ondersteunde rijopleiding

TNO Technische Menskunde

auteurs

K. van den Bosch en J.E. Korteling

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

Telefoon 0346 35 62 11
Fax 0346 35 39 77

datum

30 november 2000

Alle rechten voorbehouden.
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.

Opdrachtgever : ..

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Aantal pagina's : 31 (incl. bijlagen, excl. distributielijst)

© 2000 TNO

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 ACHTERGROND	5
2 INLEIDING	5
3 HUIDIGE RIJOPLEIDINGEN	6
3.1 Huidig theorie-onderwijs	7
3.1.1 Onderwijskundige aanpak	7
3.1.2 Keuze van de leerstof	7
3.1.3 Leerstofpresentatie	8
3.2 Huidige praktijkopleiding	9
4 TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN GEAVANCEERDE LEERMIDDELEN	9
4.1 Simulatortraining voor vliegeropleidingen	10
4.2 Mogelijkheden voor Computer Ondersteund Onderwijs in verkeertheorie	11
4.3 Mogelijkheden voor rijsimulatoren	12
4.3.1 Te leren rijtaken	13
4.3.2 Simulatie-technologie	14
4.3.3 PC-gebaseerde rijsimulator	15
4.4 Validatie van rijsimulatoren	16
4.5 Rijsimulatoren in de praktijk	18
5 DIDACTISCH MODEL VOOR RIJOPLEIDING MET GEAVANCEERDE LEERMIDDELEN	22
5.1 Doelstelling	22
5.2 Globale functionele specificaties voor COO	23
5.3 Globale functionele specificaties voor een kosten-effectieve rijsimulator	23
6 DISCUSSIE	27
REFERENTIES	30

Kansen voor een technologie-ondersteunde rijopleiding

K. van den Bosch en J.E. Korteling

SAMENVATTING

Vraagstelling. Bij rijopleidingen in Nederland ligt het accent op lessen in het voertuig, onder leiding van een instructeur. Een belangrijke beperking van deze onderwijsvorm is dat de rij-instructeur voor het aanbieden van leersituaties afhankelijk van wat er zich toevallig in het verkeer voordoet. Leersituaties kunnen in principe door de inzet van Computer Ondersteund Onderwijs (COO) en rijsimulatoren, systematisch, en in een optimale volgorde en frequentie worden aangeboden. Echter, ondanks snelle technologische ontwikkelingen is een full-mission rijsimulator, waarmee alle rijtaken kunnen worden geoefend, nog niet mogelijk.

De Adviesdienst Verkeer & Vervoer van het Ministerie van Rijkswaterstaat onderzoekt, in samenwerking met Volpe National Transportation System Center in de Verenigde Staten, naar de toepassingsmogelijkheden van simulatoren voor rijopleidingen. Ter voorbereiding van een symposium daarover is, in opdracht van AVV, door TNO-TM een discussie-paper opgesteld waarin de mogelijkheden van COO en simulatoren voor training van rijvaardigheden zijn nagegaan, en wat de technische en onderwijskundige eisen zijn om die mogelijkheden te kunnen realiseren.

Werkwijze. TNO-TM heeft in de laatste 15 jaar uitgebreide kennis en expertise vergaard over de mogelijkheden van geavanceerde leermiddelen voor rijopleidingen. Bij het schrijven van het discussie-paper is deze expertise als uitgangspunt gebruikt, aangevuld met een beperkt literatuuronderzoek om actuele ontwikkelingen in het discussie-paper te kunnen verwerken.

Resultaten. De ontwikkelingen in de simulatortechnologie hebben nieuwe mogelijkheden ontsloten voor de rijopleidingen. COO kan gebruikt worden om de student voor te bereiden op verkeerssituaties die, vanuit praktische of veiligheidsoverwegingen, niet aan de orde kunnen komen in de praktijklessen. De nadruk moet liggen op het leren onderkennen van signalen die op (het ontstaan van) een gevaarlijke situatie wijzen, en hoe in zulke omstandigheden gehandeld moet worden.

Trainingssimulatoren hebben als voordeel dat verkeerssituaties en rijomstandigheden naar wens kunnen worden gemodelleerd. Daardoor kan het onderwijstraject optimaal en efficiënt op de individuele instructiebehoeften worden afgestemd. De rijprestaties van leerlingen kunnen automatisch, nauwkeurig en objectief worden gemeten en deze informatie kan worden teruggekoppeld naar de leerling. Verder kan de leerling naar wens en zonder gevaar worden geconfronteerd met onverwacht gedrag van medeweggebruikers, en behoort ook het oefenen van noodprocedures (bv. klapband) tot de mogelijkheden.

Conclusies. Er zijn goede aanwijzingen dat simulatoren met succes kunnen worden ingezet voor het leren van een aantal onderdelen van de rijtaak. Voor de toepassing van rijsimulatoren op ruime schaal in de praktijk moeten echter nog veel vragen worden beantwoord. Dat zijn vragen op technologisch gebied (hoe creëer ik tegen aanvaardbare kosten een gesimuleerde taakomgeving die leerling-chauffeurs in staat stelt om taakkritische vaardigheden snel en goed te leren?), maar ook vragen op onderwijskundig terrein (o.a. welke taken selecteer ik voor training in een simulator, welke procedures gebruik ik voor prestatiemeting en terugkoppeling?).

Opportunities for technology supported driver training

K. van den Bosch and J.E. Korteling

SUMMARY

Purpose. Driver education programs in the Netherlands focus on practical lessons on the vehicle, under supervision of the instructor. An important drawback is that the driving instructor has limited control over the learning environment. Opportunities for instruction depend on incidental events taking place in actual traffic. Advanced training instruments, like Computer Based Instruction (CBI) and simulators may be used to structure the learning situations according to an optimal sequence and frequency. However, despite rapidly improving simulation technology, a full mission simulator, enabling the training of all driving tasks, is not yet possible. The “*Adviesdienst Verkeer & Vervoer*” (AVV) of the Ministry of Transportation in the Netherlands, in cooperation with Volpe National Transportation System Center in the United States, investigates the possibilities of utilizing advanced learning aids for driver training purposes. Under contract of AVV, TNO Human Factors has prepared a paper discussing the opportunities of CBI and simulators for driver training, and the technological and educational requirements to realize their potential.

Methods. In the past two decades, TNO Human Factors has acquired extensive knowledge and expertise on using advanced learning aids for driver training. This knowledge base was used as departure point. A small-scale literature review served to include actual developments in the paper.

Results. Developments in technology have opened new possibilities for driver training. CBI may be used to prepare student drivers to handling certain traffic situations that, for practical or safety reasons, can not be addressed in the practical lessons. Emphasis should be given to cues for recognizing and identifying potential risk and to teaching adequate maneuvers to prevent or reduce such risk.

The advantage of simulators is that traffic situations and driving conditions can be modeled as desired. This makes it possible to tailor the training course to a trainee’s individual training needs. The driving performance of the students can be assessed automatically, accurately, and objectively, and the results can be fed back instantaneously to the trainee. Furthermore, students can be safely confronted with unexpected behavior of other traffic participants, and can practice emergency procedures (e.g. tire-burst).

Conclusions. There is evidence that driving simulators can be successfully used for training certain parts of the driving task. However, for successful application a series of questions still need to be answered. These are technological questions (how do I create, against acceptable costs, a simulated task environment that enables student drivers to acquire task critical skills accurately and rapidly?), as well as training questions (e.g. which task do I select for simulator-based training, which procedures do I use for performance assessment and feedback?).

1 ACHTERGROND

In het kader van het samenwerkingsverband tussen de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Volpe National Transportation Systems Center van het U.S. Department of Transportation zijn onderzoeksgebieden gedefinieerd die de verkeersveiligheid positief kunnen beïnvloeden. Eén daarvan betreft de mogelijkheden van moderne instructietechnologie om de kennis, vaardigheden en gedrag van bestuurders te verbeteren. In opdracht van AVV is door TNO Technische Menskunde een overzicht samengesteld van de mogelijkheden van geavanceerde leermiddelen, zoals Computer Ondersteund Onderwijs (COO) en trainings simulatoren. Tevens is een didactisch model ontwikkeld voor toepassing van zulke leermiddelen in de rijopleiding. Onderhavig rapport is opgesteld ter voorbereiding op de workshop “Human Factors & Safety Research”, gehouden van 13–15 november 2000, in het Volpe National Transportation Systems Center te Boston, USA.

2 INLEIDING

“Autorijden leer je uitsluitend in de praktijk”. Voor de huidige rijopleidingen in Nederland is deze uitspraak correct want het programma bestaat vrijwel uitsluitend uit lessen in het voertuig, onder leiding van een instructeur. Sommige rij scholen bieden hun cursisten klassikale lessen aan in verkeertheorie, maar de meeste verstrekken simpelweg een instructieboek voor zelfstudie. Van een afstemming tussen theorie- en praktijklessen is derhalve doorgaans geen sprake. Het komt regelmatig voor dat leerlingen niet over de benodigde voorwaardelijke kennis en vaardigheden beschikken om verkeerssituaties goed af te kunnen handelen, zodat de instructeur de praktijkles moet onderbreken om ter plekke de benodigde kennis (bv. betekenis van borden of belijning, de verkeersregel die van toepassing is) aan te leren: een verspilling van kostbare opleidingstijd.

Een voordeel van oefening in de praktijk is dat er geen overdracht hoeft plaats te vinden van oefenomgeving naar werkelijke taakomgeving. Rijvaardigheden worden direct aangeleerd in een representatieve context. Deze onderwijsvorm kent echter ook een aantal didactische nadelen en beperkingen (Van den Bosch & Riemersma, 2000). Ten eerste blijft de leerstrategie vaak impliciet: leerdoelen, instructiemethode en evaluatie zijn geconcentreerd in het hoofd van één persoon. Ten tweede is de rij-instructeur voor het aanbieden van leersituaties afhankelijk van wat er zich toevallig voordoet tijdens de normale gang van zaken in het bedrijf. Leersituaties kunnen dus niet in een voor het leerproces optimale volgorde en frequentie worden aangeboden. Een derde beperking is dat het vanwege praktische en veiligheidsoverwegingen vaak niet mogelijk is om de herkenning en afhandeling van gevaarlijke situaties te oefenen.

Bovengenoemde beperkingen van leren in de praktijk kunnen in principe geheel of gedeeltelijk door de inzet van geavanceerde leermiddelen, zoals Computer Ondersteund Onderwijs (COO) en simulatoren worden ondervangen. COO kan worden gebruikt om leerlingen effectief en efficiënt voor te bereiden op de praktijklessen, zodat de benodigde kennis en vaardigheden tijdig beheerst worden. Trainings simulatoren bieden een aantal voordelen ten opzichte van lessen op

het echte voertuig. Verkeerssituaties en rijomstandigheden kunnen naar wens worden gemodelleerd. Daardoor kan het onderwijstraject optimaal en efficiënt op de individuele instructiebehoeften worden afgestemd. Het principe van geleidelijkheid kan worden toegepast door verschillende onderdelen van de rijtaak afzonderlijk te oefenen, in een welgekozen volgorde, en met een systematisch te variëren moeilijkheidsgraad. De rijprestaties van leerlingen kunnen automatisch, nauwkeurig en objectief worden gemeten en deze informatie kan worden teruggekoppeld naar de leerling. Verder kan de leerling naar wens en zonder gevaar worden geconfronteerd met onverwacht gedrag van medeweggebruikers, en behoort ook het oefenen van noodprocedures (bv. klapband) tot de mogelijkheden.

In het algemeen mag dus worden verwacht dat simulatoren een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan de rijopleiding. Ondanks de snelle technologische ontwikkelingen is een full-mission rijsimulator, waarmee alle rijtaken kunnen worden geoefend, nog niet mogelijk. Maar er zijn wel aanwijzingen dat simulatoren met succes kunnen worden ingezet voor het leren van een aantal onderdelen van de rijtaak (Korteling & Van Randwijk, 1991; Korteling, Kappé & Van den Bosch, 2000). In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden van geavanceerde leermiddelen, zoals COO en trainings simulatoren, voor de rijopleiding. Het accent zal daarbij liggen op trainings simulatoren.

Om na te gaan hoe geavanceerde leermiddelen onderdelen van de bestaande rijopleiding zouden kunnen vervangen, en hoe zij gebruikt kunnen worden om vaardigheden te trainen die nu niet getraind kunnen worden, is het nodig de mogelijkheden en beperkingen van de huidige rijopleiding te inventariseren. Dat gebeurt in hoofdstuk 3. In de hoofdstukken 4 en 5 wordt achtereenvolgens nagegaan wat de mogelijkheden zijn van COO en simulatoren voor training van rijvaardigheden, en wat de technische en onderwijskundige eisen zijn om die mogelijkheden te kunnen realiseren. Tenslotte wordt geconcludeerd dat er goede mogelijkheden zijn om de rijopleidingen te verbeteren door de inzet van geavanceerde leermiddelen, maar dat er voor succesvolle toepassing in de praktijk nog verschillende vragen moeten worden opgelost. Die vraagstukken worden in de vorm van discussiepunten in hoofdstuk 6 aan de orde gesteld.

3 HUIDIGE RIJOPLEIDINGEN

De artikelen 62 en 70 van het Reglement Rijbewijzen bevatten de wettelijke eindtermen waaraan kandidaat-chauffeurs moeten voldoen. Die eisen zijn geconcretiseerd in rijprocedures. Op basis van de eindtermen en procedures zou de missie van de rijopleiding als volgt kunnen worden omschreven:

“Het bijbrengen van de kennis en vaardigheden die nodig zijn voor een correcte, vlotte, veilige en milieubewuste uitvoering van de rijprocedures. Daarnaast moet de kandidaat-chauffeur worden voorbereid op situaties die zich in de praktijk kunnen voordoen maar die , niet in de praktische rijopleiding aan bod (kunnen) komen. Belangrijk daarbij is het kunnen herkennen van (potentieel) risico en het vervolgens adequaat kunnen handelen teneinde het gevaar te voorkomen of te minimaliseren.” (naar Van den Bosch, Van Berlo & Riemersma, 1994).

De opzet en uitvoering van het theorie- en praktijkonderwijs van de huidige rijopleidingen kent een aantal beperkingen waardoor de hierboven beschreven doelstelling niet altijd gehaald kan worden. Deze zullen achtereenvolgens worden besproken.

3.1 Huidig theorie-onderwijs

De grote(re) rij scholen in Nederland bieden meestal een cursus verkeertheorie aan waarin een instructeur klassikaal les geeft aan een groepje leerlingen. Bij de kleine(re) rij scholen zijn kandidaat-chauffeurs voor het theoriegedeelte vaak aangewezen op zelfstudie met behulp van instructieboeken. Beide vormen van onderwijs in verkeertheorie maken doorgaans gebruik van methoden waarin de verkeerswetgeving (RVV) als uitgangspunt voor instructie wordt gebruikt. Er zijn drie redenen aan te wijzen waardoor het huidige theorieonderwijs onvoldoende aansluit bij de praktijk(lessen): de onderwijskundige aanpak, de keuze van de leerstof en de wijze van toetsen. Deze punten worden hieronder successievelijk toegelicht.

3.1.1 Onderwijskundige aanpak

De verkeerswetgeving vervult geen educatieve maar een juridische functie. Door toch de verkeerswetgeving als uitgangspunt te gebruiken, kenmerkt het onderwijs zich door een formele benadering van verkeertheoretische kennis. Echter, onderwijs in verkeertheorie moet meer omvatten dan kennis van wettelijke regels alleen als zij zich ten doel stelt om kandidaat-chauffeurs adequaat voor te bereiden op de praktijk(lessen). Vlot, veilig en milieubewust rijden wordt immers voor een belangrijk deel ook bepaald door impliciete, niet in de wet vastgelegde, gedragsregels, zoals bijvoorbeeld het zoeken van oogcontact bij naderen van kruisingen, het afstemmen van volgafstand op grond van weg, weer en zichtomstandigheden, enzovoort. Kennis van deze gedragsregels, en begrijpen waarom toepassing ervan de doorstroming en veiligheid bevordert, zou ook in het theoretisch gedeelte van de rijopleiding aan bod moeten komen.

Methoden richten zich nu primair op het leren van definities, regels en feiten. Kandidaat-chauffeurs leren bijvoorbeeld welk bord de ingang van een erf aanduidt (feit), leren dat een fietser onder de categorie ‘bestuurder’ valt (definitie) en leren dat op erven automobilisten voorrang moeten verlenen aan alle bestuurders van rechts (regel). Door de formele benadering is het de vraag of kandidaat-chauffeurs in de praktijk tijdig de formele kennis kunnen integreren en ‘vertalen’ naar correct rijgedrag.

3.1.2 Keuze van de leerstof

In het huidige theorie-onderwijs behoren wettelijke regels bijna per definitie tot de leerstof, zonder dat altijd het belang voor de dagelijkse praktijk is vastgesteld. Dat leidt er soms toe dat leerstof die betrekking heeft op niet-rijtaken (bv. de voorgeschreven maximumlengte van een sleepkabel) relatief veel nadruk krijgt, terwijl soms te weinig aandacht wordt besteed aan kennis die wel van grote invloed is op taakvaardigheid (bv. het aanpassen van het rijgedrag bij slecht wegdek). Soms zijn wettelijke verkeersregels al bekend (bv. de betekenis van verkeerslichten) of worden zij impliciet door de situatie opgelegd (‘keren op een autosnelweg is verboden’). Instructietijd besteden aan het leren van zulke regels is dan tijdverspilling. In sommige andere

gevallen zijn wettelijke regels uitsluitend van belang in speciale gevallen die in de praktijk zelden voorkomen (zoals het vervoeren van lading met extreme afmetingen). In dergelijke gevallen moet zorgvuldig worden overwogen of het opnemen van zulke regels in het voorbereidend onderwijs werkelijk een substantiële bijdrage levert aan taakvaardigheid in de praktijk.

3.1.3 Leerstofpresentatie

In de huidige opleiding wordt leerstof vaak behandeld aan de hand van uitzonderlijke verkeerssituaties die in de praktijk maar zelden voorkomen (zie bv. Figuur 1).

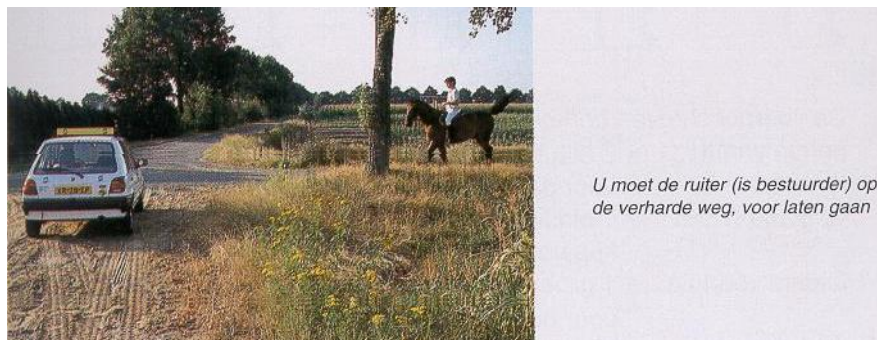


Fig. 1 Instructie in voorrangsregel aan de hand van uitzonderlijke situatie.

Door het grote aandeel van dit soort situaties in de methode lijkt het erop dat het belangrijker geacht wordt dat de cursist zijn formele kennis van definities en verkeersregels kan toepassen op uitzonderlijke situaties, dan dat hij toont in staat te zijn om complexe, dagelijkse verkeersproblemen op een correcte manier op te lossen.

Een ander punt van kritiek is dat in het lesmateriaal veelvuldig gebruik wordt gemaakt van schematische weergaven van de werkelijkheid. Bekend zijn de schetsen van kruisingen die gebruikt worden voor het uitleggen van voorrangsregels (zie bv. Figuur 2).

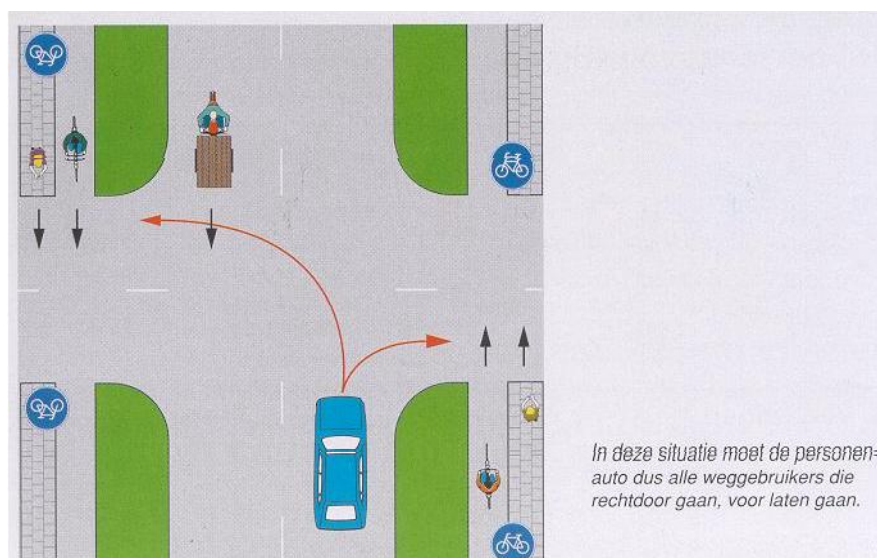


Fig. 2 Instructie in voorrangsregels met behulp van diagram.

Omdat leerlingen relatief snel dit type problemen leren oplossen lijkt het een effectieve instructievorm. In praktijksituaties echter blijken ze de kennis vaak niet toe te passen omdat ze de overeenkomst met de leersituatie niet tijdig herkennen. Het probleem is hier dat leerlingen door de instructievorm de ‘vertaling’ van theorie naar praktijk niet kunnen maken, waardoor de wél aanwezige kennis niet wordt toegepast.

3.2 Huidige praktijkopleiding

Het praktijkonderwijs bestaat uit het rijden op het echte voertuig onder begeleiding van een instructeur. De opleiding begint met simpele rij oefeningen op afgesloten terreinen en rustige, afgelegen wegen. Dan komen vooral die taken aan de orde die te maken hebben met het leren bedienen van het voertuig. De interactie tussen kandidaat-chauffeur en voertuig staat centraal. De te leren taakonderdelen bestaan vooral uit het ontwikkelen van vaardigheid in het uitvoeren van procedures (bv. starten motor, weggrijden, diverse schakelsequenties), en later op het aanleren of verder ontwikkelen en integreren van perceptief-motorische vaardigheden waarbij nieuwe taakonderdelen steeds gecombineerd moeten worden met eerder geleerde vaardigheden (bv. recht achteruit, bocht achteruit, versnellen/vertragen).

Als er eenmaal voldoende vaardigheid is verworven in voertuigbeheersing, dan wordt er geoefend in het dagelijkse verkeer. De interactie tussen kandidaat-chauffeur en overig verkeer staat dan centraal. De te leren taakonderdelen omvatten het ontwikkelen van vaardigheid in het toepassen van verkeersregels. Daarnaast is een belangrijk onderdeel het aanleren van rijgedrag in minder gangbare (bv. korte invoegstrook) of complexe verkeerssituaties (bv. weefvakken). De te leren taakonderdelen vereisen vooral perceptief-cognitieve vaardigheden (zoals het herkennen van (potentieel) gevaar), en cognitieve vaardigheden (zoals het toepassen van kennis hoe dreigend risico geminimaliseerd of geëlimineerd kan worden).

Naast de voordelen van oefenen in de praktijk bestaan er ook nadelen die reeds in de inleiding zijn genoemd. Een belangrijke beperking is dat de leeromgeving niet controleerbaar en manipuleerbaar is. Daardoor is een geleidelijke opbouw in complexiteit moeilijk te realiseren, en kan de bestuurder in situaties terechtkomen waar hij, opleidingstechnisch gezien, niet aan toe is. Een ander bezwaar is dat het ‘opzoeken’ van gewenste verkeersconfiguraties en situaties tijdrovend is. Daardoor wordt de beschikbare lestijd niet optimaal benut. Tenslotte is het niet verantwoord om leerling-chauffeurs opzettelijk bloot te stellen aan gevaarlijke situaties.

4 TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN GEAVANCEERDE LEERMIDDELEN

De beperkingen van leren in de praktijk kunnen wellicht worden ondervangen door de inzet van geavanceerde leermiddelen, maar dan moeten de mogelijkheden en beperkingen van deze leermiddelen goed in acht worden genomen. Eerst volgt een korte bespreking van simulatoren voor vliegeropleidingen, gevolgd door de mogelijkheden van COO en simulatoren voor de rijopleiding.

4.1 Simulatortraining voor vliegeropleidingen

Vooraf voor de opleiding van vliegers wordt er reeds geruime tijd gebruik gemaakt van simulatoren. Al in de tweede wereldoorlog werden simpele simulatoren ingezet voor de training van RAF piloten (Rolfe, 1998). In de jaren daarna konden vliegssimulatoren steeds beter worden door technologisch en psychologisch onderzoek. Met dat onderzoek is een enorme hoeveelheid kennis beschikbaar gekomen op het gebied van menselijk functioneren, instructie- en trainingspsychologie, en simulatietechnologie. Bijvoorbeeld, de huidige kennis over dieptewaarneming, waarneming van (bewegende) objecten, en waarneming van eigen beweging, stoelt voor een belangrijk deel op studies die zijn verricht voor vliegssimulatoren. Ook de technische ontwikkelingen die hebben geleid tot geavanceerde beeld- en bewegingssystemen hebben hun impuls gekregen door de vraag naar vliegssimulatoren.

Van Rooij (1997) onderscheidt de volgende doeleinden van vliegssimulatoren:

- *initiële training*: basistraining en kwalificatie
- *conversietraining*: voor verwerving en overdracht van vaardigheden van ene vliegtuigtype naar het andere
- *voortgangstraining*: onderhoudstraining (actualiseren van vaardigheden) en opfrustraining (herleren van gedeeltelijk verlorengegangene vaardigheden)
- *missietraining*: verwerven of aanscherpen van vaardigheden voor specifieke toepassing (dat is vooral voor militaire vliegers van belang).

Uit de literatuur blijkt dat het gebruik van vliegssimulatoren, in combinatie met lessen in het echte vliegtuig, tot betere taakbeheersing leidt dan uitsluitend lessen in het vliegtuig (Hays, Jacobs, Prince & Salas, 1992). Omdat succesvolle vliegssimulatoren tot drastische besparingen kunnen leiden op de kosten van vliegertraining, zijn ook dure simulatorsystemen kosten-effectief. Er is dan ook doorgaans veel geld beschikbaar om natuurgetrouwe systemen te ontwikkelen, met geavanceerde beeld- en bewegingssystemen. Toch zijn er studies die het nut daarvan in twijfel trekken. Zo draagt bewegingssimulatie niet of nauwelijks bij aan trainingseffectiviteit (Hays e.a., 1992), en leidt training met laag-detail beelden tot betere leeroverdracht dan training met gedetailleerde beelden (Lintern, Taylor, Koonce, Kaiser & Morrison, 1997; Roscoe, 1991).

Hoewel het gebruik van simulatie technologie voor de opleiding van vliegers een belangrijke impuls heeft gegeven voor simulatie-gebaseerd trainen in het algemeen, kunnen de bevindingen uit de vliegerwereld niet direct voor rijopleidingen worden toegepast. Zo spelen procedures een veel belangrijker rol bij het vliegen dan bij het rijden. Vliegssimulatoren richten zich vooral op het oefenen in procedures. Ook verschilt het belang van bewegingsinformatie tussen de twee toepassingen. Voor vliegen is bewegingsinformatie alleen van belang bij het landen; bij het rijden is bewegingsinformatie continu van belang. Wellicht het belangrijkste verschil is de benodigde visuele representatie van de buitenwereld. Voor vliegen kan worden volstaan met een laag-gedetailleerde weergave. Bij het rijden hebben voertuigbewegingen, door de nabijheid van statische en dynamische omgevingsobjecten, grote effecten op de visuele informatie in het buitenbeeld. Het snel- en voldoende gedetailleerd aanpassen van het visuele beeld stelt veel hogere eisen aan de technologie dan voor vliegen noodzakelijk is.

4.2 Mogelijkheden voor Computer Ondersteund Onderwijs in verkeerstheorie

In Nederland zijn de gangbare methoden voor instructie in verkeerstheorie vooral gericht op het halen van het theorie-examen, en niet ter voorbereiding op deelname aan het verkeer. De belangrijkste bezwaren zijn besproken in §3.1.

Het belang van theorieonderwijs voor rijvaardigheid kan aanmerkelijk toenemen als de te leren lesstof aangeboden wordt in de context van verkeerssituaties die corresponderen met wat bestuurders in de dagelijkse praktijk tegenkomen. Studenten moeten leren hoe zij kunnen uitmaken tot welke categorie een bepaalde weg behoort, hoe zij gangbare en complexere verkeerssituaties moeten interpreteren, en hoe zij in zulke situaties zouden moeten handelen. Zo'n aanpak zal, in vergelijking met het leren van algemene regels en principes, leiden tot een hogere leeroverdracht van theorie naar praktijk.

Computer Ondersteund Onderwijs (COO) zou kunnen bijdragen aan een hoge leeroverdracht. Eén van de voordelen van COO is dat het een flexibeler onderwijsvorm is dan traditioneel klassikaal onderwijs. Studenten kunnen onderwijs volgen op zelfgekozen momenten en er is individuele differentiatie mogelijk in moeilijkheidsgraad en snelheid. Omdat studenten actiever zijn dan in traditioneel onderwijs, is COO motiverend en effectiever. Door de toepassing van moderne multimedia technologie kunnen steeds beter interactieve leeromgevingen worden ontwikkeld. Tot voor kort konden op PC's uitsluitend statische plaatjes worden gebruikt. Nu kunnen verschillende media, zoals geschreven en gesproken woord, geluid, foto's, digitale video en animaties gecombineerd worden in één multimedia programma. Als de student invloed kan uitoefenen op zo'n (instructie)programma (bv. starten van een videoclip, opvragen van gesproken terugkoppeling, inzoomen op details in een foto), dan wordt dat een interactief multimedia programma genoemd. Een belangrijke vraag is of zulke programma's er niet alleen mooi uitzien, maar of leerlingen er ook werkelijk beter en sneller door leren. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de effectiviteit van instructie- en training kan verbeteren door toepassing van COO mits het instructieontwerp en de toepassing van multimedia technologie zijn gebaseerd op een consistente leer- en instructietheorie (e.g. Baggett, 1988; Fletcher, 1989; Smith, 1987).

Het doel van COO in verkeerstheorie is om de relevante theoretische kennis en vaardigheden aan te leren die nodig zijn om op een correcte manier aan het verkeer deel te nemen. In het bijzonder kan COO gebruikt worden om de student voor te bereiden op verkeerssituaties die, vanuit praktische of veiligheidsoverwegingen, niet aan de orde kunnen komen in de praktijklessen. De nadruk moet liggen op het leren onderkennen van signalen die op (het ontstaan van) een gevaarlijke situatie wijzen, en hoe in zulke omstandigheden gehandeld moet worden. Er zijn aanwijzingen dat vooral onervaren bestuurders problemen hebben met het opsporen van potentieel gevaar, de interpretatie van gebeurtenissen en hoe gevaarlijke situaties het best kunnen worden opgelost (Hull, 1991; Regan, Triggs & Wallace, 1999). Er zijn in de Verenigde Staten en in Australië COO programma's op CD-ROM ontwikkeld die zich richten op de training van juist deze vaardigheden (Regan e.a., 1999). Daarbij wordt gebruik gemaakt van digitale video. De student wordt gevraagd het verloop van een verkeerssituatie te bekijken. Op een gegeven moment "bevriest" het beeld, en is het de taak van de student om een of meer elementen in de situatie aan te klikken die de aandacht van de bestuurder vereisen. Vervolgens

geeft het programma terugkoppeling. Programma's als deze zijn een goede stap op weg naar interactieve training van vaardigheden die tot voor kort niet op deze manier geoefend konden worden. De programma's zouden kunnen worden verbeterd door de sturing te verminderen. Door de wijze van waarop de opgaven worden gepresenteerd is het de leerling direct duidelijk dat er een complexe situatie zal ontstaan, en vaak ook van welk type. Daardoor krijgt de situatie direct de volle aandacht, terwijl het leren richten van de aandacht juist een kritische vaardigheid is (Hull, 1991). Een mogelijkheid om ook deze vaardigheid te trainen is het beeld niet automatisch door het programma op het kritische moment stil te zetten, maar dit de leerling te laten doen. De programma's zouden het verkeersinzicht verder kunnen verbeteren door de probleemsituaties niet uitsluitend vanuit de bestuurder te laten zien, maar ook vanuit het perspectief van andere verkeersdeelnemers.

Uit recent leeronderzoek blijkt dat studenten het verband tussen theoretische kennis en de operationele praktijk makkelijker kunnen leggen als de leerstof wordt aangeboden in realistische oefensituaties (Lave, 1988; Suchman, 1987). Vermoedelijk de belangrijkste eigenschap van verkeer is dat het dynamisch is. Met behulp van digitale video is het mogelijk om die eigenschap te gebruiken. Video is een geschikt medium om uitleg te geven over de kenmerken en functies van verschillende categorieën wegen, om potentiële probleemsituaties en conflicten aanschouwelijk te maken, om de gevolgen van verschillende reacties op probleemsituaties te tonen en te bespreken, en welke gebeurtenissen aan probleemsituaties voorafgaan. Video is echter niet nodig voor alle leerdoelen. De meer statische aspecten van verkeer kunnen ook goed uitgelegd worden met foto's. Omdat digitale foto's goed gemanipuleerd kunnen worden bieden zij betere mogelijkheden voor instructie dan gewone foto's of dia's. Een voorbeeld van instructie in wegclassificatie kan dit verduidelijken: relevante en irrelevante kenmerken (bv. borden) kunnen naar wens worden verwijderd of toegevoegd zodat de essentiële kenmerken eenvoudiger kunnen worden benadrukt. Met onzichtbare actieve gebieden in een foto kan het programma reageren op input van de leerling (bv. het verstrekken van detailinformatie als leerling met de muis in actief gebied klikt).

4.3 Mogelijkheden voor rijsimulatoren

De exploitatiekosten van een lesauto zijn laag. Full-mission rijsimulatoren (waarop alle taken van de rijopleiding kunnen worden getraind) zijn erg duur en daarom niet geschikt voor kosten-effectieve rijtraining. Gelukkig is het zo dat voor de training van veel rijtaken een full-mission rijsimulator helemaal niet nodig is. Vaak kan worden volstaan met een eenvoudiger systeem. De uitdaging is om vast te stellen welke van de te leren rijtaken in principe geschikt zijn om met een rijsimulator getraind te kunnen worden, en te specificeren aan welke functionele en technische eisen zo'n systeem moet voldoen om deze taken met succes te trainen.

Voor de ontwikkeling van een kosten-effectieve rijsimulator is inzicht nodig in de rijopleiding (zoals: wat zijn de verschillende componenten van de rijtaak, wat zijn de kritische vaardigheden waarop de taken een beroep doen, waaraan moet een leeromgeving voldoen om deze vaardigheden goed te kunnen leren?). Tevens is kennis nodig van de huidige mogelijkheden van simulatietechnologie, en wat in de nabije toekomst de te verwachten ontwikkelingen op dat

gebied zijn. De combinatie van die kennis is nodig om een kosten-effectieve simulator te ontwikkelen, waarbij een goede afweging is gemaakt tussen de *kosten* (aanschaf en exploitatiekosten) en *functionaliteit* (besparingen op de opleidingskosten doordat sommige deeltaken niet langer in de lesauto geoefend behoeven te worden).

4.3.1 Te leren rijtaken

De rijtaak heeft twee hoofdcomponenten: *voertuigbeheersing* en *verkeersdeelname*. Voertuigbeheersing doet een beroep op perceptueel-motorische vaardigheden (zoals sturen, remmen, achteruitrijden, koershouden), vaak gecombineerd met procedurele vaardigheden (zoals bij starten, schakelen, inhalen). Verkeersdeelname doet vooral een beroep op perceptief-cognitieve vaardigheden, zoals het interpreteren van verkeerssituaties, bepalen welke regel(s) van toepassing zijn, herkennen of een situatie gevaarlijk is of wordt, beslissen wanneer een bepaalde manoeuvre uitgevoerd moet worden, onderkennen van de betekenis van weg-, weers- en zichtomstandigheden op de rijtaak, enzovoort. In de beginfase van het leertraject is de vaardigheid vooral cognitief van aard, omdat leerlingen moeten leren op welke (samenstelling van) cues gelet moet worden. Later moeten trainees vooral vaardigheid krijgen in het zelfstandig onderkennen van patronen in het verkeersbeeld.

Voertuigbeheersing

Bij voertuigbeheersing gaat het erom dat de leerling leert hoe het voertuig zich gedraagt, hoeveel kracht op de bedieningsmiddelen moet worden uitgeoefend, wat de overdracht is van die krachten op het echte voertuig, en hoe het gedrag van het voertuig terugkomt als krachten op de bestuurder en de bedieningsmiddelen. De volgende taken kunnen worden onderscheiden:

- Starten, opstrekken, stoppen
- Bedienen van gas- en rempedaal
- Bijzondere verrichtingen
- Schakelen
- Koershouden op rechte wegen en ruime bochten
- Koershouden op scherpe bochten en tijdens afslaan bij kruisingen.

Verkeersdeelname

Verkeersdeelname vereist de accurate en tijdige toepassing van verkeersregels. Tevens moet de bestuurder in staat zijn om juist en snel verkeerssituaties te interpreteren en te beslissen welke acties daarop genomen moet worden, zoals bijvoorbeeld het inschatten of een gat in de verkeersstroom groot genoeg is om een voorrangsweg over te kunnen steken, of het inschatten of veilig ingehaald kan worden op een provinciale weg. Verwerving van die vaardigheden vereist training in het beoordelen van de spatiële en temporele eigenschappen van het eigen voertuig, in relatie tot de omgeving en andere objecten.

Elke rijtaak zou geleerd moeten worden in een representatieve context (het inhalen op een autosnelwegen verloopt immers heel anders dan inhalen op een landweggetje). Daarom is het goed de rijtaken te groeperen naar de wegcategorieën waarin ze moeten worden uitgevoerd. Van den Bosch (1995) onderscheidt de volgende wegcategorieën:

Tabel I Wegcategorieën (uit: Van den Bosch, 1995).

Wegcategorie
Woon- en winkelerf
Niet-voorrangsweg: 30 km/uur
Niet-voorrangsweg: 50 km/uur
Voorrangsweg
Land- en B-weg
Provinciale weg
Autoweg
Autosnelweg

Voor elke wegcategorie kunnen de hoofdtaken worden vastgesteld. Bijvoorbeeld, op een autosnelweg moet een bestuurder de volgende taken beheersen: “oprijden en invoegen”, “rijden en volgen”, “inhalen”, “uitvoegen en verlaten”. Een taakanalyse levert de taakvoorwaardelijke kennis en vaardigheden, criteria voor adequate taakuitvoering, en een overzicht van mogelijke taakomstandigheden en complicaties. Voor het juist kunnen oprijden en invoegen bijvoorbeeld, moet de bestuurder: “een oprit, invoegstrook en autosnelweg kunnen herkennen” (zowel op formele kenmerken als bord en belijning, maar ook op informele kenmerken zoals de dubbele rijbaan en een vluchtstrook), “bekend zijn met de juiste procedures” (bv. reeds op oprit en invoegstrook snelheid afstemmen op dat van het verkeer op de autosnelweg), en “zich bewust zijn van mogelijke complicaties” (bv. te langzaam rijdende voorligger, weinig ruimte voor invoegen op autosnelweg) en “weten hoe in zulke omstandigheden gehandeld moet worden”.

Zulke analyses zijn nodig om specificaties voor een simulator te kunnen opstellen. Het is bijvoorbeeld van essentieel belang dat de gesimuleerde omgeving de visuele cues bevat die nodig zijn voor wegclassificatie. Ook moet de simulator ervoor uitgerust zijn om de onderscheiden rijprocedures te kunnen oefenen en testen. Tenslotte moet het mogelijk zijn om het gedrag van ander verkeer te definiëren zodat de gewenste oefensituaties gearrangeerd kunnen worden.

4.3.2 Simulatie-technologie

De verschillende componenten van een full-mission rijsimulator, en hun onderlinge relaties, is weergegeven in Figuur 3.

De snelle technologische ontwikkelingen ontsluiten voortdurend nieuwe mogelijkheden voor simulatie-gebaseerde training. De kosten die gemoeid zijn met de ontwikkeling van een full-missie rijsimulator zijn echter nog steeds te hoog om kosten-effectief te kunnen worden toegepast. In dat opzicht zijn met name het beeld- en het bewegingssysteem de kostbare componenten.

Voor sommige rijtaken is bewegingsinformatie inderdaad heel belangrijk. Het op juiste wijze sturen van een auto door een scherpe bocht vereist dat je de laterale versnellingskrachten op het voertuig voelt. Een ander voorbeeld is dat bestuurders tijdens het gecontroleerd remmen hun pedaalkracht aanpassen aan de longitudinale versnellingskrachten die ze voelen. Echter, het genereren van de juiste bewegingsinformatie om de uitvoering van die taken te ondersteunen vereist een kostbaar bewegingssysteem. Bewegingssystemen berusten op mechanische technologie (hydraulische of elektrische systemen die de gewenste beweging op het platform overbrengen). Omdat er in die sector weinig ontwikkelingen zijn, zullen ook in de toekomst deze systemen duur blijven. Gelukkig kan het merendeel van de rijtaken heel goed getraind worden

zonder bewegingssysteem, of ondersteund worden door een eenvoudig trillingsysteem waarmee bewegingsaanzetten (begin van remmen of optrekken) kunnen worden nagebootst. Dit betekent dat met een eenvoudig trillingsysteem de kosten/baten ratio, vergeleken met een full-mission systeem, aanzienlijk gunstiger uitvalt (Korteling, Kappé & Van den Bosch, 2000). De vraag hoe natuurgetrouw bewegingsinformatie moet zijn om de verschillende rijtaken te kunnen leren is nog niet sluitend beantwoord, en verdient daarom nader onderzoek.

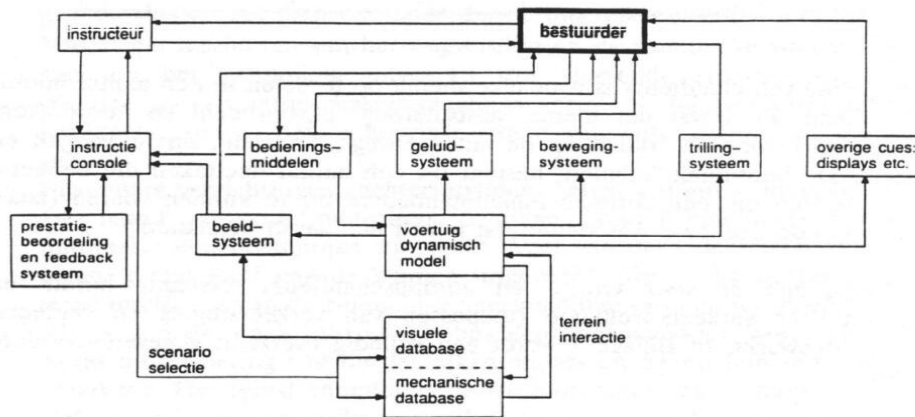


Fig. 3 Schematische weergave van een full-mission rijsimulator (uit: Korteling & Van Randwijk, 1991).

Een andere kostbare component van een rijsimulator is het beeldsysteem. Het merendeel van de rijtaken vereist uitgebreide en gedetailleerde visuele informatie (bv. naderen en oversteken van kruisingen, rijstrookwisselingen op een autosnelweg). Voor het weergeven van multi-kanaals beelden met een wijde horizontale zichthoek (Field Of View (FOV)) is een duur beeldgeneratiesysteem nodig. Een nadere analyse leert echter dat beelden niet over het gehele gezichtsveld met een hoge resolutie weergegeven behoeven te worden. Hoge resolutie beeld is nodig voor het gebieden waarop de bestuurder focust. Om de kosten te beperken is het mogelijk om, naast een beeldsysteem voor het genereren van hoge-resolutie beelden, goedkopere beeldgeneratiesystemen te gebruiken voor het weergeven van beelden in de periferie. Dat kan door aan het hoofd van de bestuurder een sensor te bevestigen die de kijkrichting registreert. Het systeem bepaalt welk kanaal in de kijkrichting ligt en laat dit beeld door het dure beeldsysteem weergeven; de overige kanalen worden aangestuurd door de goedkopere beeldsystemen. Deze techniek wordt Head Slaved Display (HSD) genoemd. Uit onderzoek waarin HSD technologie wordt vergeleken met systemen waarbij alle kanalen door hoge-resolutie systemen worden gegenereerd blijkt dat met HSD substantiële kostenbesparingen kunnen worden gerealiseerd, zonder verlies aan functionaliteit (Kappé, 1997; Korteling e.a., 2000).

4.3.3 PC-gebaseerde rijsimulator

In opdracht van het Department of Transportation in de Verenigde Staten is een haalbaarheidsstudie verricht naar de mogelijkheden van *low-cost* technologie voor de initiële rijtraining (Decina, Gish, Staplin & Kirchner, 1996; Decina, 1998). *Low-cost* werd omschreven als de prijs van een doorsnee PC-configuratie. Vervolgens werd door 7 experts op het gebied van

(rij)instructietechnologie geïnventariseerd welke trainingselementen in aanmerking komen om met een low-cost platform succesvol getraind te kunnen worden. De volgende elementen werden geschikt geacht:

Tabel II Elementen geschikt voor PC-gebaseerde rijtraining (Decina, 1998).

Trainingselement	Toelichting
Gevaarherkenning	De vaardigheid te reageren op naderend gevaar door remmen, aanpassen van snelheid, of rijstrookwisseling
Visueel zoeken	Het maken van oog-, hoofd-, nek-, en torsobewegingen om (foveaal) informatie te verzamelen voor detectie van gevaar
Visuele waarneming	Combinatie van centrale en perifere visuele informatie
Kennistraining	Regelkennis, gevaarvermijding en voertuigbeheersingstechniek

Andere relevante trainingselementen werden niet geschikt geacht om in een PC-gebaseerde omgeving getraind te worden. In het bijzonder wordt genoemd: verwerking van visueel-perifere informatie, rijprestatie-ondermijnende variabelen (vermoeidheid, alcohol), en snelheid- en volggedrag. Als reden wordt genoemd dat voor waarneming van perifere objecten een breed gezichtsveld nodig is, en dat voor waarneming van snelheid en diepte, het beeld van hoge resolutie en moet zijn. Aan die eisen kan een PC-gebaseerde trainingsomgeving niet voldoen. Wij onderschrijven die opvatting. Het is ons echter niet duidelijk waarom de elementen in Tabel II dan *wel* geschikt geacht worden. Dezelfde argumentatie is hier namelijk van toepassing. Herkennen van, en reageren op, gevaar is gebaseerd op waarneming van subtiele (bewegings)cues die in een PC-gebaseerde omgeving niet voldoende natuurgetrouw gerealiseerd kunnen worden. Voor foveaal visueel zoeken zijn geen hoofd-, nek-, en torsobewegingen nodig, en visueel-perifere informatie kan met een één-monitor opstelling niet worden aangeboden. Met een PC-gebaseerde opstelling kunnen wel verschillende verkeersregels geoefend worden, maar voertuigbeheersingstechniek zeker niet (zie boven).

Naar onze opvatting schetsen Decina e.a. (1996) een te optimistisch beeld van de mogelijkheden van een PC-gebaseerde simulator voor initiële rijvaardigheidstraining. Vooral de geringe beeldgrootte en beeldkwaliteit beperken de functionaliteit van een doorsnee PC-configuratie. Welke eisen naar onze mening gesteld moeten worden aan effectieve en efficiënte rijtraining wordt uiteengezet in §5.3.

4.4 Validatie van rijsimulatoren

Een belangrijke indicatie voor de kwaliteit van een trainingsimulator is de effectiviteit en efficiëntie waarmee de leerdoelen worden gehaald. De wezenlijke criteria voor evaluatie zijn overdracht van het geleerde naar de praktijk (Reder & Klatzky, 1994), en de mate waarin de aangeleerde kennis en vaardigheden beklijven (Van den Bosch & Verstegen, 1996). Onderzoek naar de vraag of leerlingen door simulatortraining de taak in de praktijk beter kunnen uitvoeren, of sneller een vooraf gespecificeerde prestatienorm halen, heet *validatie*-onderzoek. Validatie-onderzoek wordt in de praktijk zelden uitgevoerd (Korteling & Sluimer, 1999). Een reden daarvoor is dat zulke studies veel tijd kosten, vooral bij intensieve trainingsprogramma's. Een praktisch probleem is dat de leeroverdracht naar de praktijk niet voor alle leerdoelen bepaald kan worden. Het is vanzelfsprekend niet mogelijk om leerlingen opzettelijk aan gevaarlijke verkeers-

situaties te onderwerpen om na te gaan of zij door simulatortraining beter reageren dan leerlingen die geen simulatortraining hebben gehad.

Vanwege de praktische bezwaren van validatie-onderzoek wendden organisaties zich soms tot alternatieve, maar discutabele, methoden om een indruk te verkrijgen van de waarde van simulatortraining voor de opleiding (Rolfe & Caro, 1982). Een bekende methode is te vragen naar gebruikersoordelen. Die aanpak is aanvechtbaar omdat in het oordeel van leerlingen allerlei zaken meespelen die niet direct samengaan met de effectiviteit van de training. Leren kost bijvoorbeeld moeite en vereist vaak herziening van gewoontes en visies. De investeringen die dit vraagt van leerlingen, en die zij wellicht liever vermijden, kunnen doorwerken in hun oordeel. Dat neemt natuurlijk niet weg dat raadpleging van leerlingen verstandig is voor het verder vormgeven van opleiding en training, maar als indicator voor de kwaliteit van training is het onvoldoende.

Een tweede methode is de kwaliteit van simulatortraining af te meten aan de fysieke natuurgetrouwheid. Experts hebben de neiging om simulatoren met een waarheidsgetrouwe interface hoger in te schatten dan simulatoren waarin de taak op een symbolische manier wordt gerepresenteerd. Volledige natuurgetrouwheid is voor training echter niet altijd nodig (zie ook §4.3).

Een derde methode is om het rendement van een trainingsimulator af te leiden uit de intensiteit waarmee die wordt gebruikt. Ook dat is een dubieuze maat. Vaak zijn er met de aanschaf en het onderhoud van een simulator hoge kosten gemoeid, en dit kan een organisatie motiveren de bezettingsgraad zo hoog mogelijk te houden, zonder dat dit iets zegt over de kwaliteit van simulatortraining.

Rijsimulatoren zijn geschikt om de overgang van theorie naar praktijk te vergemakkelijken, om leerlingen voor te bereiden op specifieke praktijklessen (bv. nemen van kruisingen, invoegen op autosnelwegen) door systematische en intensieve oefening in de simulator, en om leerlingen te leren hoe zij problematische en gevaarlijke verkeerssituaties kunnen herkennen en oplossen. Rijsimulatoren kunnen alleen bijdragen van aan het redement van rijopleidingen als er een goede afstemming is tussen theorie-, simulator- en praktijklessen. Als *stand alone* leermiddel zijn rijsimulatoren (nog) niet geschikt. Dat betekent dat voor een goede evaluatie van de effecten van rijsimulatortraining validatiestudies “in het veld” nodig zijn waarbij deze vorm van training in de gehele rijopleiding is geïntegreerd.

Door TNO Technische Menskunde wordt voor de rijschool van de Koninklijke Landmacht (KL) een studie uitgevoerd waarin een low-cost rijsimulator (zie Figuur 4) wordt gebruikt voor training in het naderen van, en rijden op, kruisingen en rotondes (Sluimer & Van den Bosch, in voorbereiding).



Fig. 4 TNO Low-cost rijnsimulator.

De leerlingen kregen eerst enkele praktijklessen in voertuigbeheersing en theorielessen in taakvoorwaardelijke kennis. Vervolgens kregen de leerlingen voor vier dagen afwisselend simulatorlessen (totaal 4 uur) en praktijklessen in het voertuig (totaal 12 uur). Tijdens de simulatorlessen ontvingen de leerlingen systematisch en intensieve oefeningen in de genoemde rijtaken; de praktijklessen op het voertuig verliepen zoals dat in de rijopleiding gebruikelijk was. De leerlingen van de controlegroep ontvingen in die vier dagen uitsluitend praktijklessen in het voertuig (totaal 16 uur). De dag erna reden beide groepen leerlingen, in het echte verkeer, een vooraf gespecificeerde route onder leiding van een examiner. Die route was zo gekozen dat alle beoogde rijtaken verschillende keren aan bod kwamen. De examinatoren beoordeelden de rijprestaties aan de hand van een speciaal daarvoor opgesteld scoringsformulier. Onderzoekresultaten worden verwacht aan het einde van 2000.

Het is belangrijk te beseffen dat goed validatie-onderzoek niet alleen de rijnsimulator zelf betreft. Een betekenisvolle evaluatie kan alleen worden uitgevoerd als de beoogde toepassing van het systeem in het validatie-onderzoek wordt meegenomen, zoals de trainingsscenario's, de inbedding in het trainingstraject, het ingangsniveau van de doelgroep, enzovoort. Hoe beter die aspecten in een validatie-onderzoek worden gerepresenteerd, des te meer betekenis hebben de resultaten van de studie voor de te verwachte trainingswaarde. Voor rijopleidingen zijn zulke studies niet of nauwelijks voorhanden. De behoefte aan zulk onderzoek wordt echter wel onderkend (Decina, 1998).

4.5 Rijsimulatoren in de praktijk

Er worden op dit moment een tiental rijnsimulatoren voor rijvaardigheidstraining aangeboden op de (buitenlandse) markt (zie www.inrets.fr/ur/sara/Pg_simus_e.html voor een nagenoeg compleet overzicht). Het betreft een breed scala aan simulatoren, variërend van high-end vrachtwagen simulatoren tot low-cost 'virtual-reality' systemen die gebruik maken van Helmet Mounted Displays (HMDs). De meeste simulatoren maken gebruik van computer gegenereerde beelden, maar er zijn nog systemen die gebruik maken van videofilms op een videodisk. We zullen deze simulatoren bespreken aan de hand van een aantal criteria.

Een trainingssimulator bestaat uit het systeem zelf (de technologie) en het trainingsprogramma met bijbehorende instructiefaciliteiten. Trainingsprogramma's worden soms door de fabrikant

geleverd, in andere gevallen moet de gebruiker zelf lessen ontwikkelen. In de literatuur en op het Internet zijn de volgende rijssimulatoren voor rijvaardigheidstraining gevonden.

Vrachtwagensimulatoren:

Oerlicon Contraves:	ADAMS
STN-Atlas	ADS
Thomson:	TRUST/Tracs
Dornier/DASA	
Digitran:	SafeDrive truck
DNS Group:	Heavy truck simulator
FAAC Group:	DTS Driver Training System
Faros	F500

Personenwagen

Digitran:	DTS (<u>D</u> river <u>T</u> raining <u>S</u> imulator)
STISIM:	Drive
FAAC Group	DTS
Hyperion	Novice Driver Trainer
Faros	Diverse simulatoren
Autosim	Car Driving Simulator

Virtual reality systemen

CGSD Corporation	Virtual Reality Driving Simulator (personenwagen)
Imago Systems Inc	Virtual reality system (personenwagen)

Videodisk systemen

Doron precision	Personenwagen / vrachtwagen / bus
Simutech	Personenwagen / vrachtwagen / bus
Simulatorsystems	Personenwagen

De ADAMS vrachtwagen van Oerlicon Contraves is een high-end simulator (1 mf) met een mooi beeldsysteem, een Steyr cabine, powerstuur en een seat-shaker maar zonder moving base. Er is een uitgebreid verkeersmodel (afkomstig van de Universiteit van Iowa) met scenario editing faciliteiten. Deze simulator is in gebruik bij het Zwitserse leger (7 stuks geplaatst, 35 stuks aangeschaft). Op deze simulator wordt een groot gedeelte van het trainingscurriculum geoefend (ongeveer 20 uur).

De TRUST vrachtwagen simulator van *Thomson* heeft een Renault cabine met moving base, maar heeft een wat eenvoudiger beeldsysteem. Het verkeersmodel is ontwikkeld in samenwerking met Renault. Er is een ontwikkeltool voor het ontwerpen van rijssimulator lessen. Dit systeem is in gebruik bij de Vakopleiding Transport en Logistiek (VT&L), AFT-Iftim (Frankrijk) en Stora Holm (Zweden). VT&L denkt in het totaal ongeveer 10 rijlessen op deze simulator te kunnen gaan geven. Het gaat hier met name om de eerste lessen met onderdelen zoals manoeuvreren, sturen en schakelen. Verkeersdeelname training speelt een minder belangrijke rol, omdat de scenario ontwikkel tool werkt door middel van positie triggers ('als ik hier ben dan komt er een auto van rechts'). Als leerlingen net even harder of zachter rijden dan gepland dan komt het event niet op tijd.

STN-Atlas en *Dornier/DASA* hebben beiden een vrachtwagen simulator ontwikkeld voor het Duitse leger (zie http://www.bwb.org/Vorhaben/AAFR/frames/fahrsim_i.htm). De prototypes van deze simulatoren worden op dit moment onderworpen aan een veldtest. Het Duitse leger

neemt 200 simulatoren af bij degene die als beste uit de veldtest naar voren komt. Uit het pakket van eisen blijkt dat er veel aandacht is voor de didactische waarde van de simulator. Dat blijkt onder andere uit de integratie van de simulator met COO en de bestaande rijopleiding.

Digitran, *FAAC* en *I-sim* zijn Amerikaanse simulatorfabrikanten, elk met diverse typen simulatoren (personenwagen, vrachtwagen, bus, politie, 'emergency vehicles'). Deze simulatoren zijn met name gericht op de Amerikaanse markt. De rijsimulator van *Digitran* (DTS simulator) is heel eenvoudig uitgevoerd en heeft slechts beperkte trainingsmogelijkheden. Hij is met name geschikt voor het aanleren van bedieningsvaardigheden, sturen en het anticiperen op gevaarlijke situaties. *FAAC* heeft reeds een groot aantal simulatoren verkocht (o.a. politie en overheidsinstanties). Volgens eigen zeggen is de trainingswaarde van de simulator zeer hoog. Deze fabrikant levert de simulator inclusief rijlessen, ook voor de 'Europese' markt. Ook *I-sim* heeft trainingssimulatoren verkocht aan de Amerikaanse politie. Op de WWW-site is echter niet voldoende informatie beschikbaar om deze simulator te kunnen beoordelen.

DNS heeft een 'heavy vehicle simulator', die geschikt is voor het trainen van chauffeurs van zware voertuigen die gebruikt worden in de mijnbouw.

FAROS is een Franse simulatorfabrikant van low-cost rijsimulatoren (personenwagen, vrachtwagen). Deze systemen hebben een eenvoudige mock-up en een beeldsysteem op basis van PC's en monitoren. Er kan op dit moment 4 uur rijles mee worden gegeven. Doel van deze lessen is om te leren wat de grootste risico's zijn bij het autorijden. Deze rijlessen worden door de fabrikant geleverd. Het is niet bekend of er een scenario-editor beschikbaar is.

Stisim heeft verschillende op pc's gebaseerde low-cost rijsimulatoren in het assortiment, met één of meerdere beeldkanalen of met een HMD. Er is een eenvoudig verkeersmodel met een scenario-editor om zelf simpele verkeerssituaties te ontwerpen.

Hyperion heeft twee typen rijsimulatoren in het programma: een low-cost systeem (Novice Driver Trainer) voor rijvaardigheidstraining en een high-end systeem (Vection Research Simulator) voor onderzoek. Er is een uitstekende scenario-editor om zelf omgevingen en verkeerssituaties te ontwerpen. Het systeem lijkt echter nog niet op de markt (er is slechts een 'artists impression' te zien op de WWW-site). Dit geldt ook voor de rijsimulator van *Autosim*, waar behalve een WWW-pagina met een tekening nagenoeg niets over bekend is.

CGSD Corporation heeft een op een pc gebaseerde rijsimulator die gebruik maakt van een doorzicht HMD. Er is een eenvoudige mock-up met een stoel en een stuurwiel. Het stuurwiel is uitgevoerd met hoog contrasterende strepen om ook door de HMD zichtbaar te zijn. Er is weinig aandacht voor het trainingsaspect.

De rijsimulator van *Imago Systems Inc.* maakt ook gebruik van een HMD. Deze simulator heeft rudimentaire tools voor het modelleren van de omgeving, het creëren van erkersscenario en het volgen van de prestaties van de leerling. Vooralsnog zijn HMD's nog niet goed genoeg om gebruikt te worden in rijsimulatoren. Door beperkingen in het gezichtsveld, resolutie en beeldvertraging bij het draaien van het hoofd is het niet gemakkelijk om het voertuig te besturen, laat staan dat er effectief mee kan worden getraind.

De simulatoren van *Doron Precision Inc.*, *Simutech* en *Simulatorsystems* maken gebruik van videofilms. Deze simulatoren kennen slechts een beperkte vorm van interactiviteit omdat de te rijden route grotendeels vast ligt (soms kan men 'kiezen' uit meerdere alternatieve videofilmmpjes). De snelheid is wel vrij te kiezen, ware het niet dat de videobeelden maar voor één bepaalde snelheid correct gepresenteerd worden. Rijdt men harder, dan lopen voetgangers

als snelwandelaars; stopt men, dan staan ze stil met één been in de lucht geheven. Het voordeel van video is echter dat er zeer realistische en complexe omgevingen kunnen worden gepresenteerd, zij het met een relatief lage resolutie (vergelijkbaar met 512×512 pixels of lager). Dit maakt deze simulatoren voornamelijk geschikt voor het tijdig leren herkennen van potentieel gevaarlijke verkeerssituaties binnen de bebouwde kom. De lessen liggen in het algemeen geheel vast. Alleen de volgorde van de lesonderdelen en het bijbehorend commentaar kan worden gewijzigd. De videofragmenten tonen wegbeelden en verkeerssituaties die specifiek zijn voor een bepaald land, en die vaak niet zonder meer in andere landen kunnen worden gebruikt. Om zulke systemen toch geschikt te maken voor toepassing in Nederland zouden alle beelden opnieuw moeten worden opgenomen. Dat is een tijdrovende en dure onderneming.

Algemene opmerkingen

Slechts weinig simulatoren beschikken over gedegen trainingprogramma's en -faciliteiten. Alleen high-end vrachtwagen simulatoren (ADAMS, TRUST, ADS, en het systeem van Dornier/DASA) zijn echt op training ingesteld. De andere systemen zijn minder of helemaal niet geschikt als trainingssysteem omdat trainingsfaciliteiten (mogelijkheden voor instructie, prestatiemeting en feedback) volledig ontbreken of slechts zeer rudimentair zijn uitgevoerd. Er zijn maar een paar rijsimulatoren met concreet uitgewerkte rijlessen te koop. Deze rijlessen zijn echter niet direct geschikt voor de Nederlandse situatie (vreemde verkeersborden en verkeerssituaties, anderstalige interface en instructie/feedback).

De conclusie is dat er momenteel geen simulatoren op de markt zijn die direct geschikt zijn voor toepassing in de Nederlandse rijopleiding. Wel zijn er ontwikkelingen gaande die dat in de nabije toekomst mogelijk moeten maken. Zo is TNO-TM betrokken bij een initiatief om een low-cost simulator te ontwikkelen die wel geschikt is voor toepassing in Nederlandse rijopleidingen.

Referenties:

CGSD Corporation	http://www.cgsd.com/DrivingSimulator/index.html
Digitran SafeDrive	http://digitranhq.com/safe.html
Digitran	http://digitranhq.com/dts.html
DNS group	http://www.dnsgroup.com.au/trucksim.htm
Doron	http://www.doronprecision.com/dorondriver.htm
FAAC group	http://www.faac.com/Driving_Simulators.htm
FAROS	http://www.faros.com/eauto.html
Hyperion	http://www.hyperiontech.com/
I-sim	http://www.i-sim.com/
Imago Systems inc.	http://www.drivr.com
Reiner Foerst GmbH	http://www.drfoerst.de/e_page.htm
Simutech	http://www.simutech.de
Stisim	http://www.systemstech.com/stidrs1.htm
TRACS/TRUST	http://www.tts.thomson-csf.com/activities/roaddrivframe.htm
	http://transport.storaholm.educ.goteborg.se/info
	http://www.aft-iftim.asso.fr/m2bis/apprent.htm

5 DIDACTISCH MODEL VOOR RIJOPLEIDING MET GEAVANCEERDE LEERMIDDELEN

De beslissing om een simulator in te zetten voor rijvaardigheidstraining heeft consequenties voor de gehele rijopleiding. Het gebruik van het leermiddel moet worden ingebed in het gehele leertraject dat ook theorie- en voertuiglessen omvat. In traditionele opleidingen is de kloof tussen theorie en praktijk een groot probleem: soms beheersen leerlingen de benodigde kennis, maar krijgen zij te weinig systematische praktijkoefening om die kennis te consolideren. Juist op dat punt kunnen COO en simulatoren een belangrijke functie vervullen. COO, ondersteund door multimedia, kan de theorie op een contextrijke en interactieve manier aanbieden. Met simulatoren kunnen kennis en vaardigheden op een systematische manier in functioneel-realistische leeromgevingen worden geoefend. Belangrijk is echter wel dat er, inhoudelijk en temporeel, een goede afstemming is tussen theorie-, simulator-, en praktijklessen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan aan welke functionele en onderwijskundige specificaties de leermiddelen moeten voldoen om hun potentieel voor de rijopleiding waar te kunnen maken.

5.1 Doelstelling

De ontwikkelingen in de simulatortechnologie hebben nieuwe mogelijkheden ontsloten voor de rijopleidingen. Kennis en vaardigheden die vroeger moeilijk of niet aan de orde konden komen, kunnen door COO en simulatoren expliciet en systematisch worden getraind. Dat verruimt daarmee ook de ambities van een rijopleiding. Het vasthouden aan de doelstelling om leerlingen uitsluitend de verkeersreglementen te leren zou een gemiste kans betekenen. Rijopleidingen kunnen zich richten op het aanleren van alle theoretische kennis en praktische vaardigheden die benodigd zijn voor accurate, vlotte en veilige deelname aan het verkeer. Nadruk moet liggen op het leren herkennen van (potentieel) gevaarlijke situaties en het leren van de manoeuvres die zulk gevaar kunnen voorkomen of beperken (Van den Bosch, 1995).

Om dat doel te kunnen bereiken is een goede afstemming tussen theorie- en praktijklessen essentieel. In huidige rijopleidingen daarentegen zijn theorie- en praktijkonderwijs inhoudelijk en temporeel twee volledig gescheiden onderdelen. Daardoor is de overdracht van theorie naar praktijk niet optimaal. In de hier voorgestelde verbeterde rijopleiding is het doel van theorielessen om voorwaardelijke kennis aan te leren (zoals feiten, concepten, wettelijke regels, codes) die nodig is voor het uitvoeren van de rijprocedures. De functie van de praktijklessen is om de geleerde kennis toe te passen en de informatie te integreren in een compleet handelingsverloop. Idealiter zou aan elke praktijkles een voorbereidende (computerondersteunde) theorieles vooraf moeten gaan. Doordat het geleerde vervolgens snel in de praktijk wordt toegepast kunnen de taakrelevante kennis en vaardigheden worden geconsolideerd.

5.2 Globale functionele specificaties voor COO

COO kan zelfstudie of klassikaal onderwijs in verkeerstheorie ondersteunen of zelfs geheel vervangen. De inzet van computers kan de effectiviteit en efficiëntie van instructie verhogen, zoals bijvoorbeeld door interactief en geïndividualiseerd onderwijs, automatische prestatie-metingen en onmiddellijke terugkoppeling, aanschouwelijk onderwijs met behulp van interactieve video, foto's, animaties, geluid, enzovoort. Om de eigenschappen van COO zo goed mogelijk te benutten is het noodzakelijk dat het instructie-ontwerp in overeenstemming is met leerpsychologische en onderwijskundige principes, en dat het instructie-ontwerp is afgestemd op de mogelijkheden, maar ook de beperkingen van COO. Van den Bosch en Van Berlo (Van Berlo & Van den Bosch, 1995, Van den Bosch, Van Berlo & Riemersma, 1994**Error! Bookmark not defined.**) geven een overzicht van de leerpsychologische en onderwijskundige uitgangspunten, en suggereren een instructieontwerp voor COO.

- *Leerpsychologische uitgangspunten:* hiervoor wordt aangesloten bij recente ontwikkelingen in de cognitieve leerpsychologie die benadrukken dat kennis niet geïsoleerd in het geheugen wordt opgeslagen, maar sterk verbonden blijft met de context van de taak en de context waarin de informatie werd geleerd (Brown, Collins & Duguid, 1989; Lave, 1988; Resnick, 1987). Voor instructie in verkeerstheorie betekent dit dat de wijze waarop de lesstof wordt aangeboden zo goed mogelijk moet aansluiten bij het rijgedrag in de praktijk.
- *Onderwijskundige uitgangspunten:* de onderwijskunde maakt onderscheid tussen “ontdek-kend” leren en “uitlegmethode” (De Klerk, 1979). Verkeersregels en verkeerstekens zijn in zeker zin willekeurige afspraken (achter de regel “rechts gaat voor” zit geen intrinsieke logica). Voor zulke kennis is de uitlegmethode het meest geschikt. Voor leerdoelen die een beroep doen op verkeersinzicht kan zelf-ontdekkend leren wel een goede strategie zijn. Vanwege interne afhankelijkheden in de leerstof (je moet eerst regels kennen voordat je ze leert toepassen) is een voorgestructureerd leertraject het meest aangewezen. Door voortgangsbepalingen te koppelen aan gebleken beheersing van reeds gevolgde modules kan het leerproces goed worden gevolgd.
- *Instructieontwerp:* Het instructieontwerp is de concretisering van de leerpsychologische en onderwijskundige uitgangspunten. Dat wordt gerealiseerd door taakgericht onderwijs, gestructureerd naar de verschillende wegcategorieën (zie §4.3.1). Representatieve en functioneel-realistische leeromgevingen kunnen worden gerealiseerd door gebruik van multimedia technologie. De leerstof wordt onderverdeeld in verschillende modules, en door frequente toetsing wordt geverifieerd of het leerproces verloopt zoals beoogd, en wordt voor elke leerling apart bepaald wat de meest geschikte aanpak is om de instructie voort te zetten.

5.3 Globale functionele specificaties voor een kosten-effectieve rijsimulator

Vooropgesteld moet worden dat het onmogelijk is om *de* kosten-effectieve rijsimulator te specificeren. De voor een concrete toepassing geschiktste oplossing is altijd een functie van veel variabelen, zoals het aantal leerlingen dat getraind moet worden, het te verwachten ingangsniveau, de aard van de rijopleiding (beginners, specialist), de eventuele inzet van andere geavanceerde leermiddelen, enzovoort. De specificaties hieronder zijn daarom noodgedwongen globaal

en zijn bedoeld om de lezer een indruk te geven van een trainingssysteem dat kosten-effectief kan zijn.

Kosten-effectieve rijsimulatoren worden primair ingezet voor het leren van eenvoudige voertuigbeheersingstaken, het leren toepassen van verkeersregels en voor training in verkeersinzicht. Deze taken kunnen op zodanige manier worden getraind op een simulator dat de verhouding tussen kosten en opbrengsten concurrerend is met die van traditionele training (Korteling e.a., 2000). Rijsimulatoren zijn nog niet geschikt voor het trainen van moeilijke voertuigbeheersingstaken, zoals met hoge snelheid rijden in bochten, slippen, noodstops en het rijden met aanhanger). Hieronder worden de functionele specificaties voor elk van de componenten van een trainingsimulator besproken.

De *mock-up* van de simulator moet alle instrumenten bevatten die normaliter ook in een auto aanwezig zijn. De krachtterugkoppelingen op stuur en rempedaal moeten eveneens nagebootst worden, maar die hoeven niet volledig natuurgetrouw te zijn. De relatie tussen rijnsnelheid en krachtterugkoppeling (een stilstaande auto stuurt zwaarder dan een snel rijdende) moet wel worden nagebootst. Welke mate van natuurgetrouwheid wél nodig is, is nog onbekend. Omdat de simulator bedoeld is voor het oefenen van eenvoudige manoeuvres kan worden volstaan met een eenvoudig voertuigmodel (zonder modelleren van slippen enz.).

Het *beeldpresentatiesysteem* moet een wijde beeldhoek hebben (180° horizontaal $\times$ 40° verticaal, of meer) en een hoge resolutie (25 pixels/graad). Het beeldpresentatiesysteem moet een refresh-rate hebben van minimaal 60 Hz. De voor verkeersdeelname relevante objecten (verkeersborden, -lichten) moeten zichtbaar en herkenbaar zijn op tenminste 100 m. De resolutie van beelden in binnen- en buitenspiegels mogen lager zijn.

Het inschatten van de snelheid van ander objecten, alsook de tijd tot andere objecten zijn belangrijke vaardigheden. Om deze vaardigheden te trainen in een nagebootste omgeving is het belangrijk dat de optische expansie van objecten (als gevolg van eigen beweging) accuraat en vloeiend is. Dat houdt in dat de frame-rate voldoende moet zijn, dat de resolutie hoog genoeg moet zijn, en dat de grootte van de objecten, als functie van omvang en hoek tot gezichtspunt, accuraat wordt weergegeven. Daarvoor is doorgaans een duur beeldsysteem voor nodig. Maar er zijn mogelijkheden om te volstaan met een goedkoper systeem en toch bovenstaande eisen te realiseren. Een mogelijkheid is om alleen beelden in de kijkrichting in hoge resolutie weer te geven, en de overige in lage resolutie (HSD, zie boven). De mate van detail in de beelden kan worden teruggebracht door minder objecten in de omgeving te plaatsen, door objecten met minder polygonen te definiëren, en door meer texturen te gebruiken. In huidige simulatoren worden objecten die veraf zijn door weinig polygonen weergegeven, maar als diezelfde objecten dichterbij zijn (bv. de bestuurder rijdt ernaar toe) worden ze door meer polygonen weergegeven (level-of-detail switching). Om de eisen aan beeldgeneratie verder terug te brengen zou datzelfde principe kunnen worden gebruikt in laterale richting, dus van kijkrichting naar periferie.

Het beeldsysteem moet uit tenminste 3 kanalen (monitoren of projectoren) bestaan. Monitoren zijn beduidend goedkoper dan projectoren, maar hebben ook nadelen. Bestuurders zitten vlak op het beeld (~60 cm) en het beeld wordt onderbroken door de monitorranden.

Het *beeldgeneratiesysteem* moet de beelden met een hoge snelheid berekenen (een update-rate van tenminste 30 Hz), op een constante frequentie. Het handhaven van een constante frequentie

vereist een mechanisme dat overbelasting van het beeldgeneratiesysteem voorkomt, bijvoorbeeld door, wanneer nodig, de mate van detail terug te brengen, of door de mate van detail van uitsluitend veraf gelegen objecten verder te verlagen. De natuurgetrouwheid waarmee beelden in spiegels moet worden weergegeven is nog onbekend en vraagt om nader onderzoek.

De *database* moet training in voertuigbeheersing en verkeersdeelname ondersteunen. Voor het leren van voertuigbeheersing moet de database beschikken over een wegensysteem waarin sturen en snelheidsregeling in alle bekende typen bochten kan worden geoefend. De mechanische database moet de effecten van bestuurders-acties en die van de omgeving (bv. weerstand van wegoppervlak) op het voertuiggedrag realistisch weergeven. Verder moet de visuele database voldoende gedetailleerd zijn om tijdig de eigenschappen van wegen (bv. bochten) in te kunnen schatten, en moet de mechanische database voldoende terugkoppeling geven over voertuiggedrag zodat de trainee leert zijn rijnsnelheid aan te passen aan de wegeigenschappen (bv. bochtstraal).

Voor het leren van verkeersdeelname moet de database zijn uitgerust met representatieve wegen (bv. landweggetjes, woonwijken, autosnelwegen, enzovoort). Oefening in het juist en tijdig toepassen van verkeersregels vereist de aanwezigheid van (gesimuleerd) ander verkeer. Dat verkeer moet zich realistisch gedragen en zodanig gemodelleerd zijn dat het plausibel reageert op de leerling-chauffeur. Verder moet het gedrag van het gesimuleerde verkeer op eenvoudige wijze naar wens kunnen worden gemanipuleerd zodat de instructeur gemakkelijk de gewenste verkeerssituaties kan insceneren waarmee de doelvaardigheid kan worden geoefend (bv. ervoor zorgen dat het druk is de rechterrijstrook van de autosnelweg als de trainee wil invoegen).

Of een trainingsimulator moet worden uitgerust met een bewegingssysteem hangt af van de vraag voor welke leerdoelen het leermiddel precies bestemd is. Een bewegingssysteem kan intrinsieke terugkoppeling geven bij het remmen, maar het moet duidelijk zijn dat volledige en accurate nabootsing van alle voertuigbewegingen nooit mogelijk is. De duur en intensiteit van de g-krachten die in de werkelijkheid op een auto inspelen kunnen in een gesimuleerde omgeving zelfs bij benadering niet worden gehaald. Als besloten wordt om een trainingsimulator uit te rusten met een bewegingssysteem (bv. om geavanceerde voertuigbeheersing te trainen), dan moet het systeem ook uitgerust worden met een uitgebreid voertuig- en terreinmodel. Dat stelt weer hogere eisen aan de computerkracht. Een bewegingssysteem kan echter ook negatieve effecten met zich meebrengen. Elke beweging gegenereerd door het bewegingssysteem moet vergezeld gaan van corresponderende visuele bewegingen (in tijd en grootte). Als de correspondentie tussen die twee cues niet goed is, dan is de kans op simulatorziekte aanzienlijk.

Als een compromis kan een eenvoudig bewegingssysteem wel effectief zijn. Onder eenvoudig verstaan wij hier een 6 vrijheidsgraden bewegingssysteem voor uitsluitend de mock-up, en niet voor de beeldpresentatiesystemen. Zo'n bewegingssysteem kan vooral kosten-effectief zijn als het training voor dure voertuigen betreft (vrachtauto's, militaire voertuigen, wielvoertuigen), of als de simulator wordt gebruikt voor specifieke doeleinden, zoals veiligheidstraining, of het rijden onder speciale omstandigheden.

Als alternatief voor een bewegingssysteem kan een trillingsysteem volstaan. Een trillingssysteem maskeert de afwezigheid van beweging. Het is dan verstandig de trillingen af te stemmen op de

frequentie en amplitude van de motor, en de trillingen aan te bieden via de stoel (en, indien mogelijk, ook via de bedieningsmiddelen, zoals stuur, pedalen, etc.). Andere bronnen van trilling (bv. wegoppervlak via banden, schakelen) behoeven niet aanwezig te zijn.

Rijsimulatoren behoren te zijn voorzien van een hifi geluidssysteem. Vooral voor voertuig-beheersing is geluid erg belangrijk. Het toerental van de motor is bijvoorbeeld een belangrijke cue voor het schakelen. Gelukkig kunnen zulke geluiden eenvoudig en relatief goedkoop worden gegenereerd. Geluid van de volgende bronnen is nodig: wind, wielen, motor, resonantie in de cabine, versnellingsbak. De herkomst en richting van die geluiden moeten duidelijk zijn. De geluiden moeten overeenstemmen met de bronnen die zij simuleren voor wat betreft hun intensiteit, toonhoogte en timbre. Duidelijk is dat de aanbidding van geluid gesynchroniseerd moet worden met visuele en mechanische cues. Als het voor de training relevant is, dan moet het geluidssysteem ook specifieke geluiden kunnen produceren, zoals het starten van de motor, of het raken van objecten langs de weg.

Het is belangrijk onderscheid te maken tussen een rijsimulator, en een rijtrainingsimulator. Een rijsimulator is een vereenvoudigde weergave van een interactief systeem; een rijtrainingsimulator is specifiek gericht op de toepassing van instructie en training. Daarvoor zijn instructiefaciliteiten nodig, die meestal worden bediend vanaf het instructeursstation. De belangrijkste functies zijn: scenario-ontwikkeling en –management, prestatiemetingen, en ondersteuning en terugkoppeling.

- *Scenario-ontwikkeling en –management:* als organisaties een trainingsimulator aanschaffen, dan concentreren zij zich vaak op de natuurgetrouwheid van het aan te schaffen systeem. Het belang van goede trainingsscenario's blijft onderbelicht. Echter, zonder goede scenario's schiet zelfs een trainingsimulator met een hoge natuurgetrouwheid zijn doel voorbij. Scenario's dienen zo geconstrueerd te worden dat de leerling de taakkritische vaardigheden leert in prototypische situaties. Om dat te bereiken moeten verschillende vragen door de trainingontwikkelaars worden beantwoord, zoals: "wat kan en wil ik met simulatie trainen?", "hoe integreer ik simulatietraining met de overige componenten van training?", "hoe natuurgetrouw moet de simulatie zijn?", "hoe bereik ik goede leeroverdracht naar de echte praktijk?", "welke prestatiematen selecteer ik?". De scenario-ontwikkelomgeving moet de ontwikkelaar voorzien zijn van ondersteuning op het gebied van instructie- en trainingspsychologie. Verder moet de instructeur het verloop van een scenario's kunnen volgen, en moet hij kunnen zien hoe de leerling de taken uitvoert zodat hij, on-line, ondersteuning en terugkoppeling kan bieden.
- *Prestatiemetingen:* Rijprestaties van leerlingen in een simulator kunnen soms automatisch door het systeem worden gemeten. In andere gevallen moet de geschiktheid van het rijgedrag worden beoordeeld door een domeinspecialist (meestal de instructeur). Automatische prestatiemetingen zijn vooral geschikt als er in de taak een nauwe samenhang is tussen stimulus en response (oorzakelijk en in tijd), zoals bijvoorbeeld bij het sturen in een bocht. Een stuurfout leidt onmiddellijk tot een afwijking van de ideale koers. Dus, maten die koersafwijkingen registreert (bv. standaarddeviatie van laterale positie) zijn geschikt voor het evalueren van stuurgedrag. Prestatiematen die automatisch door het systeem worden verzameld dienen een duidelijke relatie te hebben met de te trainen vaardigheid. Sommige

(componenten van) rijtaken kunnen niet automatisch worden beoordeeld. Bijvoorbeeld, het inzetten van inhaalmanoeuvre begint met kijken in binnen- en buitenspiegels. Met een sensor aan het hoofd van de bestuurder kan weliswaar globaal de kijkrichting bepaald worden, maar die is niet gevoelig genoeg om na te gaan of er werkelijk in de binnenspiegel gekeken. Dat moet nog door een instructeur worden gedaan en hij moet over de middelen beschikken om dat ook goed te kunnen doen.

- *Ondersteuning en terugkoppeling*: Eén reden waarom met simulatoren zulke krachtige leeromgevingen kunnen worden gemaakt is de mogelijkheid om onmiddellijke en goed omschreven terugkoppeling te verstrekken, om hints in de leeromgeving in te bouwen, en om het trainingsproces af te stemmen op het leerproces van de individuele leerling. instructeurs leveren ondersteuning en terugkoppeling doorgaans verbaal. Om dit te ondersteunen kan een simulator *prestatiesignalen* geven. Dat zijn visuele en/of auditieve signalen die de instructeur erop attent maken dat bepaalde toleranties zijn overschreden (bv. het doorkruisen van een lijn). Het doel is om leerlingen en instructeurs te ondersteunen bij de bewaking van taakgedrag. Prestatiesignalen kunnen gevolgd worden door automatisch gegenereerde hints of suggesties (bv. “je rijdt te veel aan de linkerkant van de weg; ga iets naar rechts”). Die boodschap kan het prestatiesignaal vervangen, of kan eraan gekoppeld worden.

6 DISCUSSIE

In de afgelopen eeuw heeft het verkeer zich sterker ontwikkeld dan zelfs pioniers hebben voorzien. In 1901, bijna 100 jaar geleden, werd het volgende opgetekend uit de mond van Carl Benz:

“The global market for automobiles is limited because there are going to be no more than one million people capable of being trained as chauffeurs.” (geciteerd in Evans, 1991, p.100)

In Nederland rijden inmiddels 7 miljoen auto's, doen ruim 1 miljoen mensen per jaar hun rijexamen, en staan er dagelijks lange files. De nog steeds toenemende drukte op 's lands wegen-net vereist van chauffeurs dat zij in staat zijn om drukke en complexe verkeerssituaties goed en soepel af te handelen. Het is de taak van de rijopleidingen mensen daarin op te leiden. Een programma dat zich beperkt tot het aanleren van theoretische kennis en training in het toepassen van de verkeersregels volstaat niet; er moet zeker ook aandacht besteed worden aan verkeersinzicht, attitudes en motivatie (Vlakveld, 2000). Rijopleidingen bestaan nu nog vrijwel uitsluitend uit lessen in het voertuig op de openbare weg. De drukte heeft tot gevolg dat de mogelijkheden, efficiëntie en flexibiliteit van traditionele lessen op de weg minder worden. Het wordt bijvoorbeeld steeds moeilijker om rustige wegen te vinden en door opstoppen en files gaat veel kostbare lestijd verloren.

Door ontwikkelingen in de technologie kunnen theorie- en praktijklessen van rijopleidingen worden verruimd. Dat kan tot verbetering van effectiviteit en efficiëntie leiden mits de mogelijkheden en beperkingen van CBI en trainings simulatoren voor rijonderwijs goed in acht worden

genomen. In dit rapport is daarvan een overzicht gegeven en is aangegeven hoe de leermiddelen in een leertraject zouden moeten worden ingebed.

Er zijn veelbelovende ontwikkelingen in het gebruik van computers en simulatoren voor rij-training, maar voor de toepassing op ruime schaal in de praktijk moeten nog veel vragen worden beantwoord. Dat zijn vragen op technologisch gebied (hoe creëer ik tegen aanvaardbare kosten een gesimuleerde taakomgeving die leerling-chauffeurs in staat stelt om taakkritische vaardigheden snel en goed te leren?), maar ook vragen op onderwijskundig terrein (o.a. welke taken selecteer ik voor training in een simulator, welke procedures gebruik ik voor prestatiemeting en terugkoppeling?). Hieronder volgt een lijst van zulke belangrijke vragen.

- Als een opleidingsorganisatie besluit een simulator aan te schaffen wordt er veel tijd, moeite en geld besteed aan de ontwikkeling van het systeem. Als het systeem er eenmaal is, dan wordt het doorgaans direct in gebruik genomen en is er niet of nauwelijks aandacht voor de validatie (werkt het systeem waarvoor het is bedoeld?). Alleen door validatie-onderzoek is het mogelijk om de goede en minder goede facetten van een trainingsysteem in kaart te brengen, en zo te leren voor de toekomst. Er zijn verschillende methoden voor validatie-onderzoek (Rolfe & Caro, 1992; Korteling & Sluimer, 1999), uiteenlopend in omvang en kosten. Het verdient sterk aanbeveling om simulatoren voor rijtraining te onderwerpen aan validatie-onderzoek.
- HSD is een veelbelovende techniek om de kosten van beeldgeneratiesystemen terug te brengen zonder (veel) in te boeten aan functionaliteit (zie §§4.3.2 en 5.3). Er zijn verschillende mogelijkheden om concessies te doen aan de beeldkwaliteit van perifere beelden (level-of-detail switching, reductie aantal polygonen, grotere textures). Er is onderzoek nodig om te bepalen welke van die methoden het meest geschikt is.
- Bij de aanschaf van een trainingsimulator concentreren organisaties zich vaak op de natuurgetrouwheid. Maar ook voor een trainingsimulator met een hoge natuurgetrouwheid zijn goede trainingsscenario's essentieel. Methoden voor ontwikkeling, uitvoering en evaluatie van trainingsscenario's is echter grotendeels een onontgonnen terrein. Nader onderzoek op dit gebied is zeer wenselijk.
- Effectieve training met rijsimulatoren vereist goede instructiefaciliteiten die de instructeur in staat stelt om het leerproces van individuele leerlingen goed te volgen, en daardoor flexibel kan inspelen op de actuele trainingsbehoefte. Om dat mogelijk te maken zijn goede instructiefaciliteiten nodig. Tot op heden wordt daar weinig aandacht aan besteed. Nader onderzoek is nodig op het gebied van scenario-management, automatische prestatiemetingen en terugkoppeling, en aan cue augmentation.
- Kennis en vaardigheden worden niet geïsoleerd in het geheugen wordt opgeslagen, maar blijft sterk verbonden met de context van de taak en de omgeving waarin de informatie werd geleerd. Dat betekent dat voor een goede leeroverdracht, de leeromgeving moet bestaan een brede en representatieve verzameling verkeerssituaties. Huidige rijsimulatoren echter beschikken doorgaans over een beperkt arsenaal van verkeersomgevingen. Er zijn wel goede hulpmiddelen waarmee de eigenschappen van verkeersomgevingen in databases kunnen worden vastgelegd, maar het proces is erg tijdrovend, en de hulpmiddelen zijn erg duur. Er is behoefte aan methoden en technieken waarmee op eenvoudige en snelle wijze

verkeersomgevingen kunnen worden gemodelleerd die dan in bibliotheken kunnen worden verzameld.

- Het belangrijkste aspect van autorijden is de adequate interactie met ander verkeer. In huidige rijsimulatoren is doorgaans uitsluitend ander autoverkeer gemodelleerd. Omdat het gedrag van fietsers en voetgangers zo moeilijk te modelleren is, komen zij in de scenario's niet voor. Dat is een serieuze beperking, omdat anticiperen en reageren op gedrag van deze groep weggebruikers een belangrijk onderdeel is van de rijopleiding. Er is dringend behoefte aan modellen van deze groepen weggebruikers, en tools om hiermee eenvoudig (top-down, menugestuurd) complexe verkeerssituaties te ensceneren.
- In de afgelopen tien jaar zijn er grote ontwikkelingen op het gebied van spelletjes op PC's. Veel van die spelen betreffen autorijden (doorgaans in de vorm van racewedstrijden). De beeldkwaliteit van die spelen is vaak verbluffend. Omdat voor rijsimulatoren vanzelfsprekend een veel kleinere afzetmarkt is, kunnen niet zulke grote investeringen in ontwikkeling worden gedaan als nu gebeurt in de spelletjesindustrie. Wellicht dat samenwerking met een grote softwareproducent (e.g. Microsoft), kan leiden tot technologische doorbraken in de ontwikkeling van goede rijsimulatoren.
- Het optreden van simulatorziekte is nog steeds een belangrijke factor die organisaties ervan weerhoudt om deze technologie in de rijopleiding te introduceren. Onderzoek naar methoden om simulatorziekte te voorkomen, of terug te brengen, kan het vertrouwen in de mogelijkheden van deze technologie verbeteren.

REFERENTIES

- Baggett, P. (1988). The role of practice in videodisc-based procedural instructions. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 18(4), 487-496.
- Berlo, M.P.W. van & Bosch, K. van den (1995). *Een didactisch model for computer-ondersteund onderwijs in verkeerstheorie* (Rapport TNO-TM 1995 A-75). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Bosch, K. van den (1995). Computer Based Instruction in traffic theory. *Proceedings of International Training Equipment Conference and Exhibition*, The Hague, The Netherlands, April 25-27 (pp. 483-490). Willshire, UK: ITEC Ltd.
- Bosch, K. van den, Berlo, M.P.W. van & Riemersma, J.B.J. (1994). *Leerpsychologische en onderwijskundige uitgangspunten voor Computer Ondersteund Onderwijs in verkeerstheorie* (Rapport TNO-TM 1994 A-49). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Bosch, K. van den & Riemersma, J.B.J. (2000). Praktijktraining met simulaties. In P.W.J. Schramade & J.G.L. Thijssen (Eds.), *Handboek Effectief Opleiden* Vol. 23, Chap. 7.4-6 (pp. 107-132). The Hague, The Netherlands: Elsevier.
- Bosch, K. van den & Verstegen, D.M.L. (1996). *Effects of task and training design on skill retention: a literature review* (Report TM-96-C056). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Brown, J.S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 32-42.
- Decina, L.E. (1998). Training novice drivers using simulation and other electronic devices. *The Chronicle of ADTSEA*, 45 (1).
- Decina, L.E., Gish, K.W., Staplin, L. & Kirchner, A.H. (1996). *Feasibility of new simulation technology to training novice drivers* (Report DOT HS 000 000). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Evans, L. (1991). *Traffic Safety and the Driver*. New York: van Nostrand Reinhold.
- Fletcher, J. D. (1989). The effectiveness and cost of interactive videodisc instruction. *Machine-Mediated Learning*, 3, 361-385.
- Hays, R.T., Jacobs, J.W., Prince, C. & Salas, E. (1992). Flight simulator training effectiveness: a meta-analysis. *Military Psychology*, 4 (2), 63-74.
- Hull, M. (1991). Mandatory hazard perception testing as a means of reducing casualty crashes amongst novice drivers. *Proceedings of the Conference on the Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents*. Held at: Gothenburg, Sweden.
- Kappé, B. (1997). *Visual information in virtual environments*. Unpublished doctoral dissertation, Rijksuniversiteit, Utrecht, The Netherlands.
- Klerk, L.F.W. de (1979). *Inleiding in de Onderwijspsychologie*. Deventer: Van Loghum Slaterus.
- Korteling, J.E., Kappé, B. & Bosch, K. van den (2000). *Low-cost simulators 3c: the configuration of an optimal low-cost driver training simulator* (Report TM-00-A024). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- Korteling, J.E. & Randwijk, M.J. van (1991). *Simulatoren en verkeersoefenterreinen in de militaire rijopleiding: literatuurstudie en advies* (Rapport IZF 1991 A-11). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Korteling, J.E. & Sluimer, R.R. (1999). *A critical review of validation methods for man-in-the-loop simulators* (Report TM-99-A023). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. Boston, MA: Cambridge University Press.
- Lintern, G., Taylor, H.L., Koonce, J.M., Kaiser, R.H. & Morrison, G.A. (1997). Transfer and quasi-transfer effects of scene detail and visual augmentation in landing training. *International Journal of Aviation Psychology*, 7 (2), 149-169.
- Reder, L.M. & Klatzky, R. (1994). Transfer: Training for Performance. In D.E. Druckman & R.A. Bjork (Eds.), *Learning, Remembering, Believing* (pp. 25-56). Washington, DC: National Academy Press.

- Regan, M.A., Triggs, T.J. & Wallace, P.R. (1999). Design of a cognitive skills trainer for novice car drivers. *Proceedings Fourth International SimTecT Conference*. Held at: Melbourne, Australia. SimTecT.
- Resnick, L.B. (1987). Learning in schools and out. *Educational Researcher*, 13-20.
- Rolfe, J.M. (1998). Flights of fancy and the legacy of Zeuxis and the grapes. After-dinner speech held at the *MASTER symposium*. Held at: Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Rolfe, J.M. & Caro, P.W. (1982). Determining the training effectiveness of flight simulators: some basic issues and practical developments. *Applied Ergonomics*, 13 (4), 243-250.
- Rooij, J.C.G.M. van (1997). *Onderwijskundige richtlijnen ten behoeve van specificatie van simulator-eisen* (Rapport TM-97-A077). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Roscoe, S.N. (1991). Simulator qualification: just as phony as it can be. *International Journal of Aviation Psychology*, 1 (4), 335-339.
- Sluimer, R.R. & Bosch, K. van den (in voorbereiding). *Transfer of training of a low cost driving simulator*. Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- Smith, E.E. (1987). Interactive video: an examination of use and effectiveness. *Journal of Instructional Development*, 10 (2), 2-10.
- Sticha, P.J., Singer, M.J., Blacksten, H.R., Morrison, J. E. & Cross, K.D. (1990). *Research and Methods for Simulation Design State of the Art* (AD-A230 076, Technical Report 914). Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Suchman, L.A. (1987). *Plans and situated actions: the problem of human-machine interaction*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Vlakveld, W.P. (2000). *Leerdoelen voor het rijbewijs B*. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Soesterberg, 30 november 2000

Dr. K. van den Bosch
(1e auteur, projectleider)