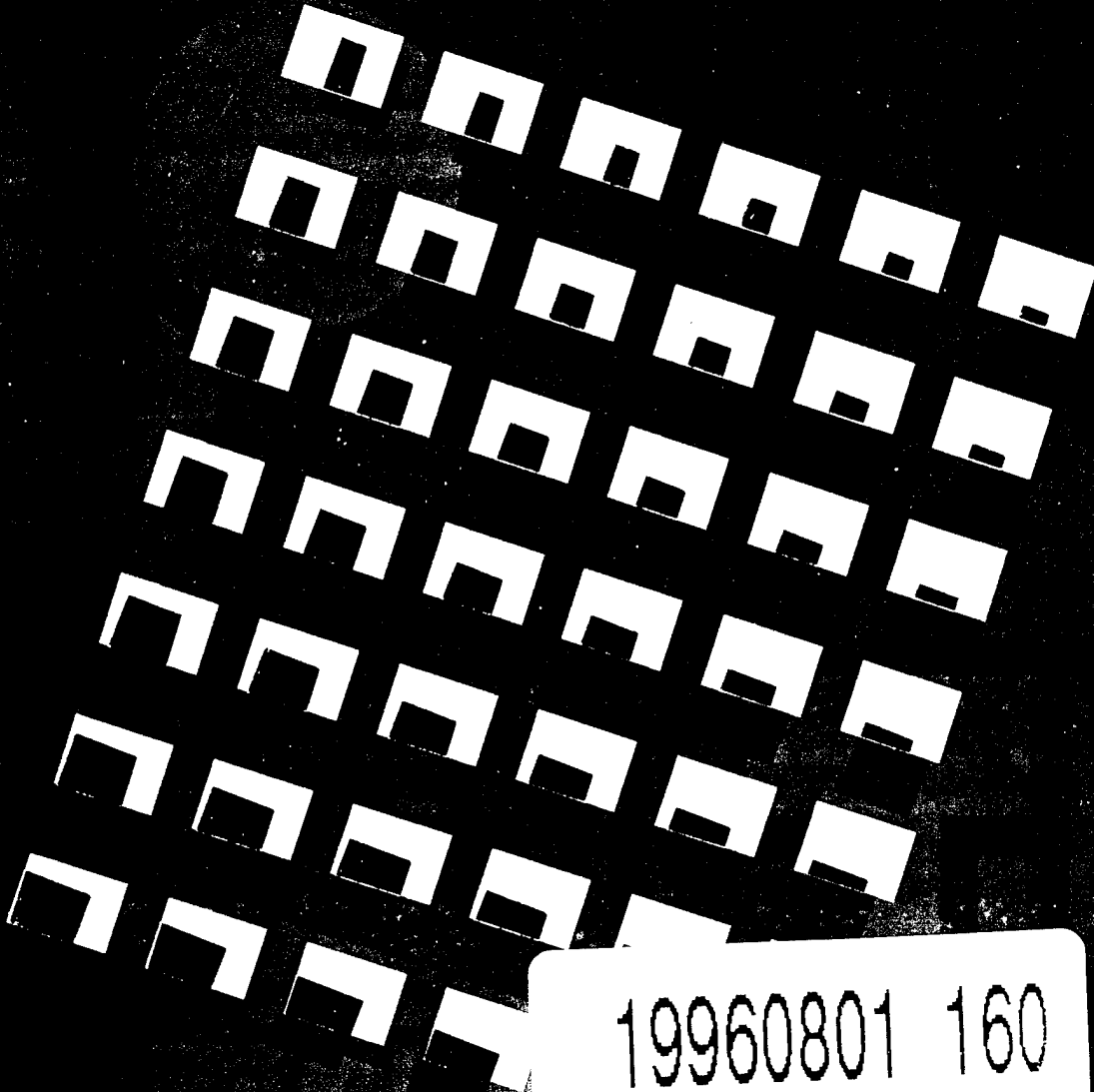


TNO-rapport  
FEL-96-A067

## Onderzoek mogelijkheden Stinger VE trainer

TNO Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium

Uitgeverij: TNO  
Afdeling: Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium  
Afdeling: Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium



TNO-rapport  
FEL-96-A067

## Onderzoek mogelijkheden Stinger VE trainer

TNO Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium

Oude Waalsdorperweg 63  
Postbus 96864  
2509 JG 's-Gravenhage

Telefoon 070 374 00 00  
Fax 070 328 09 61

Datum  
Mei 1996

Auteur(s)  
Dr.ir. H. Kuiper, Drs. A.H. van der Hulst,  
Dr. G.J. Jense, Ir. F. Kuijper (TNO-FEL);  
Dr. P.J. Werkhoven, Dr. Y.F. Barnard,  
Dr. F.L. Kooi, Dr. J.B.J. Riemersma (TNO-TM)

Rubricering  
Vastgesteld door : Kap J.F. v.d. Vate  
Vastgesteld d.d. : 25 april 1996

Titel : Ongerubriceerd  
Managementuittreksel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd

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.

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 aan TNO dan wel de  
betreffende ter zake tussen partijen  
gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 8  
Oplage : 42  
Aantal pagina's : 68 (excl. RDP & distributielijst)  
Aantal bijlagen : -

© 1996 TNO

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium  
TNO Technische Menskunde



DTIC QUALITY INSPECTED I

Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

## Managementuittreksel

Titel : Onderzoek mogelijkheden Stinger VE trainer  
Auteur(s) : Dr. ir. H. Kuiper, Drs. A.H. van der Hulst,  
Dr. G.J. Jense, Ir. F. Kuijper (TNO-FEL);  
Dr. P.J. Werkhoven, Dr. Y.F. Barnard,  
Dr. F.L. Kooi, Dr. J.B.J. Riemersma (TNO-TM)  
Datum : Mei 1996  
Opdrachtnr. : A95KLu778 (TNO-FEL); OF95KLu4011 (TNO-TM)  
IWP-nr. : 756  
Rapportnr. : FEL-96-A067

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de mogelijkheden van een Virtual Environment (VE) trainer ten behoeve van de Stinger opleiding. Het uitgevoerde onderzoek omvat de volgende onderdelen: (1) opleidingsanalyse, (2) perceptieve eisen voor een VE trainer, (3) functionele analyse, en (4) systeemconcept en technische knelpunten.

Het rapport eindigt met conclusies en aanbevelingen voor het vervolgtraject.

### Opleidingsanalyse

In de opleidingsanalyse wordt de huidige Stinger opleiding geanalyseerd. Deze opleiding wordt gekenmerkt door drie trajecten: (1) schutter, (2) teamcommandant, en (3) leermeester Stinger. Alle drie de trajecten bestaan uit een basisopleiding, een praktische training, en training tijdens tewerkstelling.

De taak van een Stingerteam bestaat uit het verdedigen van een object dat door vliegtuigen of helikopters kan worden aangevallen. Taken die voor Stinger personeel kunnen worden onderscheiden zijn o.a.: acquisitie van het doel, doel toewijzen, activeren, identificatie en 'engage'.

De opleiding behelst zowel het aanleren van kennis (wapenleer, voorwaarschuwingssystemen) alsook vaardigheden (procedures, detectie, richten en vuren). Momenteel staan naast de klassikale opleiding een aantal trainingsfaciliteiten ter beschikking: Stinger Trainer (STT) in Dome, VLAST (video) en STPT.

Knelpunten die zich bij de huidige opleiding voordoen en zullen voordoen hebben betrekking op een aantal aspecten (1) de capaciteit van de trainingsfaciliteiten, (2) de beperkingen in de automatische prestatie evaluatie van huidige STT, (3) geen mogelijkheden voor teamtraining, en (4) de beperkte inzetbaarheid van STPT en VLAST. Daarnaast kunnen er nog knelpunten gaan optreden ten aanzien van de toenemende complexiteit van taken, de inbedding van de Stinger training in een groter geheel, en de emotionele belasting.

In de trainingsanalyse zijn er tenslotte leerdoelen voor de toekomstige Stinger training geformuleerd en is er een mogelijke trainingsopzet voorgesteld met een combinatie van verschillende media (COO, dome, VE systeem, en teleleren).

### **Perceptieve eisen**

Er is een perceptieve taakanalyse uitgevoerd waarin taken als sectoren bepalen, pakken en op schouder plaatsen van Stinger, detectie etc. worden geïdentificeerd, gevolgd door een schatting van de perceptieve eisen per taakonderdeel te stellen aan de simulator. Voor een VE trainer wordt er een afweging gegeven tussen verschillende alternatieven voor beeldpresentatie, te weten: immersive HMD, doorzicht HMD, kleinere bol en doorzichtbol.

### **Functionele analyse**

In de functionele analyse worden de functionele eisen neergezet waaraan de verschillende componenten van een Stinger VE trainer moeten voldoen.

Allereerst worden een aantal algemene eisen ten aanzien van een mobiele VE trainer geformuleerd. In de eerste plaats dient de hardware o.a. licht en compact uitgevoerd te zijn. In de tweede plaats is het gewenst dat het systeem algemeen toepasbaar is, d.w.z. ook voor andere soortgelijke wapensystemen, hetgeen resulteert in een eis tot modulariteit en ook dient de software portable te zijn naar andere computer platformen. Het daadwerkelijk opnemen van laatstgenoemde punt als uiteindelijke eis hangt sterk samen met de meerinspanning die nodig is om de eis te realiseren.

Functioneel omvat de VE trainer de componenten: (1) auteursomgeving voor de aanmaak van lesmateriaal, (2) instructeursstation voor het leiden, monitoren en beoordelen van de oefening, (3) VE-installatie voor schutters en commandant, (4) dummy wapen, en (5) eventuele randapparatuur.

### **Trainerconcept en knelpunten**

De basisconfiguratie van de trainer omvat: instructeursfaciliteiten, een commandant simulator, twee schutter simulatoren en een doelensimulator.

Technisch zijn er een aantal knelpunten in het concept te identificeren die nader uitgezocht dienen te worden. De knelpunten hebben betrekking op de volgende aspecten: (1) Beeldpresentatie, waarin HMD type, HMD kwaliteit en HMD ergonomie aan de orde komen; (2) Beeldgeneratie, (3) Tracking, en (4) Simulatie applicatie, waarin aspecten als vliegmodel missile, IR/UV modellen en nachtzicht belicht worden.

Als trainerconcept dient bij voorkeur te worden aangesloten bij een architectuur die is gebaseerd op het DIS (Distributed Interactive Simulation) concept. Het DIS concept maakt het mogelijk dat in de toekomst flexibel kan worden ingespeeld op oefenen in groter verband met andere wapensystemen, bijvoorbeeld met Patriot en Hawk.

### **Conclusies en aanbevelingen**

Belangrijkste conclusie die kan worden getrokken naar aanleiding van de vraagstelling naar de haalbaarheid van een VE trainer is dat met de huidige verkrijgbare HMD's, computers, en tracking systemen bijna aan de gestelde perceptieve eisen kan worden voldaan. Het is echter mogelijk dat de eisen te scherp zijn gesteld en afgezwakt kunnen worden. In dat geval kan met de huidige stand van de technologie wel worden volstaan. Dit laatste kan door middel van een demonstratorstudie beant-

woord worden naast het uitzoeken van het meest geschikte type helm (doorzichthelm vs immersive) en keuze van het juiste trackingsysteem.

Zoals gesteld liggen de knelpunten met name op het technische en perceptief/ergonomisch vlak en betreffen ze het type HMD (immersive vs doorzicht) en het trackingsysteem zowel de delay als de robuustheid.

Voorstel is om deze knelpunten in een vervolgtraject door middel van demonstratorontwikkeling en uitgebreide literatuurstudie nader uit te zoeken en eventueel alternatieve oplossingen voor te stellen. Voor wat betreft het demonstratordeel dient er met drie beeldpresentatiesystemen gevarieerd te worden om een goede uitspraak te kunnen doen over het meest geschikte type, nl.: (1) met een doorzichthelm, (2) met een immersive helm, en (3) met een projectiescherm. De demonstratorstudie zal uiteindelijk resulteren in specificaties voor een te realiseren mobiele VE-trainer.

In het vervolgtraject zal tevens uitgezocht worden hoe de te realiseren VE-trainer optimaal kan worden ingezet in het opleidingstraject in combinatie met andere trainingshulpmiddelen.

Daarnaast kan parallel reeds aandacht worden besteed aan: (1) frequentie en soorten fouten die in de huidige training worden gemaakt, (2) kosten/baten analyse van verschillende trainingsopties, en (3) mogelijkheden om de teamtraining computerondersteund te laten verlopen.

## Management Summary

Title : Feasibility study Stinger VE trainer  
Author(s) : Dr. H. Kuiper, A.H. van der Hulst,  
Dr. G.J. Jense, F. Kuijper (TNO-FEL);  
Dr. P.J. Werkhoven, Dr. Y.F. Barnard,  
Dr. F.L. Kooi, Dr. J.B.J. Riemersma (TNO-TM)  
Date : May 1996  
Orderno. : A95KLu778 (TNO-FEL); OF95KLu4011 (TNO-TM)  
IWP-no. : 756  
Reportno. : FEL-96-A067

The report describes a feasibility study in which the possibilities of a Virtual Environment (VE) trainer for Stinger training are explored. The study that has been carried out includes the following elements: (1) training analysis, (2) perceptual requirements for a VE trainer, (3) functional analysis, and (4) technical bottle-necks and proposed systemarchitecture.

The report finishes with conclusions and recommendations for a follow-up trajectory.

### Training Analysis

In the training analysis the current Stinger training program has been analysed. This training program is characterized by three trajectories: (1) gunner, (2) teamcommander, and (3) Stinger tutor. Each trajectory consists of a basic training program, practical training, and training on the job.

The task of the Stingerteam comprises the defence of an object that can be attacked by aircrafts or helicopters. Tasks that can be distinguished for Stinger personnel are among others: acquisition of a target, target assignment, activation, identification and engagement.

The training program comprises the theoretical knowledge (weapon theory, early warningsystems) as well as skills (procedures, detection, aiming and firing). At the moment a number of training facilities are available for classroom instruction: Stinger Trainer (STT) in a so-called Dome, VLAST (video) and STPT.

Bottle-necks that occur at the current training program are related to a number of aspects: (1) the capacity of the training facilities, (2) the constraints of the automatic performance evaluation of the current STT, (3) no possibilities for teamtraining, and (4) limited availability for using the STPT and VLAST. Next to this it is expected that other bottle-necks can occur due to the growing complexity of tasks, the embedding of the Stinger training in a larger context, and the emotional load.

In the training analysis finally learning objectives for a future Stinger training program have been defined and a possible training program is proposed with a combination of different training media (CBT, Dome, VE-System, and tele-learning).

### **Perceptual requirements**

A perceptual task analysis has been performed in which tasks like determining sectors, unpacking and shouldering of the Stinger weapon, detection etc. are being identified, followed by an estimation of the perceptual requirements that can be determined per task element for the simulator. For a VE trainer a trade-off is given concerning different alternatives for visual presentation, such as: immersive HMD, see-through HMD, small dome and see-through dome.

### **Functional analysis**

In the functional analysis part the functional requirements for the different components of a Stinger VE trainer are determined. First a number of general requirements with respect to a mobile VE trainer are defined. These general requirements comprise: (1) the hardware has to be lightweight and compact, and (2) it is desirable that the system is generally applicable, i.e. also applicable for similar other weapon systems, resulting into a requirement for modularity and portability of software to other platforms.

How far the latter point will be taken into account obviously depends strongly on the amount of additional effort that is required to realise this requirement.

Functionally the VE trainer has the following components: (1) authoring environment for composing the lesson material, (2) instructor station for conducting, monitoring and evaluating exercises, (3) VE-system for gunners and commander, (4) dummy weapon, and (5) peripheral equipment.

### **VE trainer concept and bottle-necks**

The basic configuration of the trainer consists of: instructor facilities, a commander simulator, two gunner simulators and a target simulator.

Technically a number of bottle-necks can be identified in the VE-trainer concept that have to be analysed more thoroughly. The bottle-necks concern the following: (1) visual presentation, with type of HMD, HMD quality and HMD ergonomics as relevant topics; (2) image generation, (3) tracking, and (4) simulation application, in which aspects like missile flying model, IR/UV models and night vision are highlighted.

The VE trainer architecture has to join preferably an architecture based on the DIS (Distributed Interactive Simulation) concept. The DIS concept makes it possible that in future in a flexible way it can be anticipated on training in larger teams with other weapon systems, such as Patriot and Hawk.

### **Conclusions and Recommendations**

Most important conclusion that can be drawn as a result of the question for the feasibility of a VE trainer is that with current commercially available HMD's, computers, and tracking systems the estimated perceptual requirements are closely approached. However it could be possible that the requirements are too high and can be lowered. In that case the current state of technology will suffice. The perceptual requirements may be verified by means of a demonstrator VE training system which can also guide the choice of HMD (see-through vs immersive) and the choice of tracking system.

As has been stated, the bottle-necks that have been identified are mostly perceptual and ergonomic and concern the spatio-temporal resolution of the visual simulation. The speed of the image generator, the type of HMD, and the type of tracking system are of major importance. It is proposed to analyse these bottle-necks in a follow-up study and to find possible alternative solutions by means of a demonstrator development and by means of an extensive literature study. Regarding the demonstrator, three visual presentation systems are planned to be compared in order to give a well-founded statement about the most suitable type, that is: (1) with see-through HMD, (2) with immersive HMD, and (3) with a projection screen. The demonstrator study will ultimately result in specifications for a complete VE trainer. In the follow-up trajectory it also has to be studied how a feasible VE trainer optimally can be used in the training trajectory in combination with other training media. Besides this attention should be paid to: (1) the frequency and type of errors that are made in the current training, (2) the cost/benefit analysis of different training options, and (3) the possibilities to realise computer supported teamtraining.

## Samenvatting

De Koninklijke Luchtmacht heeft behoefte om naast de bestaande trainingsmiddelen voor de Stinger opleiding (dome, VLAST, STPT) extra faciliteiten te creëren om enerzijds een capaciteitsprobleem op te lossen en anderzijds een flexibele trainingsmogelijkheid te genereren. De gedachten gaan hierbij uit naar een mobiele Virtual Environment (VE) trainer die op locatie kan worden ingezet.

Dit rapport beschrijft een voorstudie naar de mogelijkheden van een mobiele VE trainer. In het onderzoek is achtereenvolgens aandacht besteed aan: (1) opleidingsanalyse van de huidige opleiding, (2) perceptieve eisen voor een VE trainer, (3) functionele analyse van de trainer, en (4) systeemconcept en technische knelpunten. Ten aanzien van het systeemconcept is gekozen voor een DIS architectuur omdat hiermee flexibel kan worden ingespeeld op toekomstige Stinger trainingen op grotere schaal en met andere wapensystemen.

Zowel ten aanzien van de perceptieve eisen als ook ten aanzien van de technische invulling van het systeemconcept zijn enkele knelpunten geïdentificeerd waarvan de haalbare oplossingen hiervoor bij voorkeur in een vervolgstudie middels experimenten dient te worden uitgezocht. Eerst dan kan een advies worden gegeven over de werkelijke haalbaarheid van een VE trainer.

## Inhoud

1.	Inleiding.....	10
2.	Trainingsanalyse Stinger opleiding KLu.....	11
2.1	De huidige opleiding.....	11
2.2	Taakuitoefening.....	12
2.3	Kennis en vaardigheden.....	13
2.4	Trainingsfaciliteiten.....	14
2.5	Training in de koepel.....	14
2.6	Trainingscapaciteit.....	16
2.7	Knelpunten in de huidige opleiding.....	16
2.8	Mogelijke verdere knelpunten.....	17
2.9	Leerdoelen voor een toekomstig systeem.....	18
2.10	Inzet van trainingsmiddelen.....	21
2.11	Mogelijke trainingsopzet.....	23
2.12	Conclusies.....	25
2.13	Referenties.....	26
3.	Perceptieve eisen te stellen aan de Stinger simulator; een verkenning.....	27
3.1	Inleiding.....	27
3.2	Perceptieve taakanalyse van de Stinger.....	27
3.3	Simulatie.....	30
3.4	Conclusies.....	34
3.5	Referentie.....	34
4.	Globale functionele analyse.....	35
4.1	Uitgangspunt.....	35
4.2	Algemene eisen.....	36
4.3	Eisen aan onderdelen van de VE-trainer.....	39
4.4	Conclusies.....	48
4.5	Referentie.....	49
5.	Technische knelpunten.....	50
5.1	Beeldpresentatie.....	50
5.2	Beeldgeneratie.....	51
5.3	Tracking.....	52
5.4	Simulatie.....	53
5.5	Systeemarchitectuur.....	56
5.6	Conclusies.....	63
6.	Conclusies en aanbevelingen vervolgtraject.....	65
7.	Ondertekening.....	68

## 1. Inleiding

De Koninklijke Luchtmacht heeft het Stinger wapensysteem in gebruik ten behoeve van luchtverdediging van objecten. In Ede vindt de opleiding tot Stinger commandant en schutter plaats. Ten gevolge van o.a. de wens tot mobiliteit en flexibiliteit van de trainingsapparatuur en dreigende capaciteitsproblemen in de zogeheten 'Stinger Dome' welke met name door de KL wordt gebruikt, is er behoefte aan een mobiele trainer welke op locatie kan worden ingezet. De gedachten gaan hierbij uit naar een trainer die is gebaseerd op virtual environment (VE) technieken. De verwachting is dat het beschikbaar hebben van een dergelijke mobiele trainer tot gevolg zal hebben dat de dome daardoor voor eenvoudiger training kan worden ingezet. Om de mogelijkheden van een VE trainer te onderzoeken heeft de KLu aan TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (TNO-FEL) en aan TNO Technische Menskunde (TNO-TM) een opdracht verstrekt om in een haalbaarheidsonderzoek de mogelijkheden van een VE trainer te onderzoeken en aanbevelingen te geven voor een vervolgtraject.

Het onderhavige rapport bevat het resultaat van dit haalbaarheidsonderzoek en is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 wordt de huidige Stinger opleiding geanalyseerd en worden knelpunten in deze opleiding gesignaleerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 aangegeven wat de perceptieve eisen zijn waaraan een Stinger VE-trainer dient te voldoen.

Hoofdstuk 4 beschrijft een functionele analyse van de trainer gevolgd in hoofdstuk 5 door een globale architectuur met daarin aangegeven de (technische) knelpunten die verder dienen te worden uitgezocht.

Hoofdstuk 6 tenslotte trekt een aantal conclusies en geeft aanbevelingen hoe het vervolgtraject het beste kan worden ingegaan.

## 2. Trainingsanalyse Stinger opleiding KLu

### 2.1 De huidige opleiding

Momenteel zijn er 28 Stingerteams waarvoor mensen moeten worden opgeleid. Er komt uitbreiding tot 40 of eventueel 49 teams. Voor de 3 vliegbases komen elk 4 teams beschikbaar (totaal 12 teams). Op GGW de Peel komen 28 teams. Nog 9 extra teams zullen worden gevormd voor helikopter-bescherming. Bij de KLu bestaat een team uit 5 mensen: 1 commandant en 2 schutters voeren de waarneming en bestrijding uit, verder zijn er een plaatsvervangend commandant en een reserve-schutter. Bij de landmacht is er 1 commandant op 1 schutter.

Er is momenteel een werkgroep bezig met het vernieuwen en op papier zetten van de opleidingen. Er zijn drie trajecten:

- 1 Opleiding schutter
- 2 Opleiding teamcommandant
- 3 Opleiding leermeester Stinger

Alle drie trajecten zijn opgebouwd uit een basisopleiding, een praktische training of training tijdens tewerkstelling, een fase waarin gewerkt wordt in een Stingerteam maar waarin regelmatig terug wordt gekomen voor lessen en tenslotte is er een fase waarin de persoon volledig inzetbaar is en er een externe beoordeling van de vaardigheden plaatsvindt.

De basisopleidingen zijn ongeveer drie weken lang en vinden in volledige werktijd plaats op de opleidingsschool. Voor de basisopleiding is er een syllabus met bijbehorend lesdictaat. De tweede fase (opleiding tijdens tewerkstelling) staat per 1-1-96 op papier. Aan de derde fase wordt eveneens gewerkt.

Voor de schutter bestaat de basisopleiding uit wapens bedienen, schieten en elementair onderhoud. Het praktijkgedeelte, ongeveer 3 weken, vindt te velde plaats. In beide fasen gaat het om individuele vaardigheden. In de derde fase wordt de schutter bij een squadron geplaatst en moet dan gaan leren opereren in een team. Deze fase duurt tot een half jaar, er zijn zo'n 5 weken training, in 14 lessen.

De teamcommandant wordt opgeleid om zelf alle Stingerteam functies te kunnen uitoefenen, leiding te kunnen geven aan het team, het team te kunnen instrueren in vliegtuigherkenning en als teamcommandant te kunnen optreden in grote oefeningen. Ook de commandant begint met de basisopleiding.

De leermeester Stinger moet instructie over alle facetten van de Stinger kunnen geven. De leermeester moet daartoe meerkennis bezitten van de wapenleer en instructiemiddelen, en de Stingertrainer kunnen bedienen.

Voor een beschrijving van de huidige basisopleiding is de syllabus beschikbaar. Kort samengevat: de training op de school bestaat uit klassikale instructie en uit oefenen met schieten in de koepel. Bij dit laatste wordt iedere handeling van de schutter vastgelegd door de computer en worden scores toegekend. De instructeur kan direct of achteraf feedback geven en analyseren wat er nog moet worden verbeterd. De instructeur kan zelf scenario's instellen.

De onderwerpen die behandeld worden in de basis cursus zijn:

- veiligheid

- werking, onderdelen, storingsen en onderhoud van de Stinger
- richttheorie
- afvuurgereed maken en afvuren
- inzet van de Stinger
- kaart en kompas (positie bepalen)
- randapparatuur zoals automatische herkenning vriend of vijand (IFF = identification friend or foe)

De basisopleiding van commandant en schutter is eigenlijk hetzelfde, hetzelfde lesdictaat wordt gebruikt. Alleen wordt bij de commandantenopleiding dieper op de stof ingegaan en de schutter moet aan de hand van de instructeur door de lesstof worden meegenomen. Het afvalpercentage van de schutters in opleiding is laag, nog geen 10 procent.

De instructie voor alle categorieën Stingergebruikers wordt steeds uitgebreider vanwege het gebruik van meer randapparatuur (zoals voorwaarschuwingssystemen) en het is de bedoeling dat in de toekomst ook nachtraining mogelijk wordt gemaakt. Ook complexe scenario's moeten kunnen worden geoefend. Bij uitzending is er de mogelijkheid om toepasselijke scenario's door te oefenen.

## 2.2 Taakuitoefening

De taak van het Stingerteam bestaat uit het verdedigen van een object dat door vliegtuigen of helikopters kan worden aangevallen. De positie van een Stingerteam is 3-5 km van het te verdedigen object, dit in verband met de maximaal mogelijke verbindingsafstand. Dit kan in de toekomst groter worden. Gezien de dreiging kan 3-5 km minder effectief zijn, sommige wapensystemen hebben een bereik van 12 km. Maar Stingers worden ook vaak ingezet in dode hoeken/gaten van een TRIAD (Triple Air Defence: 2 Hawks, 1 Patriot), waarbij op 1 TRIAD 7 Stingerteams worden opgesteld. Bestrijding van een doel door een Stingerteam vindt plaats tussen 0.5 en 6 km. Op 6-7 km is dat alleen mogelijk met voorwaarschuwing, anders kan het doel niet tijdig herkend worden. Momenteel zijn er 8 voorwaarschuwingssystemen, dat aantal zal in de toekomst stijgen. Per 1 september 1996 zal de opleiding daar ook rekening mee moeten gaan houden. Met een verrekijker (8 x vergroten) is identificatie van het doel op 3-4 km normaal. Visueel herkennen wordt getraind op 500 meter en op 1000 meter met het blote oog. De kruissnelheid van een aanvallend vliegtuig is vaak zo'n 250 m/sec.

De commandant staat 50 meter achter de 2 schutters. De twee schutters staan ook 50 meter uit elkaar en bestrijken elk een hoek van 60 graden, ietwat overlappend. De commandant kan ook alleen maar over 60 graden effectief zoeken, als het meer wordt dan gaat de prestatie met grote schreden achteruit. Maar met z'n drieën bestrijken ze bijna 120 graden. Uit het dreigingsplaatje dat van te voren wordt opgesteld heeft de commandant wel een idee uit welke richting de vijandelijke doelen te verwachten zijn. Zowel de schutters als de commandant kijken de lucht af. Zoeken gebeurt met een kleine draaiing van het hoofd in een zig-zag-achtig patroon. Als detectie plaats vindt op 4 km dan moet de commandant:

- Doel toewijzen aan schutter 1 en sector aanduiden waarin het doel zich bevindt. Bij meerdere mogelijke doelen worden als beslisregels gehanteerd: bij gelijke doelen rechter nemen; passerend boven direct naderend; doel zonder flares boven één met flares.
- Commando "activeer" geven
- Identificatie van doel, herkenning vriend of vijand (nu visueel, IFF met signaal komt straks beschikbaar, maar kost 1.3 sec.)
- Commando: "engage" (of afbreken) geven

Dezelfde lijst handelingen geldt ten aanzien van de commandovoering over schutter 2.

Als een vliegtuig met 250 m/sec nadert en gedetecteerd wordt op 4 km dan is er nog 16 sec voordat het vliegtuig bij het team is. Binnen een straal van 0.5 km kan niet bestreden worden, dus is er nog 14 sec resttijd. De commandant moet doel toewijzen, dat kost 1 a 2 sec. Voor activatie van de Stinger is 3-5 sec. nodig. Voor identificatie 2-8 sec. Als vuistregel of norm kan gehanteerd worden dat als het doel gezien is het team binnen 11 sec. tot bestrijding gekomen moet zijn.

### 2.3 Kennis en vaardigheden

Als we naar de opleidingen van de schutter en van de commandant kijken dan kunnen de volgende kennis en vaardigheden onderscheiden worden:

1. Wapenleer: werking, onderdelen, onderhoud etc van de Stinger.
2. Procedures: bediening, volgorde handelingen, communicatie tussen commandant en schutter etc.
3. Detectie en identificatie van doel: is er een mogelijk doel, wat is het, vriend of vijand etc.
4. Richten en vuren op doel.
5. Faciliterende taken: beveiliging, veiligheidsmaatregelen, positie kiezen, algemene militaire handelingen etc.
6. Kennis van randapparatuur: voorwaarschuwingssystemen, communicatiesystemen etc.

Deze verschillende soorten vaardigheden kunnen afzonderlijk worden geoefend. Voor het vierde punt, vuren op doel, geldt dat vaardigheden van punt 2 en 3 geïntegreerd en geautomatiseerd moeten zijn om deze handelingen snel te kunnen uitvoeren.

Alle kennis en vaardigheden moeten op peil gehouden worden en indien nodig worden bijgesteld. Voor punt 3 en 4 geldt dat er langdurig dient te worden geoefend om een hoge graad van automatisering te verwerven en dat deze vaardigheden op peil moeten worden gehouden door veel en frequent te blijven oefenen.

## 2.4 Trainingsfaciliteiten

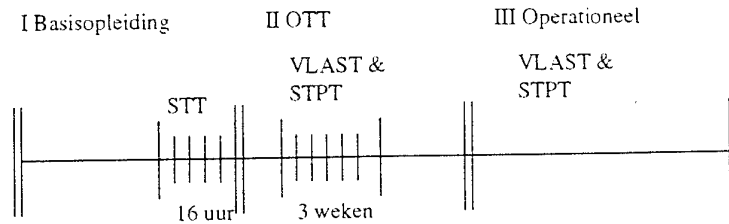
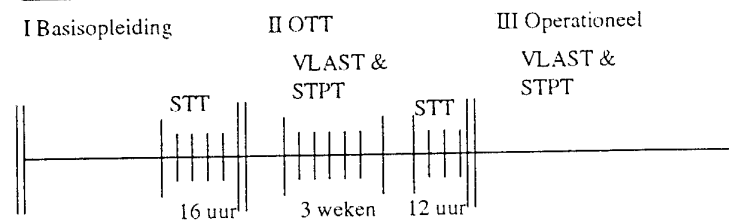
Detectie, richten en vuren wordt momenteel met behulp van de STinger Trainer (STT) geoefend, in de Stinger Dome (de koepel). De training in de koepel is nu voornamelijk op de schuttersopleiding gericht. Op de binnenzijde van het bolvormige oppervlak worden een landschap en wolken en zon geprojecteerd. Vliegtuigen en helikopters worden daarop geprojecteerd waarop met een oefen-Stinger geschoten kan worden door middel van een laserstraal. De computer registreert waar het doel zich bevindt en waar de straal op gericht is, en kan berekenen of het doel geraakt zal worden. Via een monitor op de instructeursconsole kan de instructeur meekijken naar wat de schutter ziet en doet. De computer houdt de gemaakte fouten bij en de behaalde scores. De instructeur kan scenario's instellen en nieuwe scenario's maken. Zodoende kunnen snelheid, aanvliegbanen, aantallen en typen doelen en soorten landschappen gevarieerd worden.

De andere trainingshulpmiddelen zijn de VLAST en de STPT. De VLAST maakt video-opnames van het doel in plaats van te vuren, en wordt gebruikt tijdens life-oefeningen met overkomende vliegtuigen. De STPT biedt een beeld van een vliegtuig en kan gebruikt worden om de wapenhandelingen te oefenen. De scenario's zijn echter zeer beperkt.

Er zijn verder COO (computer ondersteund onderwijs) pakketten beschikbaar: voor vliegtuigherkenning en voor toetsen vliegtuigherkenning. De vliegtuigherkenning kan geleerd en geoefend worden tot op een zeer hoog niveau.

## 2.5 Training in de koepel

Het gebruik van de koepel (de STinger Trainer, STT), de VLAST en de STPT in de opleiding ziet er als volgt uit:

Schutter:Commandant:

In de basisopleiding wordt 16 uur in de koepel getraind. Dat gebeurt in groepen van maximaal 6 leerlingen.

In de OTT (opleiding tijdens tewerkstelling) wordt alleen met de VLAST en de STPT geoefend in het veld, zo'n drie weken. Aan het einde van die periode wordt door de commandanten nog 12 uur met de STT geoefend, 8 uur voor het commando voeren en 4 uur voor de randapparatuur. Hierbij wordt eerst geoefend met 1 schutter, dan wordt de snelheid opgevoerd en dan wordt met IFF en met twee schutters geoefend.

In de operationele periode wordt regelmatig met VLAST en STPT geoefend. VLAST is bij oefeningen zeer nuttig, alleen zijn er niet veel oefeningen mogelijk in verband met beperkingen voor laagvliegen. De STPT is maar zeer beperkt, geeft alleen goed of fout aan. Afgezien van het oefenen van de wapenhandelingen heeft deze voor de training van doelbestrijding weinig nut. Op wat er op dit moment geoefend wordt in fase III is dezerzijds weinig zicht.

## 2.6 Trainingscapaciteit

In de operationele fase moet er geoefend gaan worden met simulaties. De KLu stelt als richtlijn dat er 24 uur simulatie-tijd beschikbaar moet komen per operationeel team per jaar (maar waarschijnlijk meer uur, zo'n 40). Er komen 40 teams, nog later mogelijk 49. Dat betekent minstens 960 uur of 1176 uur. Er moeten ook nog uren vrij blijven voor het maken van scenario's, onderhoud en dergelijke, in totaal zou bij 40 teams minstens 1200 uur nodig zijn. Momenteel heeft de KLu de koepel 400 uur ter beschikking. Deze getallen moeten als volstrekt minimum gezien worden. Bij uitzendingen bijvoorbeeld moet er ook nog extra getraind worden. Deze getallen geven een globale indicatie.

## 2.7 Knelpunten in de huidige opleiding

### 2.7.1 Onderhoud vaardigheden

Regelmatig oefenen met de Stingers en met vliegtuig-identificatie is van groot belang voor de paraatheid van de teams. Met name voor de operationele fase is het wenselijk dat de vier plaatsen waar Stingerteams gelegerd zijn (3 vliegvelden en GGW de PEEL) een eigen trainingsmogelijkheid krijgen om de vaardigheden op peil te houden. Voor de schutters geldt dat het effect van de koepeltraining afneemt als de vaardigheden niet worden onderhouden; na twee maanden haalt de schutter geen voldoende resultaten meer.

### 2.7.2 De Stinger Trainer

De Stinger Trainer voldoet ten dele aan de behoefte, ook al zijn er beperkingen, met name ten aanzien van evaluatie en mogelijkheden voor teamtraining. Nu genereert de computer van de Stinger Trainer een lijst met gemaakte fouten. Het is gewenst dat er ook mogelijkheden komen voor evaluatie van het hele proces van richten en vuren. In het bijzonder zou het inbouwen van meetpunten voor de commandant van belang zijn: wordt het hele lijstje van acties en beslissingen vanaf detectie tot aan het commando "engage" correct afgewerkt? Nu kan dat alleen door de instructeur aan de hand van een schraplijstje worden geobserveerd. Ook de tijdmeting zou mogelijk moeten worden: gebeurt alles binnen de beschikbare 11 seconden? De Stingertrainer houdt nu in een twee-dimensionaal vlak bij waar het doel zich bevindt en waar de laserstraal vanuit de Stinger terecht komt. Gewenst zou zijn een derde as waarop de tijd wordt aangegeven, en op basis waarvan extra scores kunnen worden toegekend.

### 2.7.3 Teamtraining

Op het gebied van de teamtraining lijkt er een groot gat in de opleiding te zitten. In de koepel kan wel geoefend worden met twee schutters, maar het teamproces wordt verder niet gemonitord of automatisch geëvalueerd. Bij de operationele opstelling van de luchtmacht staan de commandant en de twee schutters ver uit elkaar, ze kunnen alleen via headsets met elkaar communiceren. Een mogelijkheid om de instructeurs meer greep op de training te laten krijgen is het systeem uit te breiden met de mogelijkheid mee te luisteren met de drie mensen als ze via headsets communiceren. Toch lijkt dat niet echt een oplossing. Communicatie over 50 meter is toch echt anders dan naast elkaar in de koepel staan waarbij non-verbale communicatie een grote rol speelt (wijzen, richting van kijken etc).

Op dit moment wordt gewerkt aan het op papier zetten van de teamtraining voor fase III, voor zo'n 14 blokuren (= 28 uur, iets meer dan de eis van 24 uur dus). Eerst moet er met één schutter getraind worden, dan met twee.

### 2.7.4 STPT en VLAST

De VLAST voldoet goed voor het oefenen van technisch schieten bij veldoefeningen, maar deze komen maar weinig voor. De STPT speelt in de training slechts een beperkte rol. Het aanbieden van doelen is nogal primitief en de evaluatie bestaat slechts uit een fout of goed oordeel. Alleen de wapenhandelingen kunnen hier goed mee getraind worden.

## 2.8 Mogelijke verdere knelpunten

Hoewel de huidige training redelijk lijkt te voldoen is het mogelijk dat in de toekomst sommige knelpunten tot problemen kunnen leiden. Een aantal van deze mogelijke knelpunten zijn een toenemende complexiteit, de inbedding van de Stingertaken in een groter geheel en de belasting van schutters en commandanten.

### 2.8.1 Complexiteit

De taken waarvoor wordt opgeleid lijken complexer te worden door de invoering van meer randapparatuur, door ingewikkelder scenario's en de reële mogelijkheden tot uitzending. Waar nu voor de schutter en de teamcommandant de taken toch redelijk overzichtelijk lijken, zal dat in de toekomst mogelijk anders kunnen worden. In de nabije toekomst is de invoering van IFF, voorwaarschuwing en nachtzichtapparatuur te verwachten. Als teams worden uitgezonden dan moet er in de voorbereidingsfase met ingewikkelde en onvoorspelbare scenario's geoefend kunnen worden. Over aanvliegroutes, aantallen en soort doelen bestaat dan meer onzekerheid. Het zou mogelijk moeten worden om trainingsmiddelen mee te zenden, zodat ook ter plekke getraind kan worden.

Een gesignaleerd aandachtspunt is dat de vooropleiding van de teams erg laag is. LBO voor een schutter, MAVO (of LTS-hoogste niveau) voor een teamcommandant. Het is de vraag of door deze toenemende complexiteit de leerstof door deze doelgroep nog via de huidige trainingsmethoden valt te leren. Misschien

moet gezocht worden naar nieuwe onderwijsvormen, zoals COO, of naar een andere trainingsopbouw, zodat niet alles in de initiële fase hoeft te worden geleerd.

### **2.8.2 Inbedding**

De indruk van de huidige opleiding is dat de mensen worden opgeleid om als nogal autonome teams te opereren, en dat er weinig aandacht is hoe ze in een groter geheel moeten functioneren. Zo is de TRIAD opstelling (2 Hawks, 1 Patriot) met 7 Stingerteams een complex geheel waarbinnen onderlinge afstemming van belang is. Ook zijn er verschillende andere inzetopties, zoals OLVD (object luchtverdediging) en tactische helikoptergroepen. Er zou ook meer rekening gehouden kunnen worden met vliegdoctrines om zo te komen tot realistische scenarios om te oefenen. Zeker nu er uitzendingen plaatsvinden, zal de noodzaak tot samenwerking en inbedding toenemen.

### **2.8.3 Belasting**

De taak van een Stingerteam is ook emotioneel nogal belastend. Binnen zeer korte tijd moet er een beslissing genomen worden over al dan niet bestrijden van een doel, er moet een keuze gemaakt worden welk doel te bestrijden en welk te laten gaan. De consequenties van een onjuiste beslissing of fout schieten kunnen enorm zijn. De dreiging, zeker in een chaotische situatie, van een aankomend vliegtuig is groot. De teamleden zijn over het algemeen ook erg jong. Hoewel er wel degelijk oog is voor deze emotionele belasting, lijkt er in de opleiding relatief weinig aandacht aan te worden besteed.

## **2.9 Leerdoelen voor een toekomstig systeem**

Uit het bovenstaande valt te extraheren waar het toekomstige trainingssysteem zich op zou moeten richten. In sectie 2.3 werden 6 categorieën kennis en vaardigheden onderscheiden. De kern van de taakuitoefening is het detecteren en identificeren van doelen en het bestrijden ervan. Deze taken vereisen vooral de vaardigheden uit de categorieën procedures, detectie en identificatie, en richten en vuren.

In deze sectie worden een aantal van de taken verder uitgesplitst in termen van de handelingen die verricht moeten worden, en als leerdoelen gesteld worden. Als vuistregel kan gehanteerd worden dat de taken die een team moet verrichten tussen detectie doel en afvuren Stinger, uitgevoerd moeten kunnen worden binnen 11 seconden. Het zijn met name deze taken die in het verdere rapport aan de orde zullen komen omdat ze van belang zijn voor het ontwerp van een toekomstig trainingssysteem. Nu worden deze taken in de koepel getraind, en verder met behulp van VLAST en STPT.

### **2.9.1 Detectie van doel**

De commandant (maar ook de schutter die staat te kijken) moet in staat zijn om de volgende taken te verrichten:

- 1.1 Afbakening van zoeksectoren tussen schutters en commandant, de juiste sector afzoeken

- 1.2 De lucht af te zoeken, met kleine hoofdbewegingen, via de horizontale zoekmethode, bereik 60 graden
- 1.3 De lucht af te zoeken, met kleine hoofdbewegingen, via de verticale zoekmethode, bereik 60 graden
- 1.4 Gedurende langere tijd de lucht af te zoeken (norm onbekend, 20 minuten?)
- 1.5 Doel te detecteren op 4 km
- 1.6 Verrekijker (8x) pakken en doel in het vizier krijgen (actie commandant)
- 1.7 Stinger pakken van de bok (of al op de schouder hebben) en starten (actie schutter)
- 1.8 Doel in het vizier (in range ring) krijgen (actie schutter)
- 1.9 In het vizier houden van het doel via de veegmethode (voor laag boven de horizon vliegende doelen)
- 1.10 In het vizier houden van het doel via de achtmethode (voor hoog boven de horizon vliegende doelen)

### 2.9.2 Identificatie van doel

- 2.1 Met behulp van verrekijker op 4 km doel identificeren (commandant), type herkennen en beslissen vriend of vijand, binnen 2-8 seconden. Daartoe moeten alle voorkomende doelen herkend en benoemd kunnen worden op 1000 meter afstand met blote oog
- 2.2 Koers kunnen identificeren (head on, beam on, tail on, snelheidsschatting)
- 2.3 Detecteren van flares en bijhouden hoelang er geen flares meer worden afgeschoten, herkennen van verwijderend vliegend doel met afterburner
- 2.4 Aandacht ook op andere doelen gericht houden die geen flares afwerpen

### 2.9.3 Richten en vuren

- 3.1 Bepalen op grond van bestrijdingsregels of er gevuurd kan worden (snelheid, koers, grootte in range ring), of dat het doel niet binnen vuurbereik zal komen
- 3.2 Bepalen op grond van bestrijdingsregels op welk moment er gevuurd kan worden (snelheid, koers, grootte in range ring)
- 3.3 Locken van de seeker op het doel (met linkerhand uncaging switch ingedrukt houden)
- 3.4 Letten op acquisitietoon en cheekbone vibrator, signalen begrijpen
- 3.5 Bepalen in welk reticle doel geplaatst moet worden in vizier (helikopters, koers)
- 3.6 Geven van lead en elevatie (Stinger in andere richting brengen zodat het doel in de reticle komt)
- 3.7 Indrukken firing trigger, na commando engage
- 3.8 Afbreken (op grond van commando of beslissingsregels)
- 3.9 Bij hangfire (vertraging in afvuurmechanisme van 1 seconden tot enkele minuten): nog 5 seconden uncaging switch en trigger ingedrukt houden en doel volgen
- 3.10 Als afvuren mislukt na procedure bij 3.9: na 5 seconden schakelaars loslaten en B.C.U. verwijderen

#### 2.9.4 Commandovoering

- 4.1 Zoeksector toewijzen aan schutters
- 4.2 Doeltoewijzing op grond van beslisregels, keuze tussen schutters
- 4.3 Doeltoewijzing op grond van beslisregels, keuze tussen doelen
- 4.4 Teruggeven van doel aan commando-post
- 4.5 Doeltoewijzing wisselen tussen schutters
- 4.6 Commando activate geven
- 4.7 Beslissen of afgebroken moet worden
- 4.8 Commando engage of stop (3x) geven
- 4.9 Feedback geven aan schutters en feedback ontvangen

#### 2.9.5 Gebruik randapparatuur

Deze taken zijn gedeeltelijk nieuw en worden pas in detail duidelijk nadat de apparatuur is ingevoerd en in het onderwijs wordt behandeld. Dan zullen de leerdoelen nader gespecificeerd kunnen worden. Bij de ontwikkeling van toekomstige trainingsmiddelen zullen deze leerdoelen een belangrijke rol moeten spelen.

- 5.1 IFF kunnen gebruiken: signaal zenden, ontvangen en beslissen.
- 5.2 Nachtzichtkijker op Stinger kunnen gebruiken, hiervoor zullen eisen geformuleerd moeten worden over detectie en identificatie.
- 5.3 Voorwaarschuwingsapparatuur kunnen bedienen en voorwaarschuwing kunnen interpreteren en ernaar handelen (commandant).

#### 2.9.6 Optreden als team

- 6.1 Het binnen het team op elkaar afstemmen van alle voornoemde taken.

#### 2.9.7 Andere taken

De bovenstaande taken zijn tijdkritisch en moeten voor het grootste gedeelte geautomatiseerd zijn en snel kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast zijn er nog een groot aantal taken die een Stingerteam moet kunnen uitvoeren, deze zijn in sectie 3 genoemd onder de kennis en vaardigheden met betrekking tot wapenleer, faciliterende taken en randapparatuur. Deze taken worden buiten de koepel geoefend, in het klaslokaal of in het veld.

Een globale indeling van taken van een Stingerteam:

- 7.1 Bepalen van verwachte dreiging (richting en doelen)
- 7.2 Een tactische positie kunnen zoeken en innemen
- 7.3 Zorgdragen voor veiligheid en beveiliging
- 7.4 Uitpakken, controleren en opstellen van apparatuur
- 7.5 Verbindingen opzetten en onderhouden met commandopost en andere teams
- 7.6 (Opnieuw) klaarmaken van Stingerwapen
- 7.7 Storingen zoeken
- 7.8 Storingen opheffen of onschadelijk maken
- 7.9 Elementair onderhoud

## 2.10 Inzet van trainingsmiddelen

De verschillende taken worden geoefend met verschillende trainingsmiddelen. In deze sectie wordt besproken welke dat zijn en welke verbeteringen er nodig zijn. Er wordt aangegeven aan welke voorwaarden nieuw te ontwikkelen trainingssystemen zouden moeten voldoen.

### 2.10.1 Detectie

Alle detectietaken kunnen in principe in de koepel en in het veld worden geoefend. Beide hebben echter ernstige beperkingen. In de koepel lijkt detectie eenvoudiger dan in werkelijkheid:

- er is weinig variatie in weers- en zichtomstandigheden
- er hoeft niet lang gewacht te worden voordat er iets aankomt
- er vliegen alleen maar doelen, geen vogels
- het doel is erg helder (licht op donkere achtergrond)
- oriëntatie in de koepel is eenvoudiger dan in de lucht boven het veld

In het veld is detectie ook niet eenvoudig te oefenen, er kan maar zeer beperkt geoefend worden met echte doelen. Een aantal taken valt wel te trainen, zoals het langdurig met een team de lucht afzoeken naar een doel en het snel schouderen van de Stinger.

En nieuw trainingssysteem moet minstens de mogelijkheden bieden die de koepel nu biedt, maar bij voorkeur meer mogelijkheden bieden om detectie te trainen. Daarbij moet met name rekening gehouden worden met:

- mogelijkheden om langdurig een detectietaak te oefenen, in teamverband
- oefenen in detectie met maximale afstand waarop detectie nog mogelijk is
- oefenen met sterk variërende zicht- en weersomstandigheden
- de overgang van kijken met blote oog naar kijken met verrekijker of vizier

Het zou aanbeveling verdienen om mogelijkheden tot het toekennen en bijhouden van scores in te bouwen.

### 2.10.2 Identificatie van doel

Vliegtuig- en helikopterherkenning wordt nu getraind met behulp van een COO-programma, zowel voor beginners als gevorderden. Dit programma voldoet goed, er moet wel regelmatig mee geoefend worden om de herkenningvaardigheden op peil te houden. De vraag is wel of het herkennen van een beeld op een PC voldoende overeenkomsten heeft met de werkelijke taak. Het oefenen met slechtere zichtcondities en oefenen om snel te kunnen besluiten of het vriend of vijand is kan wellicht beter ondersteund worden.

In de koepel wordt ook geoefend met herkenning als onderdeel van het hele proces. Het aantal typen vliegtuigen is echter beperkt. Het identificeren van de koers, rekening houden met flares en ook de aandacht op andere doelen gericht houden wordt ook in de koepel geoefend.

Een nieuw systeem zou de koepel moeten vervangen, niet het COO-programma vliegtuigherkenning. Mogelijkheden voor complexe situaties met meer doelen en flares zijn noodzakelijk. Mogelijkheden om detectie direct te laten volgen door identificatie (met veel variatie) en beslissing vriend of vijand zou wenselijk zijn. Ook

hier geldt dat een scoringssysteem noodzakelijk is. Voor mission rehearsal bij uitzending zou het goed zijn als het mogelijk was complexe scenario's te bouwen waarin doelen geïdentificeerd moeten worden.

### 2.10.3 Richten en vuren

Bij deze taken zijn er een aantal beslisregels die geleerd en geautomatiseerd moeten worden. Dat gebeurt met behulp van lessen en toetsen. Verder zijn er een aantal wapenhandelingen die overal met behulp van een oefen-Stinger of met een STPT aangeleerd kunnen worden. Voor de afzonderlijke handelingen is dat ook voldoende. De integratie en het snel opeenvolgen van alle handelingen kan alleen in de koepel (of bij de spaarzame veldoefeningen) geoefend worden. Ook al voldoet de koepel ten dele redelijk, toch zijn er wel wat verbeteringen mogelijk, met name ten aanzien van de evaluatie, zie sectie 2.7, punt 2, "De Stinger trainer".

Een nieuw trainingssysteem zou dezelfde mogelijkheden moeten bieden als de koepel, maar in ieder geval met een uitgebreider evaluatiesysteem. Het zou ook aanbeveling verdienen om te kunnen oefenen met storings, in het bijzonder met misfires omdat dat een tijdskritisch element heeft. Of het trainingssysteem voldoet hangt sterk af van de mogelijkheid om de hele procedure integraal te oefenen en onder dezelfde tijdsdruk.

Een ander punt is dat de koepel gezien kan worden als een redelijk stressvolle omgeving, doordat de schutter omringd is door het beeld van lucht waaruit van alles kan opduiken en door het harde geluid van vliegtuigen. Doordat veldoefeningen die enigszins op een oorlogs- of dreigingssituatie lijken zo moeilijk zijn te realiseren is het van belang een ruimte te creëren waarin de schutter toch de druk en spanning enigszins ervaart (zie ook sectie 2.8 punt 3, "Belasting").

### 2.10.4 Commandovoering

Ook bij deze taken moeten weer een aantal beslisregels geleerd en geautomatiseerd worden. Sterker nog dan bij de schutter geldt voor de commandant dat deze regels onder veel en zeer verschillende omstandigheden geoefend moeten kunnen worden. Dit oefenen kan nu alleen in de koepel. Het op tijd geven van het juiste commando kan nu in de koepel worden geoefend. Er is echter geen geautomatiseerd scoringssysteem, slechts een schraplijstje voor de instructeurs als leidraad voor observaties.

De taak van communicatie met twee schutters op afstand wordt nu nauwelijks geoefend. De koepel is daar eigenlijk geen geschikte plaats voor. In de koepel kan wel geoefend worden met het geven van de commando's, maar de schutters staan vlakbij.

Een nieuw systeem zou in de leemte van de training voor commandovoering moeten voorzien. Voor wat betreft het leren van de beslisregels: het is mogelijk een COO-programma te bouwen waarin deze beslisregels toegepast moeten worden in situaties die met een eenvoudig simulatieprogramma worden gegenereerd. Daarna moet er in een realistisch setting geoefend worden. Het op afstand commando voeren en feedback geven moet geoefend worden. In de oefenfase hoeft dat niet per se met een echte schutter, een gesimuleerde schutter kan ook tot de mogelijkheden horen. Een

bijkomend voordeel zou zijn dat de commandant leert hoe er omgegaan moet worden met stuntelige en eigenwijze schutters en met storingen.

#### **2.10.5 Gebruik randapparatuur**

Over oefenen met randapparatuur valt op dit moment nog weinig te zeggen. Omdat de koepel poogt een realistische omgeving te bieden kan sommige randapparatuur waarschijnlijk redelijk eenvoudig worden ingevoerd in de scenario's. Voor wat betreft de nachtzichtapparatuur zal dat nog bekeken moeten worden. Duidelijk is wel dat nieuwe systemen nadrukkelijk de mogelijkheid moeten bieden nieuwe apparatuur toe te laten. Voor de nachtzichtapparatuur geldt dat dat uitdrukkelijk in het ontwerp moet worden meegenomen.

#### **2.10.6 Optreden als team**

Als de afzonderlijke teamleden de onderscheiden taken beheersen dan moet er nog veel geoefend worden in teamverband. Het binnen het team op elkaar afstemmen van alle voornoemde taken is essentieel voor de integrale taakuitvoering. In de koepel wordt nu maar zeer beperkt geoefend met teams. De wens is dat een nieuw systeem mogelijkheden biedt voor het gezamenlijk en integraal oefenen van alle taken door een team. Daar deze doelstelling erg ambitieus is, is het van belang goed in kaart te brengen waar na invoering van nieuwe trainingssystemen nog gaten zitten in de teamtraining. Daarbij moet niet uit het oog verloren worden dat teamtraining nu wel erg mager is en het scheppen van meer mogelijkheden al snel een verbetering is.

#### **2.10.7 Nevengeschikte taken**

Er is geen reden om aan te nemen dat de training in de nevenschikte taken, zoals wapenonderhoud, gebruik kompas en dergelijke, op korte termijn veranderd moet worden. In het klaslokaal of in het veld kunnen de meeste taken wel getraind worden. Toch valt te overwegen om van verschillende onderdelen COO-programma's te maken zodat de teamleden op flexibele wijze makkelijker kunnen blijven oefenen om hun kennis en vaardigheden op peil te houden. Het is dan ook makkelijker om nieuwe taken toe te voegen of om procedures te veranderen. De betreffende module van de COO hoeft dan alleen maar aangepast en rondgestuurd te worden.

### **2.11 Mogelijke trainingsopzet**

Er zijn verschillende wegen mogelijk om nieuwe onderwijsmiddelen in te zetten. Hieronder volgen een aantal mogelijkheden:

### 2.11.1 Integraal VE-systeem

Als we uitgaan van de huidige KLu opleiding, zou een virtual environment (VE) systeem de functie van de koepel moeten overnemen. Dit betekent dat het VE systeem de volledige functionaliteit van de koepel moet kunnen bieden. Dit geldt voor het gebied van scenario's, mogelijkheden voor detectie en identificatie van doelen, en de wijze waarop gericht en geschoten kan worden. Dit vergt nogal wat van het systeem.

### 2.11.2 Losse VE systemen

Er worden verschillende VE-systemen ontwikkeld voor de onderdelen over 1) detectie, identificatie, 2) richten en vuren en 3) commandovoering. Deze taken kunnen in principe los van elkaar worden getraind.

Detectie en identificatie kunnen met afzonderlijke systemen worden geoefend, of in één systeem met verschillende subprogramma's. Bijvoorbeeld: het VE-systeem biedt de mogelijkheid een groot oppervlak af te turen om een vliegend object, gerepresenteerd door een zeer klein vlekje, te detecteren. Is het object gedetecteerd dan wordt in een andere mode (vergelijkbaar met het gaan gebruiken van een verrekijker) het object wat groter aangeboden zodat identificatie mogelijk is. Het richten en vuren kan dan met een ander VE systeem geoefend worden waarbij detectie en identificatie reeds is gebeurd, zodat de mogelijkheden voor representatie van het doel wat groter zijn.

Het is ook mogelijk de losse systemen weer aan elkaar te koppelen, zodat de commandant een bevel kan geven op grond van de identificatie in het VE identificatie systeem en de schutter kan schieten op het doel in het richten en vuren VE systeem. Een apart systeem voor commandovoering kan ook ontwikkeld worden. De VE systemen kunnen portable gemaakt worden zodat ook op de plaats waar het Stingerteam is gestationeerd geoefend kan worden. In deze trainingsopzet kunnen de VE-systemen iets eenvoudiger gehouden worden.

Omdat in deze opzet misschien niet de volledige functionaliteit van de koepel bereikt kan worden, wordt er enerzijds naar gestreefd onderdelen zo veel mogelijk buiten de koepel te trainen maar anderzijds kan de koepel wel gebruikt worden als extra inzet om de integrale taak te oefenen en te toetsen. Op deze manier brengen de cursisten minder tijd door in de koepel en gebruiken ze de koepel in een verder geoefend stadium van de opleiding. Basisopleiding gebeurt dan met de VE-systemen.

### 2.11.3 Combinatie VE en andere CBT systemen

In deze opzet wordt computer based training (CBT) ingezet om verschillende onderdelen uit de cursus aan te leren. Verschillende vormen CBT zijn denkbaar voor verschillende onderdelen: bijvoorbeeld een stuk courseware om de werking en onderdelen van de Stinger en randapparatuur aan te leren en een simulatieprogramma met verschillende scenario's om de procedures te oefenen. De VE-systemen beschreven in de vorige sectie kunnen dan dienen om identificatie en richten en afvuren te trainen. Het is mogelijk om deze verschillende programma's met elkaar te integreren zodat er een nagenoeg complete cursus via de computer gegeven kan worden. Het is ook goed mogelijk om de verschillende onderdelen gescheiden te houden en als onderdelen van een cursus te gebruiken waarin klassikaal onderwijs ook een plaats heeft.

### 2.11.4 Bijhouden van de vaardigheden en tele-leren

Als er een VE-systeem wordt ontwikkeld of andere CBT, dan is het mogelijk die in te zetten voor het op peil houden van de vaardigheden en het eventueel leren over veranderingen in procedures of apparaten. In dit geval zouden de systemen eenvoudig op pc's moeten kunnen draaien en VE randapparatuur niet al te complex moeten zijn. Een verdere ontwikkeling is mogelijk door de systemen via een netwerk in verbinding te brengen met de voor operationele paraatheid verantwoordelijke dienst. Bij deze dienst zou dan een programma geïnstalleerd moeten worden dat de data ontvangt en interpreteert. Door tele-leren mogelijk te maken kan de verantwoordelijke operationele dienst bijhouden wat de individuele en teamprestaties zijn, of en hoeveel er geoefend wordt en dergelijke. Instructeurs kunnen dan, indien nodig, feedback geven. Ook wordt het mogelijk op eenvoudige wijze opleidingsresultaten te evalueren en zicht te krijgen op de vraag of de teams volledig aan de operationele criteria voldoen.

## 2.12 Conclusies

In dit hoofdstuk is de huidige Stinger-opleiding geanalyseerd welke zowel het aanleren van kennis (wapenleer, voorwaarschuwingssystemen) alsook vaardigheden (procedures, detectie, richten en vuren) behelst. Om een hoge graad van automatisering van de taken te verwerven en te behouden is veelvuldig oefenen noodzakelijk. Bij de huidige opleiding die o.a. gegeven wordt middels Stinger Trainer (STT), VLAST en STPT doen zich een aantal knelpunten voor die o.a. betrekking hebben op aspecten als: (1) de beperkingen in de automatische prestatie evaluatie van huidige STT, (2) geen mogelijkheden voor teamtraining, en (3) de beperkte inzetbaarheid van STPT en VLAST. Daarnaast kunnen er nog knelpunten gaan optreden ten aanzien van de toenemende complexiteit van taken, de inbedding van de Stinger training in een groter geheel, en de emotionele belasting. Een oplossing van deze knelpunten zou kunnen worden geboden door inzet van een integraal VE-systeem dan wel door de inzet van separate trainingsfaciliteiten, deels VE gebaseerd.

### 2.13 Referenties

- [1] Lesdictaat Stinger R.M.P., KLu 19-09-95. Koninklijke Luchtmacht, Ede
- [2] Cursus DB-228 KLu-opleiding Stingerschutter R.M.P., KLu 5 juni 1994. Koninklijke Luchtmacht, OCLUA Ede

### **3. Perceptieve eisen te stellen aan de Stinger simulator; een verkenning**

#### **3.1 Inleiding**

Optimaal gebruik van de Stinger vereist het uiterste van het gezichtsvermogen en het routinematig uitvoeren van een reeks precisiehandelingen. Tijd is de belangrijkste factor voor het succes van het Stinger team waarbij elke fractie van een seconde telt. Het exact simuleren van de Stinger procedure vereist daarom zeer hoge beeldkwaliteit en het gebruik van de Stinger zelf. Geen enkele simulator kan aan deze eisen voldoen, ook niet de huidige simulator te Ede (Stinger trainer, STT). Hier volgt een analyse van de visuele taken. De visuele eisen zijn in tabel 1 per taak samengevat. Uit deze taakanalyse worden de perceptieve eisen afgeleid welke als referentie dienen voor de toekomstige Stinger simulator.

#### **3.2 Perceptieve taakanalyse van de Stinger**

De taken worden mede beschreven in secties 2.9 en 2.11 van het hoofdstuk "Trainingsanalyse Stinger opleiding KLu".

##### **3.2.1 Sectoren bepalen en toewijzen**

Van te voren worden de sectoren toegewezen. Deze taak is van ondergeschikt belang bij het simuleren van de Stinger.

##### **3.2.2 Pakken en op de schouder plaatsen van de Stinger**

Zonder waarschuwing gebeurt het plaatsen van het wapen op de schouder pas na de detectie, met waarschuwing zal dit al van te voren zijn gebeurd. Voor deze taak is direct visueel en lichamelijk contact met het wapen essentieel.

##### **3.2.3 Detectie**

Detectie vindt plaats in de periferie waar de resolutie van het oog minder is<sup>1</sup>. Belangrijk is dat de relatieve flux (hoeveelheid licht, of contrast x oppervlakte) overeenkomt met die van een echt vliegtuig. De preciese vormgeving is van minder belang. Kleur speelt hierbij helemaal geen rol (silhouet waarneming).

##### **3.2.4 Gezichtsveld**

Het totale gezichtsveld bedraagt ongeveer 180 graden. In een standaard Stinger opstelling wordt uitgegaan van een 60 graden zoeksector. Tijdens het zoeken zullen lichte hoofdbewegingen worden gemaakt zodat het te detecteren vliegtuig in praktisch alle gevallen binnen de 45 graden van het centrale gezichtsveld zal vallen.

<sup>1</sup> Hoe groot het vliegtuig afgebeeld mag worden wordt bepaald door de perifere resolutie van het oog en het opvallendheidsgebied van het vliegtuig op het moment van detectie. Zonder enig vooronderzoek is de kritische grootte

### 3.2.5 Herkenning (identificatie)

Herkenning vindt plaats door centrale fixatie (met foveaal zicht), meestal door de verrekijker. Aangezien herkenning wél plaats vindt op details, in tegenstelling tot detectie, mag worden verwacht dat deze taak zeer afhankelijk van de resolutie zal zijn. Als vuistregel geldt dat gezichtsscherpte door een in de hand gehouden verrekijker 2x slechter is dan met een gestabiliseerde kijker en omgekeerd evenredig met de vergroting:

$$\text{resolutie (hgmin)} = 2 / (\text{visus} * \text{vergroting})$$

De effectieve resolutie door een "7x hand held viewer" wordt daarom geschat op  $2 / (1 * 7) = 0,3'$ , waarbij de gezichtsscherpte van het oog op 1 is gezet. Het is onduidelijk of kleur een belangrijke rol speelt bij identificatie.

### 3.2.6 Afstands bepaling en grootte schatting

Het schatten van de afstand van het vliegtuig is afhankelijk van de flux, de oriëntatie, en herkenning van het type (classificatie). Hoe beter de resolutie hoe beter de afstands-bepaling. De tijdsverandering in flux bepaalt de snelheid waarmee het toestel nadert. Daarom is het voor afstandsschatting belangrijk dat de flux op elk moment correct weer wordt gegeven. Hoe relevant het schatten van de afstand is voor het opereren met de Stinger is onbekend; de handleiding geeft aan dat de schutter slechts de grootte van het vliegtuig ten opzichte van de richt-ring dient te bepalen.

### 3.2.7 Grootte en oriëntatie bepaling

Het schatten van de grootte van het vliegtuig gebeurt door een vergelijking te maken met de vizier-ring. Bij een head-on aankomende jet mag worden gevraagd wanneer de spanbreedte groter is dan de opening in de ring of kleiner dan de ring zelf. De opening is ongeveer gelijk aan een vliegtuigbreedte op 5 km afstand, ongeveer 7 boogminuten. In deze meest kritische situatie moet de schutter vliegtuigen net kleiner dan 7' kunnen onderscheiden van vliegtuigen net groter dan 7'. Door het vizier zal de grootte-discriminatie 2' of beter bedragen.

### 3.2.8 Kijken door het vizier

Het vizier van de Stinger heeft een klein gezichtsveld en bevat geen optiek. De richt-ring bevindt zich op ongeveer 25 cm afstand van het oog. De grootte van de richt-ring is ongeveer 3 mm op 25 cm van het oog, ongeveer 0,6 graden. De onderbreking in de richtring is 1/6 van de ring zelf wat overeen komt met één vliegtuigbreedte (jet) op 5 km afstand. De schutter kijkt door een 1,5 - 2 mm pupil waardoor de kijkrichting correct is en het vliegtuig en de ring beide scherp worden gezien. (Een kleine pupil verhoogt de dieptescherpte.) Het positioneren van het oog achter het vizier is hierdoor echter zeer kritisch en het lichtniveau is relatief verlaagd. De drie reticles bevinden zich op nog kortere afstand tot het oog (ca. 3 cm). Om deze reticles scherp in beeld te krijgen is een accommodatie vereist. Tijdens het kijken door het vizier is de richting van het oog in de oogkas niet noodzakelijk recht vooruit. Hiermee dient rekening gehouden te worden indien het gesimuleerde vizier beeld door middel van een HMD bekeken zal worden.

### 3.2.9 Richten

Het richten en gericht houden van het wapen is een motorisch-visuele taak. Tijdsvertragingen en trillingen in het simulatie-beeld zouden de balans kunnen verstoren en het richten moeilijker kunnen maken. (Spatiele resolutie zal niet de beperkende factor zijn.) Aangezien het visuele gezichtsveld tijdens het richten beperkt is tot het vizier, is de verwachting dat het vestibulair systeem de hoofdrol zal spelen in het rechtop blijven staan met slechts een secundaire rol voor het visueel systeem. Voor het gericht houden van het wapen en het accuraat kunnen eleveren, beide precisie taken, zal een nauwkeurige representatie in de tijd wèl van invloed zijn<sup>2</sup>.

### 3.2.10 Communicatie en situational awareness

Communicatie tussen schutter en commandant vindt plaats via de hoofdtelefoon (KLu opstelling) of via direct visueel en auditief contact (KL opstelling). Dit visuele contact vindt veelal in eerste instantie in de periferie plaats. Een groot gezichtsveld is daarom van belang voor communicatie in de KL opstelling; het belang voor de KLu opstelling is niet duidelijk. De primaire Stinger taken spelen zich binnen de 60 graden zoeksector af. In het geval dat langdurig getest wordt (langer dan 30 min), zal situational awareness en visueel comfort van groter belang worden om te vermijden dat de aandacht oneigenlijk afgeleid wordt.

---

<sup>2</sup> Exacte specificaties van toelaatbare tijdsvertragingen zijn voor taak nog niet beschikbaar. In Tabel 2 is de waarde geschat op minder dan 50 msec.

Tabel 1. Schattingen van de perceptieve eisen per taakonderdeel van de Stinger te velde.

	Taak	Resolutie	Kleur	FOV	Tactiel
comman- dant	detectie	ca. 7'	-	45°	-
	herkenning	0.3'	?	verre- kijker	-
	afstand bepaling	0.3'	-	verre- kijker	-
schutter	plaatsing v. wapen	-	-	60°	+
	detectie	7'	-	45°	-
	detectie door vizier	15'	-	klein	+
	richten	< 50 msec <sup>3</sup>	-	klein	+/-0
	grootte bepaling	2'	-		-

### 3.3 Simulatie

De bovengenoemde perceptieve eisen dienen als richtlijn voor het opstellen van de perceptieve eisen welke aan een simulator gesteld dienen te worden. Hier worden een aantal configuraties besproken wat betreft de visuele en tactiele simulatie mogelijkheden. Allereerst kan het beeld via een bol ("dome") geprojecteerd worden zoals nu het geval is of door middel van een Head Mounted Display. Een doorzicht HMD projecteert het beeld over de buitenwereld heen, een afgesloten HMD ("immersive") laat de gebruiker alleen het display beeld zien<sup>4</sup>. Elk systeem heeft zijn eigen specifieke voor- en nadelen. Hier is de nadruk gelegd op de perceptuele kwaliteit.

<sup>3</sup> Hoe minder tijdsvertraging hoe beter. Nader onderzoek is vereist om een gefundeerd criterium te stellen; 50 msec is een 'educated guess'.

<sup>4</sup> Hierbij moet opgemerkt worden dat een doorzicht systeem zeer gemakkelijk immersieve gemaakt kan worden door de HMD af te plakken.

Tabel 2. Afwegingen tussen een aantal potentiële configuraties voor de nieuwe trainer(s).

<i>configuratie</i>	<i>voordeel</i>	<i>nadeel</i>
immersive HMD	klein, verplaatsbaar	slechte interactie met wapen, vizier en lichaam
doorzicht HMD	klein, verplaatsbaar	FOV, resolutie, vizier, verrekijker
raster + vector HMD	klein, verplaatsbaar	zwaar en grote HMD
Kleinere bol	goede interactie met vizier & team	resolutie, parallax, verplaatsbaarheid, convergentie
doorzicht bol	echte omgeving	bepaalde scenario's, parallax, verplaatsbaarheid
combinatie bol en HMD	goede interactie met vizier en goede beeldkwaliteit	splitsing van training in twee delen

### 3.3.1 HMD's

HMD's hebben het grote voordeel dat in elke willekeurige omgeving getraind kan worden. De voornaamste beperkingen van HMD's liggen in de beeldkwaliteit, de interactie met het vizier, en het ergonomisch comfort. De beeldkwaliteit komt in 3.1.4 aan bod.

#### *Interactie met het vizier*

De interactie met het Stinger vizier is zeer precies (2.8) waarbij de wenkbrauw tegen het vizier gedrukt wordt en de slaap tegen de cheekbone vibrator. Deze contactpunten zullen zich onder de HMD bevinden zodat een HMD het fysieke contact met het vizier in de weg staat.

#### *Visuele simulatie van het vizier*

Het zicht door het Stinger vizier bevat elementen op verschillende optische afstanden (pupil op ca. 1 cm, de reticles op ca. 3 cm, de richtring op 25 cm, de omgeving op oneindig). Aangezien het gehele HMD beeld optisch op dezelfde afstand staat, zal ook de visuele simulatie van het vizier onvolledig zijn.

#### *Ergonomisch comfort*

Het ergonomisch comfort van een HMD hangt af van de passing (pressure points en stabiliteit), het gewicht en de gewichtsverdeling, en de bedrading. Het comfort van de passing moet minstens 1 uur probleemloos, onafgebroken gebruik toestaan. Het lesdictaat suggereert dat tijdens het afvuren van de Stinger een helm gedragen wordt,

in welk geval het gewicht van de HMD het gewicht van de helm mag evenaren. Echter, hoe hoger het gewicht hoe belangrijker dat het gewicht goed gebalanceerd is. De bevestiging dient strak genoeg te zijn om verschuiving van de uittree-pupil ten opzichte van het oog te vermijden. De HMD bedrading dient naar via het plafond te lopen om interferentie met het wapen en het eigen lichaam te vermijden.

De voor- en nadelen van immersive versus doorzicht HMD's worden vervolgens besproken.

#### **3.3.1.1 HMD immersive**

Het nadeel van immersive HMD's is de onzichtbaarheid van die elementen van de directe omgeving welke van belang zijn in de simulatie. In geval van de Stinger simulator zijn dat het wapen, het eigen lichaam en mogelijk de andere teamleden. Het simuleren van deze dichtbijzijnde objecten is moeilijk vanwege het onvoorspelbare karakter (de mens) en vanwege de extreme visuele precisie welke vereist is wanneer een object (het wapen) gehanteerd moet kunnen worden (Kooi en Werkhoven, 1995).

#### **3.3.1.2 HMD doorzicht**

Doorzicht HMD's bieden het voordeel dat het echte wapen en de andere teamleden wel zichtbaar blijven en dus niet gesimuleerd hoeven te worden. Het nadeel van een doorzicht systeem is dat de directe omgeving interfereert met het geprojecteerde beeld. Dit kan ondervangen worden door de gebruiker in een zwarte omgeving te plaatsen waarbij alleen de Stinger en de teamleden (KL opstelling) zichtbaar zijn. In vliegtuigsimulators (bijvoorbeeld de FOHMD van CAE) wordt deze methode gebruikt om de directe omgeving (de cockpit) en het geprojecteerde buitenbeeld simultaan zichtbaar te maken. Occlusie van het buitenbeeld door het wapen wordt bereikt door het beeld op de locatie van het wapen niet af te beelden. In feite is het beeld met een doorzicht-HMD bijna identiek aan het beeld met een immersive display; het verschil is dat de nabije objecten zwart worden afgebeeld.

Daarnaast kan een doorzicht HMD in principe ook buiten gebruikt worden. In dat geval wordt alleen het vliegtuig geprojecteerd; de omgeving, de teamleden, en de Stinger worden met het direct zicht waargenomen. Als de simulator op vaste buitenlocaties wordt gebruikt, kan met een database van het lokale terrein de unmask range worden bepaald en gesimuleerd. Hierbij kan men bijvoorbeeld denken aan het vliegveld van Sarajevo waarvan de topografie exact bekend is. Occlusie door bewolking is waarschijnlijk niet praktisch. De helderheid van het af te beelden vliegtuig zal gerelateerd moeten zijn aan de lokale helderheid van het buitenbeeld om het contrast juist te laten zijn.

Bij doorzicht HMD's is het van belang dat de randen zo weinig mogelijk zichtbaar zijn en dat zoveel mogelijke licht doorgelaten wordt (minimaal 30%). Als dit niet het geval is, wordt het buitenbeeld niet als één beeld waargenomen maar treedt "fragmentation" op.

### 3.3.1.3 HMD in combinatie met de verrekijker

Een verrekijker is moeilijk of niet bruikbaar in combinatie met een HMD. Het verrekijkerbeeld kan echter door middel van de HMD gesimuleerd worden. Met bijvoorbeeld een druk op een knop of door het omhoog heffen van de handen wordt het HMD beeld 7x vergroot weergegeven. De kijkrichting wordt gestuurd door het hoofd. Door een extra vergroting (meer dan 7x) kan in principe ook gecompenseerd worden voor een beperkte resolutie van de HMD.

### 3.3.1.4 Doorzicht versus immersive HMD's

Vanwege de echte representatie van nabije objecten verdient een doorzicht HMD de voorkeur boven een immersive HMD. Direct zicht op het wapen is van zeer groot belang indien scenarios geoefend worden waarbij het wapen initieel op de bok ligt. Een breed gezichtsveld en zicht op het eigen lichaam zijn zeer belangrijk bij langer durende tests (30 min) om desorientatie en een gevoel van claustrofobie te vermijden.

### 3.3.1.5 Raster + vector HMD's

Pixel (raster) displays kunnen complete beelden genereren. De resolutie is echter beperkt door de grootte van de pixels. Daarnaast treedt maskering op wanneer de individuele pixels zichtbaar zijn. De pixels moeten klein genoeg zijn om een constante flux te garanderen en voldoende resolutie bieden voor identificatie en grootte schatting (Tabel 1). Gangbare immersive en doorzicht HMD's zijn mogelijk té beperkt in resolutie voor deze taken. Gezien deze hoge eisen zijn vector displays zeer de moeite van het overwegen waard. Dergelijke displays worden gebruikt in vlieger-HMD's; de Viper van GEC-Marconi is een voorbeeld. Vector displays bevatten geen pixels, kunnen geen complete scenes presenteren, maar zijn zeer geschikt voor het afbeelden van lijnen en kleine objecten. Mogelijk kan een verbeterde HMD gemaakt worden door een vector display en een raster display te combineren. Een half-doorlaatbare spiegel, "combiner" genoemd kan hiervoor worden gebruikt. Op deze manier zou het grote oplossend vermogen van een vector display gecombineerd worden met de flexibiliteit van een raster display. Het vector display mag monoculair zijn. Voor zover bekend is een dergelijk display niet standaard leverbaar.

## 3.3.2 Projectie bol

### 3.3.2.1 Kleinere bol

De huidige Stinger trainer in Ede (STT) is een bol met een vrij grote radius (ca. 5 m). Een kleinere ruimte met videoprojectie behoort in principe tot de mogelijkheden voor de nieuwe trainers. De belangrijkste voordelen van een bol (Tabel 2) zijn dat het gezichtsveld erg groot kan zijn, dat het wapen direct zichtbaar is en dat het vizier gebruikt kan worden. De vraagtekens die geplaatst moeten worden bij een kleinere ruimte zijn:

- Hoe verplaatsbaar is een setup met drie projectoren?
- Hoe storend zijn rand-effecten van de drie projector beelden?
- Kan de parallax voor één man gecompenseerd worden met een head-positietracker?

- Is 2 man team oefening mogelijk in een kleine ruimte, bijvoorbeeld met gepolariseerd licht?
- Moet de ruimte echt rond zijn of is rechthoekig ook een optie?
- Is een verrekijker bruikbaar in een kleine bol?

Aangezien een trainer met behulp van een HMD waarschijnlijk de voorkeur zal genieten wordt hier niet verder ingegaan op de mogelijkheden en onmogelijkheden van een mini-bol of ruimte.

### 3.3.2.2 Doorzicht bol

Een andere mogelijkheid is om het vliegtuig te projecteren op een ruit terwijl de team leden door de ruit naar buiten kijken. Het principe van een Head Up Display (HUD) is hierop gebaseerd. In Tabel 2 wordt deze optie aangegeven als "doorzicht bol". Als voornaamste nadeel geldt de beperking tot scenario's welke door de omgeving en weersconditie ter plekke wordt gedictieerd.

### 3.3.2.3 Combinatie van HMD en projectie

Een kleine projectie 'bol' en een HMD systeem kunnen in principe in een container gecombineerd worden. Deze combinatie geeft een goede visuele simulatie van het buitenbeeld (HMD) én het eigenlijk gebruik van het wapen inclusief vizier (projectie) waardoor alle handelingen getraind kunnen worden. Beide beeldsystemen kunnen op dezelfde beeldgenerator zijn aangesloten waardoor de extra kosten minimaal zijn. Indien een doorzicht HMD gebruikt wordt, moet de projectiewand zwart respectievelijk wit zijn voor HMD en projectie. Indien een immersive HMD gebruikt wordt zijn beide systemen naast elkaar bruikbaar.

## 3.4 Conclusies

Aan de hand van de perceptuele analyse per taak kan voorspeld worden in welke mate elke taak gesimuleerd kan worden met een bol of HMD systeem. Het is aan te bevelen om in overleg met de Koninklijke Luchtmacht prioriteiten te stellen voor de te simuleren taken. Een hoge resolutie doorzicht HMD, een HMD-projectie combinatie en een projectie bol zoals de STT bieden de beste perceptieve perspectieven.

## 3.5 Referentie

- [1] Kooi F.L. & Werkhoven P. (1995). Quantifying the quality of space perception in real and virtual environments. International Training Equipment Conference and Exhibition 1995.

## 4. Globale functionele analyse

### 4.1 Uitgangspunt

In de trainingsanalyse (hoofdstuk 2) worden diverse opties voor trainingsopzet geschetst, waarbij inzet van een integrale VE-trainer, deelsystemen voor VE- en inzet van afzonderlijke COO systemen overwogen worden. In deze functionele analyse zal het integrale VE-systeem als uitgangspunt gekozen worden daar voor een integraal systeem een volledige functionele analyse uitgevoerd moet worden. Functionele eisen voor deelsystemen zouden afgeleid moeten kunnen worden uit het pakket van eisen dat geldt voor het integrale systeem.

In de functionele analyse is voorzien dat delen van het oorspronkelijk curriculum (zie de inventarisatie van de leerdoelen zoals te vinden in het materiaal Stinger Schutter, cursus db-228) niet met behulp van de VE-trainer getraind zullen worden. Het gaat hier om:

- 1) Het theoretisch deel van de wapenleer
- 2) De aanvankelijke instructie en oefening in vliegtuigherkenning
- 3) Het onderdeel positie bepaling (kaart en kompas).

Voor het theoretisch deel van de wapenleer is gebruik van een VE-omgeving vanuit onderwijskundig oogpunt minder wenselijk. Gezien de aard van de lesstof, kennis van onderdelen en onderhoudsprocedures, ligt het gebruik van schematische overzichten en een realistisch wapensysteem meer voor de hand.

Voor de onderdelen 2 en 3 is kan de inzet van een VE-trainer overwogen worden, echter de basis training voor deze onderdelen kan hoogstwaarschijnlijk geïsoleerd met behulp van minder geavanceerde trainingsmiddelen worden aangeboden.

In dit hoofdstuk zal er wel van uit worden gegaan dat de VE-trainer ingezet wordt ten behoeve van een integratie van de diverse eerder verworven vaardigheden mbt vliegtuigherkenning en positiebepaling.

In het volgende deel zullen achtereenvolgens beschreven worden; functionele eisen die gelden voor de gehele installatie en eisen die gelden voor deelsystemen. Voor veel van de genoemde eisen geldt dat het uitwerkingen zijn van enkele algemene eisen. Een dergelijke algemene eis was bijvoorbeeld het streven naar een zo realistisch mogelijke trainingssituatie. Van deze algemene eisen zijn specifieke eisen afgeleid, men moet zich echter steeds realiseren dat de invulling van deze specifieke eisen ruimte voor discussie laat.

## 4.2 Algemene eisen

### 4.2.1 T.a.v. de aard van de training

#### Realistische situaties (fidelity)

Het gebruik van de VE-trainer moet tot een zo realistisch mogelijke trainingssituatie leiden. Gezien het feit dat er vanwege kosten- en milieu overwegingen bijzonder weinig geoefend kan worden in het veld, is het streven naar een zo realistisch mogelijke trainingssituatie van groot belang. Elk verschil tussen trainingssituatie en de daadwerkelijke gevechtssituatie kan in potentie tot verwarring en mogelijk foutief gedrag leiden. Voor psychomotorische taken bijv. kan een kleine afwijking al forse gevolgen voor de aangeleerde taakuitvoering hebben. Het streven naar realistische vormen heeft niet slechts betrekking op de aan te leren taakuitvoering, maar ook sterk op de context waarbinnen taken geleerd worden. Indien in een gevechtssituatie gewerkt moet worden onder zeer hoge werkdruk, moet er ook getraind kunnen worden op taakuitvoering onder een vergelijkbare werkbelasting.

In het streven naar een zo realistisch mogelijke situatie (de fidelity eis) moet wel steeds bekeken worden of vanuit onderwijskundige- of kosten effectiviteits overwegingen volstaan kan worden met een minder realistische simulatie. Vaak is het mogelijk technisch minder geavanceerde of minder kostbare oplossingen te kiezen die vanuit onderwijskundig oogpunt even goed voldoen in het trainen van een taak. Het is bijvoorbeeld de vraag of het neerstorten van luchtdoelen na een treffer in alle detail in beeld gebracht moet worden, of dat er volstaan kan worden met het weergeven van het feit dat een doel uitgeschakeld is.

Samenvattend, bij de vormgeving van trainingsomgevingen is het streven naar een zo realistisch mogelijke inrichting van belang, niet slechts van wapenhandelingen maar ook van de context waarbinnen de handelingen plaatsvinden. Wel moet steeds overwogen worden of vanuit onderwijskundig oogpunt wellicht minder geavanceerde vormen bruikbaar zijn. Bij een afwijking van de realistische situatie moet de lerende dan wel nadrukkelijk gewezen worden op de verschillen tussen de trainingssituatie en de daadwerkelijke situatie.

Bij elk van de afzonderlijke onderdelen van de voorziene installatie zal worden aangegeven welke eisen voortvloeien uit de fidelity eis. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen technische en inhoudelijke eisen. Technische eisen zijn die eisen die consequenties hebben voor hardware keuze. Een voorbeeld van een dergelijke technische eis is de volgende: indien bijvoorbeeld een doel onder ideale omstandigheden op 10 kilometer afstand gedetecteerd kan worden, dan moet de resolutie van de VE-schermen een dergelijke detectie ook toelaten. Inhoudelijke eisen zijn met name eisen die gesteld worden aan de vormgeving van de uiteindelijke training. Een dergelijke inhoudelijke eis is, bijvoorbeeld, dat complexe scenario's geoefend kunnen worden, er moeten bijv. meerdere doelen tegelijk gesimuleerd kunnen worden.

### **Uitbreiding van faciliteiten voor teamtraining en training in groter verband**

Het trainen onder zo realistisch mogelijke omstandigheden betekent dat er, naast individuele training, team training mogelijk moet zijn. Tevens is de wens geuit dat de trainer gebruikt kan worden om triade situaties te simuleren, een situatie waarbij een Stinger team deeluitmaakt van een groter geheel. Met name voor communicatie en commando voering heeft dit consequenties.

Luchtdoel toewijzing is in een groter verband iets waar eerst over gecommuniceerd moet worden. Naast dus de communicatie tussen schutters en teamcommandant, moet communicatie tussen commandant en zijn superieur mogelijk worden. Indien er geen andere teams zijn, zullen deze wellicht gesimuleerd moeten worden. Hierbij moet opgemerkt worden dat in een architectuur waarbij een koppeling gemaakt wordt met andere teams, werkend met dezelfde en andere wapensystemen, het tevens mogelijk wordt om trainingen van tactische vaardigheden te realiseren.

Wat betreft de vormgeving van team- en triade training is het wenselijk complexe situaties te trainen waarbij niet alle aanwezige luchtdoelen in een sector door het betreffende team verwerkt kunnen worden. Wat precies consequenties zijn voor de inrichting van de trainingsomgeving van een toepassing in team- en triade verband, met name voor wat betreft vormgeving van scenario's, is een punt dat nader onderzoek behoeft.

### **Uitbreiding van faciliteiten voor diagnose**

Het beoordelen van accuraatheid van gedrag (hier te noemen 'diagnose') wordt tot nu toe veelal uitgevoerd door de instructeur. Teneinde de belasting van de instructeur te verlagen en diagnose te intensiveren is de wens geuit faciliteiten voor geautomatiseerde diagnose in te bouwen in de trainer. Diagnose gaat verder dan het beoordelen van de accuraatheid van de afgevuurde schoten. De gewenste uitbreiding zit met name in de wens om registratie van handelingen en automatische diagnose van accuraatheid van handelingen te kunnen bieden. Daarnaast zou mogelijk ook ondersteuning aan diagnose van teamactiviteiten geboden moeten worden. Echter gezien de noodzaak tot interpretatie van gesproken woord zijn de mogelijkheden voor automatische diagnose hier vooralsnog beperkt.

#### **4.2.2 T.a.v. de aard van de hardware**

De gehele installatie dient mobiel te zijn (m.u.v. het auteursstation), dus de installatie moet:

- 1) Licht uitgevoerd zijn
- 2) Schokbestendig zijn
- 3) Voorzien zijn van een autonome stroomvoorziening
- 4) Zodanig compact zijn dat alles in een container past

### 4.2.3 Veralgemenisering

#### Aanpasbaar

Een belangrijke eis aan het te ontwikkelen systeem is dat dit niet slechts bruikbaar zal zijn voor het huidige Stinger wapensysteem. Het moet eenvoudig aanpasbaar zijn voor toekomstige varianten van het huidige wapensysteem.

Een consequentie van deze eis is dat soft-en ook hardware zeer **modulair** opgebouwd moeten worden. Een modulaire opbouw vereenvoudigt vervanging en uitwisseling van componenten. Tevens betekent de eis van aanpasbaarheid dat de software zo **generiek** mogelijk geschreven zal moeten worden.

#### Uitbreidbaar

Het is te verwachten dat het Stinger wapensysteem in toenemende mate gebruikt zal gaan worden in combinatie met randapparatuur. In de zeer nabije toekomst zijn voorzien: voorwaarschuwingssystemen, IFF en nachtzicht apparatuur. De VE-trainer moet dus een **open** systeem zijn waarin koppeling van toekomstige randapparatuur voorzien is. Ook hiervoor zijn modulariteit van opbouw en generiek geschreven software gewenst. De trainer moet tevens te koppelen zijn aan andere simulatoren en daarmee deel uit kunnen maken van een volledige battle-field simulator. Om koppeling met andere simulaties mogelijk te maken moet de interactie tussen simulaties en overige componenten, zoals bijvoorbeeld het instructeursstation, strikt geregeld zijn. Uitgewisselde gegevens moeten interpreteerbaar zijn voor elke nieuw toe te voegen simulatie en moet dus voldoen aan een **interface protocol**.

Gezien de eisen van aanpasbaarheid en uitbreidbaarheid moet wellicht de constructie van een domein onafhankelijke trainer-'schil' overwogen worden. In een dergelijke schil wordt alle functionaliteit vervat die onafhankelijk kan zijn van het specifieke wapensysteem dat gesimuleerd wordt. Simulatie management, het starten, stoppen, replayen ed., kan bijvoorbeeld eenvoudig losgekoppeld worden van de specifieke Stinger simulatie. Voor de functionaliteit met betrekking tot het aanmaken en aanpassen van scenario's geldt hetzelfde. Een dergelijke schil zou kunnen voldoen aan de door Kuiper (1995) geschetste architectuur van een ISS (Instructional Support System for training simulators). De ISS architectuur heeft z'n bruikbaarheid bewezen in z'n koppeling aan de PLT-V (de Verbeterde versie van de Pantser Lua Trainer) trainingsomgeving.

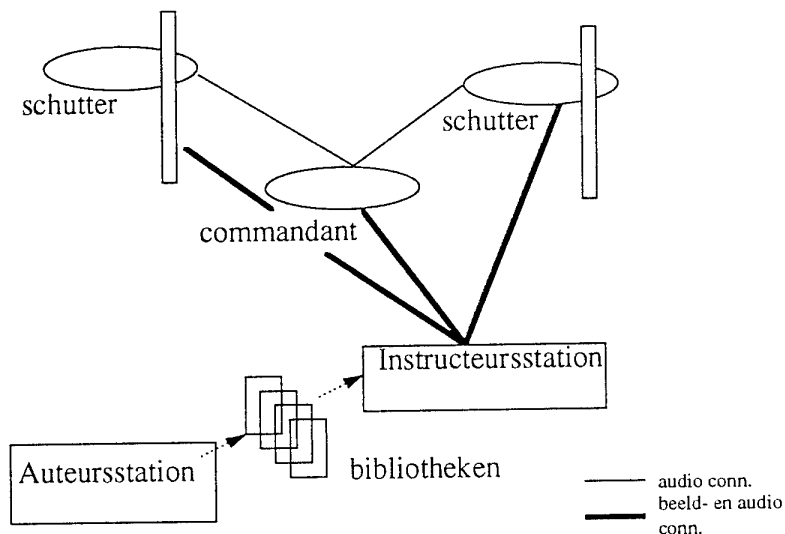
## Portable

Een laatste punt dat met veralgemenisatie te maken heeft is software portabiliteit. De portabiliteit van software zegt iets over de mate van inspanning die het kost om een overzetting naar andere computer platformen mogelijk te maken. Om software langdurig bruikbaar te laten zijn is portabiliteit een wenselijke eigenschap van software. Bij de keuze van een implementatie taal dient portabiliteit dan ook een overweging te zijn.

### 4.3 Eisen aan onderdelen van de VE-trainer

In de VE-trainer onderscheiden we de volgende onderdelen (zie figuur 4.1):

- 1) Het auteursstation
- 2) Het instructeurs station
- 3) De VE-installatie voor schutters en commandant
- 4) Het dummy wapen
- 5) Eventuele randapparatuur



*Figuur 4.1. Globaal overzicht van de voorgestelde architectuur van een VE-trainings omgeving.*

#### 4.3.1 De auteursomgeving

Het is voorzien dat het aanmaken van beeld- en audio materiaal en het aanmaken van een initiele bibliotheek van scenario's los van het lokale instructeursstation kan geschieden.

Dit heeft als voordeel dat kostbare apparatuur voor het aanmaken van 3-D beeldmateriaal niet op alle lokale instructeursstations aanwezig hoeft te zijn.

Daarnaast vraagt het creëren van het beeld- en audio materiaal een deskundigheid die nu niet aan alle lokale instructeurs onderwezen hoeft te worden. Wel is het zo dat de instructeurs ter plekke mogelijkheden moeten hebben om bestaande scenario's aan te passen en eventueel nieuwe scenario's te construeren uit een bibliotheek van lokaal beschikbaar beeld- en audio materiaal.

#### Fidelity

Het streven naar zo realistisch mogelijke trainingssituaties levert de volgende inhoudelijke eisen op:

- 1) Er moet op realistische, en dus complexe scenario's getraind kunnen worden. Dit impliceert dat de constructie van scenario's veel variatie in de zin van aantallen doelen, baan, snelheden van de doelen, achtergrondbeelden en omstandigheden moet toelaten. Dit houdt in dat er een groot arsenaal aan materiaal voor de constructie van scenario's beschikbaar moet komen.
- 2) Het creëren door de auteur van onmogelijke scenario's moet voorkomen worden. Het moet bijvoorbeeld niet mogelijk zijn een helikopter met de snelheid van een jager te laten vliegen. Daartoe moet dus een check op het voorkomen van dergelijke onrealistische situaties ingebouwd worden.
- 3) Naast het huidige beeld- en audio materiaal zou mogelijk materiaal toegevoegd kunnen worden waarmee onverwachte situaties gecreëerd kunnen worden, hier valt te denken aan beelden van bijvoorbeeld vogels die gebruikt kunnen worden om doelen tijdelijk af te dekken.
- 4) Het langdurig zoeken naar doelen moet geoefend kunnen worden (dit was voorheen gezien de capaciteit van de dome in Ede niet mogelijk).

#### Bibliotheken van materialen

Om bibliotheken van materialen te creëren moet de volgende functionaliteit beschikbaar zijn:

##### Auteursfuncties:

- 1) Aamaak beeldmateriaal. Het volgende materiaal is minimaal noodzakelijk voor constructie van scenario's:
  - Doelmodellen, ten minste de volgende soorten doelen zijn voorzien:
    - \* helicopters

- \* transport vliegtuigen
  - \* diverse soorten jagers
  - Achtergronden, d.w.z. 3-D 'wereld' modellen
  - Stinger missiles
  - Storingen, voorzien zijn:
    - \* misfire
  - Beeld modellen tbv EOV, voorzien zijn:
    - \* flares
  - Overige beelden, voorzien zijn:
    - \* vogels
- 2) Functionaliteit t.b.v. van het creëren van diverse weersomstandigheden
- 3) Aanmaak audiomateriaal. Ten minste de volgende geluiden zijn voorzien:
- Standby toon
  - Acquisitietoan/Infraroodbeeld
  - Toon 'locken van seeker'
  - Stinger schot
  - Geluid treffer
  - Foutmeldingen
  - Geluiden slagveld
  - Geluiden diverse luchtdoelen
- 4) Koppeling beeld en audio
- 5) Inspectie van bibliotheken van materialen

#### Systeemfunctie:

1. Omzetting van gecreerd beeldmateriaal naar Infrarood beeld

#### **Bibliotheken van situaties**

Voor het creëren van een bibliotheek van situaties, gebruik makend van de bibliotheek van beeld en audio materiaal, moeten beschikbaar zijn, faciliteiten voor:

#### Auteursfuncties:

- 1) Selectie van een achtergrond uit bibliotheek
- 2) Selectie van één of meerdere doelen uit bibliotheek
- 3) Instellen doelen, de volgende parameters moeten instelbaar zijn:
  - snelheid

- baan/koers
    - \* head-on
    - \* tail-on
    - \* beam-on
  - vliegrichting
  - vlieghoogte
  - vliegtechnieken, ondermeer de volgende technieken moeten bekend zijn:
    - \* aanvals technieken
    - \* popup technieken
  - flares
    - \* wel, waarbij tevens het moment van in en uitschakelen moet worden bepaald en de sequentie, d.w.z. de intervallen tussen uitstoot van flares.
    - \* niet
- 4) Instellen zicht:
- metereologisch zicht
    - \* 100% - x%
    - \* variabel
  - licht-intensiteit
- 5) Instellen storingen, voorzien zijn bijv.:
- hangfire
  - dud
- 6) Koppelen doelen, achtergronden, omstandigheden, zicht en eventueel storingen tot situaties
- 7) Inspecteren situaties

### **Bibliotheken van scenario's**

Diverse situaties worden gekoppeld en vormen daarmee een scenario.

#### Auteursfunctie:

- 1) Aanmaken van een scenario door koppeling van een sequentie van situaties

Er moet informatie aan de instructeurs verschaft worden over de aard van scenario's. Hiertoe zou aan de scenario's een conceptuele beschrijving van karakteristieken van een scenario gekoppeld moeten kunnen worden. Karakteristieken kunnen bijvoorbeeld gespecificeerd zijn in termen van moeilijkheidsgraad, maar ook meer direct in termen van bijv. snelheid, aard en baan van de doelen.

Auteursfunctie:

- 1) Vastleggen karakteristieken scenario

**Preparatie t.b.v. registratie**

Ten behoeve van diagnose is het noodzakelijk leerlingacties te registreren. Hiertoe moet van te voren in kaart gebracht worden welke handelingen verricht kunnen worden en welke daarvan te interpreteren zijn. Doeltoewijzing, door het verbale karakter, is bijvoorbeeld moeilijk interpreteerbaar. Daarentegen zijn sommige motorische handelingen, zoals bijvoorbeeld het inschakelen van het wapen en het vuren, wel relatief eenvoudig interpreteerbaar. Dergelijke handelingen kunnen geïnterpreteerd worden door semantiek toe te kennen aan bepaalde standen van schakelaars (zoals bijv. gerealiseerd in de PLT-V).

Auteursfunctie:

- 1) Toekennen van semantiek aan schakelaarstanden en overige eenvoudig traceerbare handelingen

Teaminteracties zijn weer moeilijk interpreteerbaar. Diagnose van de accuraatheid van het teamproces is dus moeilijk te automatiseren. Wellicht kan diagnose door de instructeur ondersteund worden door de instructeur faciliteiten voor het terugzoeken en vervolgens afspelen van beeld- en bijbehorend audio materiaal te bieden. Een registratie van de verbale uitingen van schutters en commandant is bijvoorbeeld te koppelen aan de registratie van concrete handelingen. De instructeur voert dan de interpretatie uit, maar wordt ondersteund in het terugzoeken van relevante audiofragmenten door een gefragmenteerde audio registratie. Hiernaast zou het wenselijk zijn het haneleln van schutters en commandant op te nemen op video, en deze video fragmenten tevens te koppelen aan het door het scenario gegenereerde beeldmateriaal en het opgenomen audio materiaal.

Systeemfunctie:

- 1) Voorbereiden van gefragmenteerde registratie

**Preparatie t.b.v. diagnose**

Om geautomatiseerde diagnose mogelijk te maken moet van te voren normgedrag gespecificeerd worden waartegen het geregistreerde leerlinggedrag kan worden afgezet. Beter zou het zijn als normgedrag niet opgehangen zou behoeven te worden aan een specifiek scenario, maar meer in het algemeen gespecificeerd zou kunnen worden. Bijvoorbeeld de gewenste snelheid van handelen zou gespecificeerd kunnen zijn als een functie van de snelheid en baan van de luchtdoelen.

We zien bij deze methode twee voordelen, de auteur of instructeur hoeft niet voor elk scenario volledig het norm gedrag te specificeren en het wordt mogelijk scenario's 'on te fly' aan te passen zonder daarmee de mogelijkheid van automatische diagnose te verliezen.

Auteursfunctie:

- 1) Specificeren norm gedrag

**Aanmaken feedback berichten**

De resultaten van diagnose moeten aan de leerling kenbaar gemaakt kunnen worden. Wellicht kan hier enig voorwerk verricht worden door een overzicht van mogelijke fouten beschikbaar te stellen.

Systeemfunctie:

- 1) Genereren van lijst met mogelijke fouten

Auteursfunctie:

- 1) Aanmaken van feedback berichten

**4.3.2 Het instructeursstation**

De instructeur krijgt bibliotheken van scenario's en bibliotheken van beeld- en audio materiaal aangeleverd. Hiermee bestaat globaal gezien de voorbereidende taak van een instructeur uit het selecteren van geschikte scenario's, of het eventueel aanmaken van nieuwe scenario's. Tijdens de training verzorgt de instructeur een briefing, verzorgt het simulatie management, geeft aanwijzingen en sturing en verzorgt na afloop de debriefing.

**4.3.2.1 Preparatie**

Om nieuwe scenario's uit bestaand beeld- en audio materiaal aan te kunnen maken heeft de instructeur alle functionaliteit tot zijn beschikking die genoemd is onder :

Instructeursfuncties:

- 1) Aanmaken bibliotheken van situaties
- 2) Constructie van scenario's

Ter voorbereiding van de oefening moet de instructeur een keuze maken uit de beschikbare scenario's en aangeven of er sprake zal zijn van team- of individuele training.

Instructeursfuncties:

- 1) Inspectie van een overzicht van voor onderwijs relevante karakteristieken van scenario's
- 2) Selecteren van een scenario
- 3) Selecteren van team- of individuele training

Ten behoeve van individuele training moet als optie overwogen worden simulaties van de overige teamleden in te zetten. Dit kan variëren van een zeer beperkte vorm, waarbij bijvoorbeeld een audio fragment wordt afgespeeld waarin de commandant

een doeltoe wijzing doet, tot een meer geavanceerde vorm waarin het handelen van schutters of commandant gedeeltelijk wordt nagebootst.

#### 4.3.2.2 Briefing

Het is niet duidelijk hoeveel van de briefing ondersteund zal worden met behulp van de VE-trainer en welk deel door de instructeur gegeven zal worden.

Wellicht zal er een demonstratiesessie geboden moeten worden om de lerenden te laten wennen aan de virtuele omgeving.

#### 4.3.2.3 Training

##### **Simulatie management**

De instructeur moet in staat gesteld worden de simulatie te bedienen, d.w.z. te starten, stil te zetten, etc.

##### Instructeursfuncties:

- 1) Starten oefening
- 2) Stilstellen scenario (freeze), om tussentijds aanwijzingen te kunnen geven kan het handig zijn een oefening tijdelijk stop te zetten
- 3) Markeren punt in een scenario. Het markeren wordt gebruikt om tijdens de debriefing eenvoudig een relevant punt in een oefening te laten zien.
- 4) 'On the fly' aanpassen scenario aan gedrag team-individu
- 5) Afsluiten oefening

##### **Monitoring**

De instructeur moet in staat gesteld worden het gedrag van de schutters en commandant te monitoren. Hiertoe dient de instructeur zicht te hebben op de schutters, commandant en het luchtbeeld. Duidelijk moet zijn welke schutter richt op welk doel.

Daarnaast moet de instructeur alle communicatie tussen schutters en commandant kunnen horen.

Het beeld- en audio materiaal zal vastgelegd moeten worden om na afloop gebruikt te kunnen worden t.b.v. debriefing. De volgende systeemfuncties vloeien hieruit voort:

##### Systeemfuncties:

- 1) Het bieden van een overzicht van luchtbeeld, schutters en commandant.
- 2) Het toegang geven tot de audio communicatie tussen schutters en commandant

##### **Registratie**

Ten behoeve van diagnose, en daaruit voortvloeiende debriefing en beoordeling, zullen leerlingactiviteiten zoveel mogelijk geregistreerd moeten worden d.m.v.

logfiles. Hiertoe wordt vastgelegd 1) welke doelen getroffen zijn en zo mogelijk 2) de handelingen van schutters en commandant en 3) communicatie tussen schutters en commandant.

Systeemfuncties:

- 1) Automatische registratie van getroffen doelen
- 2) Automatische registratie van handelingen
- 3) Automatische registratie van communicatie

#### 4.3.2.4 Debriefing

Ten behoeve van debriefing moet informatie verschaft worden over de accuraatheid van het handelen van team of individu. De eerder geregistreerde informatie moet in een zodanig formaat worden aangeboden dat deze overzichtelijk is en eenvoudig interpreteerbaar voor de instructeur.

Systeemfunctie:

- 1) Het omzetten van logfiles in een voor de instructeur begrijpelijk en overzichtelijk formaat

Instructeursfuncties:

- 1) Het inspecteren van een overzicht van handelingen zoals geëxtraheerd uit de logfiles
- 2) Het synchroom replayen van geregisteerd scenario beeld-, video en audio materiaal
- 3) Inspecteren van overzichten van scores neergehaalde doelen

Ter ontlasting van de instructeur wordt ook gedacht aan een automatische interpretatie van handelingen van schutters en commandant. De vormgeving hiervan is een punt wat nader onderzoek behoeft.

Systeemfunctie:

- 1) Het automatisch diagnostiseren van handelingen van schutters en commandant

Instructeursfunctie:

- 1) Het inspecteren van resultaten uit automatische diagnose

#### 4.3.3 De VE- installatie

Onder de VE-installatie wordt verstaan de Head Mounted Displays (HMD's) voor schutters en commandant, headsets voor audio weergave, een bron van magnetisch veld t.b.v. tracking van de positie van de persoon en het wapen, en tenslotte de VE aansturingen hard- en software.

#### 4.3.3.1 De Head Mounted Displays (HMD)

##### Fidelity

Beeld en geluid dat door middel van de VE-installatie aangeboden wordt moet zo realistisch mogelijk zijn. Dit gegeven leidt tot de volgende technische eisen:

- 1) De vertraging van beeldaanpassing van de VE-installatie mag niet zodanig zijn deze tot ongewenst gedrag zal leiden.
- 2) Doelen moeten zichtbaar kunnen zijn op een zelfde virtuele afstand als die waarop ze daadwerkelijk onder goede omstandigheden zichtbaar zouden zijn. Derhalve moet de resolutie zodanig zijn dat ontdekken op 10 km en herkennen/identificeren met verrekijkerfunctie op 6 km mogelijk is (dit is wel afhankelijk van de kwaliteit van het zicht).
- 3) Beelden van een echte omgeving moeten gemengd kunnen worden met beelden van virtuele doelen.

Naast technische eisen zijn ondermeer de volgende inhoudelijke eisen van belang:

- 1) Het moet mogelijk zijn de beeldhoek in te stellen
- 2) Op de HMD van de schutters moet het mogelijk zijn een vizier af te beelden
- 3) Op de HMD van de Commandant moet het mogelijk zijn een vergroot beeld (verrekijker) weer te geven
- 4) De commandant moet de schutters en de globale stand van hun wapens kunnen zien.

#### 4.3.3.2 De Headsets

De volgende technische eisen kunnen worden geformuleerd:

- 1) De headsets moeten een connectie tussen instructeur enerzijds en commandant en schutters anderzijds bieden.
- 2) Het geluid uit de omgeving moet stereo zijn
- 3) Geluid moeten uit de juiste richting komen. Daarnaast moet er sporeke zijn van een correct gemodeleerd doppler effect

Een inhoudelijke eis is de volgende:

- 1) De combinatie doelen-geluiden moet correct zijn, met name de helicopters hebben karakteristieke geluidspatronen. De afstand -volume verhouding moet ook correct zijn.

#### 4.3.4 Het wapen

De functionaliteit van het dummy wapen moet zeer vergelijkbaar zijn met die van het echte wapen. Ten behoeve van de VE-installatie moeten echter de volgende aanpassingen gepleegd worden:

- 1) Diverse schakelaars (engagement switch, uncaging switch) en trekker moeten verbonden worden met de VE-installatie
- 2) Er moet een positiesensor op het wapen geplaatst worden.

- 3) Het vizier moet wellicht weggelaten worden, afhankelijk van de keuze voor een doorzicht- of immersive HMD.

#### 4.4 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn globale functionele eisen voor een op VE technieken gebaseerde trainer geschetst. Samenvattend kunnen we stellen dat er in het ontwerp rekening gehouden zal moeten worden met de volgende eisen:

- **Fidelity** Het streven is met behulp van de trainingsomgeving een zo realistisch mogelijke situatie te realiseren, waarbij de uitvoering van de wapenhandelingen en de context van handelen zo veel mogelijk overeenkomen met de uiteindelijke situatie van inzet.
- **Teamtraining** De trainingsomgeving moet voorbereid zijn om ingezet te kunnen worden voor training in team verband. In tweede instantie moet er gedacht worden aan inbedding in een groter verband (CLDV, OLDV).
- **Geautomatiseerde diagnose** Om de instructeur te ontlasten moet zoveel mogelijk van het handelen van de lerende automatisch gediagnostiseerd worden.
- **Aanpasbaar en uitbreidbaar** De architectuur van het systeem moet zodanig ontworpen zijn dat deze eenvoudig aanpasbaar is om omzetting naar nieuwe versies van het wapensysteem te kunnen realiseren. Daarnaast moet het systeem uitbreidbaar zijn om gebruik van nieuwe randapparatuur mogelijk te maken en daarnaast de simulatie deel uit te kunnen laten maken van volledige 'battle field simulator'.

In het volgende hoofdstuk zal een ontwerp geschetst worden van de trainingsarchitectuur en hiermee zal ingegaan worden op de te verwachten knelpunten in de technische realisatie. Wel willen we hier nog een aantal punten op onderwijsinhoudelijk gebied noemen die nader onderzoek vragen.

##### **Teamtraining**

Door gebruik van de VE-trainer in het traject na de Dome-training ligt er een nadruk op training in team situaties. Training in groter verband stelt eisen aan de beschikbare communicatiefaciliteiten tussen team leden onderling en commandant en de commandant van een groter verband. Tevens zijn er onderwijsinhoudelijke consequenties, het moet bijvoorbeeld mogelijk zijn te trainen op scenario's waarin dusdanig veel doelen in een sector te vinden zijn dat deze in samenwerking met andere teams verwerkt moeten worden.

Wat de consequenties zijn voor de inrichting van de VE-trainer van training in team- en triade situatie, met name voor wat betreft vormgeving van scenario's en evaluatie is een punt dat nader onderzoek behoeft.

### **Evaluatie van accuraatheid van handelingen**

Een ander punt dat onderzoek behoeft is de realisatie van registratie van handelingen en automatische diagnose van accuraatheid van handelingen.

Daarnaast is de wens uitgesproken ondersteuning aan diagnose van teamactiviteiten te kunnen bieden. Indien het gesproken woord sterk gestuurd is door protocollen, is het wellicht mogelijk enige interpretatie van team activiteiten en vervolgens diagnose van team-activiteiten te bieden.

## **4.5 Referentie**

- [1] Kuiper, H. (1995) An instructional support system for training simulators. Enschede: Twente University.

## 5. Technische knelpunten

Gegeven de resultaten van de opleidingsanalyse en de daaruit volgende functionele en perceptieve eisen, wordt in dit hoofdstuk gekeken naar de technische knelpunten die worden verwacht bij de ontwikkeling van een op VE technieken gebaseerde Stinger Trainer.

Achtereenvolgens zullen de mogelijke knelpunten en te maken keuzes met betrekking tot de beeldpresentatie, beeldgeneratie, tracking en de simulatiefunctionaliteit worden behandeld. Daarnaast wordt beschreven hoe de globale systeemarchitectuur er uit zal moeten zien. Het hoofdstuk wordt besloten met een discussie van de bevindingen rond de technische knelpunten.

### 5.1 Beeldpresentatie

#### 5.1.1 HMD type

Technisch gezien zijn er drie mogelijkheden voor het type beeldpresentatie:

- doorzicht HMD;
- immersive HMD;
- projectiescherm.

Uit de studie naar de perceptieve eisen blijkt dat een doorzicht HMD de voorkeur heeft boven een immersive HMD. Vanuit de technische knelpunten beschouwd gaat de voorkeur echter uit naar een immersive HMD. Immersive HMD's stellen geen eisen aan de omgeving waarin het systeem wordt gebruikt en er zijn geen problemen met de correlatie tussen en de wederzijdse afdekking van objecten in de reële wereld en in de virtuele wereld.

Een groot nadeel van zowel een doorzicht als een immersive HMD is, zoals reeds genoemd in Hoofdstuk 3, dat in beide gevallen geen direct contact mogelijk is tussen de oogkas en de pupil van de richtmiddelen. De enige manier om dit contact te hebben in de trainer, is door niet gebruik te maken van een HMD als beeldpresentatie hulpmiddel, maar het hoofd van de schutter vrij te houden en de beelden op een projectiescherm af te beelden (zoals nu ook in de huidige trainer gebeurt). Deze vorm van beeldpresentatie moet om deze reden zeker in de overwegingen worden meegenomen.

Verder literatuurstudie en experimenten met de drie typen beeldpresentatie zal moeten uitwijzen welke van de drie, of wellicht welke combinatie, de beste trainingsresultaten biedt.

### 5.1.2 HMD kwaliteit

Een viertal kwaliteitsaspecten t.a.v. de beeldpresentatie in een HMD zijn van cruciaal belang: helderheid, contrast, gezichtsveld en ruimtelijke resolutie.

Toepassing van een doorzicht HMD met kleurenrasterdisplays in de "open lucht" moet als niet realistisch gezien worden i.v.m. de eisen t.a.v. helderheid en contrast van het computergegenereerde beeld dat gecombineerd moet worden met het beeld van de natuurlijke omgeving. Om deze reden worden dergelijke systemen die in operationeel gebruik zijn ook toegepast in aangepaste (verduisterde en zwart geverfde) ruimten. Alleen monochrome displays, analoog aan degene die gebruikt worden in HMD's voor piloten, hebben voldoende lichtopbrengst voor toepassing in een buitenomgeving.

Bij HMD's die gebruik maken van rasterdisplays bestaat er een relatie tussen maximale gezichtshoek (medebepaald door de toegepaste optiek) en ruimtelijke resolutie, welke afhankelijk is van het totale aantal beeldelementen (pixels) in horizontale en verticale richting van het display. De huidige state-of-the-art qua ruimtelijke resolutie wordt belichaamd door de CAE FOHMD (Fiber Optic Helmet Mounted Display). De optiek in deze HMD heeft een gezichtsveld van 80° per oog, met een stereoscopisch overlapgebied van 30°. Het totale gezichtsveld bedraagt dus ca. 130°. In de FOHMD wordt de achtergrond afgebeeld met displays van 1024 x 1024 pixels. De ruimtelijke resolutie bedraagt dus ca. 5'. Dit zou (marginaal) genoeg moeten zijn voor doelsdetectie. Het bedrijf n-Vision komt tweede kwartaal 1996 uit met een nieuwe HMD, de Datavisor 80, die een resolutie heeft van 3', over een horizontaal stereoscopisch zichtveld van 120° (met 40° overlap).

### 5.1.3 HMD ergonomie

Problemen zijn te verwachten bij het werken met een HMD als het gaat om de positionering van het hoofd in relatie tot het wapen. Het is voor zowel een doorzicht HMD als een immersive HMD onmogelijk om het oog tegen de pupil van het vizier te drukken.

Zowel een HMD van het doorzichttype als een immersive HMD stellen hoge eisen aan draagcomfort omdat sommige trainingsscenario's wel 20-30 minuten kunnen duren. Wanneer een HMD gedurende zo'n lange tijd gedragen wordt, kan het zijn dat "simulator sickness" een rol gaat spelen. Dit is afhankelijk van een groot aantal perceptieve en technische randvoorwaarden. Of dergelijke verschijnselen optreden bij een op VE gebaseerde Stinger trainingssimulator en in welke mate ze de training kunnen beïnvloeden zou onderzocht moeten worden met behulp van een prototype van het uiteindelijke systeem.

## 5.2 Beeldgeneratie

Voor wat betreft de capaciteiten van het subsysteem voor beeldgeneratie moeten in eerste instantie de performance eisen afgeleid worden uit de perceptieve eisen ener-

zijds en uit de functionele analyse anderzijds. De perceptieve eisen stellen randvoorwaarden aan o.a. de resolutie en de herhalingsfrequentie van de gegenereerde beelden. De functionele eisen bepalen mede welke omgevingselementen gesimuleerd moeten worden en daarmee de geometrische complexiteit van de te visualiseren virtuele omgeving.

Naast bovengenoemde capaciteitseisen van de beeldgenerator(en), kunnen in dit stadium ook al enkele functionele eisen afgeleid worden. Met name zal de toegepaste beeldgenerator faciliteiten dienen te bevatten voor de weergave van "special effects" zoals:

- flares;
- afterburners;
- beelden van nachtzichtapparatuur.

Tenslotte zal nog onderzocht moeten worden in hoeverre de weergave van kleuren daadwerkelijk van belang is voor de training. Indien namelijk blijkt dat hiervan afgezien kan worden, zou in een aantal gevallen een aanzienlijke snelheidswinst geboekt kunnen worden in het beeldgenererende subsysteem.

Bij beeldpresentatie middels een HMD zijn de eisen m.b.t. vertragingen in het systeem nog zwaarder dan bij de toepassing van conventionele displays. Vertragingen ("lag") kunnen optreden in de toegepaste sensor subsystemen, de simulatie applicatie zelf en ook in de beeldgenerator. Verwacht wordt dat de totale vertraging ("transport delay") van het VE systeem voor de Stinger trainer niet groter mag zijn dan circa 50 ms, omdat anders de het visuele tracking proces niet goed uitgevoerd kan worden. Vertragingen treden met name op bij beeldgeneratoren met een zgn. "pipeline" architectuur. Daarom dient de nodige aandacht besteed te worden aan de selectie van een beeldgenerator waar vertragingseffecten geminimaliseerd kunnen worden, bij voorkeur in samenhang met het toepassen van versnellingsstechnieken elders in de simulatieketen (zie 5.3 en 5.4).

### 5.3 Tracking

Bij het richten van het wapen in de synthetische omgeving speelt het nauwkeurig en snel kunnen bepalen van de positie en orientatie van het hoofd van de schutter (kijkrichting). Op dit probleem is ook al gewezen in 3.2.9. Problemen m.b.t. nauwkeurigheid, stabiliteit en snelheid van positie/orientatietracking treden op bij het bepalen van "kijkrichting" van schutter en wapen apart, maar met name ook bij de combinatie van beide. In combinatie met vertragingseffecten in de simulatie applicatie en de beeldgeneratie kunnen zij aanleiding zijn tot perceptieve problemen of zelfs het niet kunnen bereiken van de trainingseisen. Dit vormt één van de belangrijkste (en dus nader te onderzoeken) knelpunten van een VE Stinger trainingssysteem.

Zoals eerder genoemd, wordt verwacht dat de totale vertraging ("transport delay") van het VE systeem voor de Stinger trainer niet groter mag zijn dan circa 50 ms, omdat anders de het visuele tracking proces niet goed uitgevoerd kan worden. Met betrekking tot de nauwkeurigheid wordt verwacht dat de maximaal toelaatbare fout in de orde van 1' zal liggen. Er worden dus strenge eisen gesteld aan het tracking systeem.

Bij toepassing van een doorzicht HMD dient de keuze gemaakt te worden of de schutter door het echte vizier van het wapen kijkt, of een computergenerereerd vizier (range ring en reticles). In het eerste geval ontstaan problemen voor het berekenen van de correcte afdekking van het computergenerereerde beeld door het echte vizier. De correctheid van deze berekeningen wordt voornamelijk bepaald door de relatieve positiemetingen van het hoofd van de schutter en die van het wapen. Zowel de nauwkeurigheid van deze metingen als hun herhalingsfrequentie dienen voldoende groot te zijn. In het tweede geval treden dezelfde problemen op bij het "fixeren" van het computergenerereerde vizier aan het echte wapen.

Eerdere ervaringen met de door TNO-FEL ontwikkelde Stinger VE demonstrator een aantal jaren geleden heeft laten zien dat dit een zware technische eis is waar niet met triviale technieken aan voldaan kan worden.

Er bestaan geavanceerde signaalbewerkingstechnieken voor het filteren van tracker-signalen ten einde de responstijd en nauwkeurigheid te verbeteren. Onderdeel van deze filter algoritmen is meestal een mathematisch model van het te meten systeem dat doorgerekend wordt om nieuwe meetwaarden vooruit in de tijd te voorspellen. In het geval van de VE Stinger Trainer zou dus een (wellicht eenvoudig) model van de dynamica en kinematica van het menselijk lichaam toegepast kunnen worden. De genoemde predictieve filtertechnieken zijn echter nog niet wijdverbreid. Toepasbaarheid ervan in een complex systeem als een VE Stinger Trainer zou eerst nader onderzocht moeten worden aan de hand van prototype implementaties.

## 5.4 Simulatie

Naast de tracking en beeldgeneratie subsystemen vormt de simulatie applicatie het derde belangrijke element in een VE systeem. In het geval van de VE Stinger Trainer wordt de inhoud van de applicatie (d.w.z. welke omgevingselementen gesimuleerd dienen te worden voor een effectieve training) voornamelijk bepaald door de functionele analyse zoals beschreven in hoofdstuk 4. Zonder nu al een uitputtende inventarisatie van de gehele applicatie te willen maken, kan toch al gesteld worden dat een aantal aspecten speciale aandacht verdient, omdat zij voor een groot deel de complexiteit van de applicatie en dus ook de vereiste rekenkracht van het simulatieplatform bepalen.

#### 5.4.1 Vliegmodel missile

Het computermodel van de vliegeigenschappen van de Stinger missile dient om, gegeven de situatie tijdens het afvuren, te kunnen bepalen of het doel getroffen wordt of niet. Eventueel dient het model ook voldoende accuraat te zijn om te kunnen bepalen waar het doel is getroffen en wat de schade dientengevolge is. Aan de andere kant moet het model ook weer zodanig efficiënt te zijn dat het met voldoende snelheid door de simulatiehardware doorgerekend kan worden.

#### 5.4.2 IR/UV modellen

Voor de simulatie van het gedrag van de Basic Stinger dient de applicatie de IR signatuur van de doelen en flares, alsmede secundaire IR bronnen afkomstig van diverse omgevings-elementen (o.a. wolken, zon, e.d.) te simuleren. Voor Stinger RMP komt daar de UV signatuur van doelen en flares bij. In overleg met ter zake deskundigen op het FEL (uit de groep Elektro-optiek) kan nagegaan worden wat de eisen zijn t.a.v. nauwkeurigheid en hoe dergelijke simulatiemodellen in een Stinger trainingsapplicatie ingebracht kunnen worden.

#### 5.4.3 Nachtzicht

Op afzienbare termijn zal nachtzichtapparatuur beschikbaar komen voor gebruik op het echte Stinger wapen. Daarom is het wenselijk nu al na te gaan hoe de beeldweergave van deze apparatuur gesimuleerd kan worden. Hiertoe dient een model van de relevante karakteristieken van de nachtzichtapparatuur gerealiseerd te worden, hetzij in de simulatie-applicatie, hetzij in het beeldgeneratie subsysteem.

#### 5.4.4 Wapenmodel

Bij toepassing van een immersive HMD hanteert de schutter een dummy wapen slechts voorzien van de meest essentiële mechanische elementen welke noodzakelijk zijn voor de juiste haptische feedback (het "gevoel") en moet het virtuele Stinger wapen door de beeldgenerator gevisualiseerd worden. Hiertoe is een geometrisch model van het wapen nodig, waarvan de nauwkeurigheid voldoende moet zijn voor een realistische visualisatie van de relevante delen van het wapen. Met name is van belang dat de delen die een rol spelen bij het oppakken en schouderen van het wapen goed gevisualiseerd kunnen worden. Een en ander kan betekenen dat het wapenmodel een belangrijk deel van het "polygon-budget" van de beeldgenerator moet beslaan. Daarom moet bij het modelleren van het virtuele wapen nagegaan worden welke delen voor een bepaalde taak of handeling echt relevant zijn. Deze delen dienen dan met de vereiste nauwkeurigheid gemodelleerd te worden, terwijl andere delen meer "schetsmatig" aangegeven kunnen worden.

Van groot belang is ook een nauwkeurige modellering van het vizier. In sectie 3.3.1 is al aangegeven dat, hoewel het in principe mogelijk is de diverse elementen van het vizier nauwkeurig te modelleren, een correcte visualisatie moeilijk te realiseren zal zijn. Dit hangt samen met het feit dat een HMD niet toestaat dat de verschillende onderdelen van het vizier ook zodanig op onderscheiden optische afstand geprojecteerd worden dat ze ieder apart scherp waargenomen kunnen worden. Echter, het staat nog te bezien of dit ook noodzakelijk is omdat immers altijd door het vizier

naar het doel (op oneindig) gekeken wordt, waarbij achtereenvolgens range ring, reticle en uittree-pupil in toenemende mate onscherp gezien worden. Deze onscherpte kan in principe met visualisatietechnieken gesimuleerd worden.

#### 5.4.5 Geluid

De geluidsaspecten van de virtuele omgeving vallen uiteen in twee componenten: omgevingsgeluiden en geluiden welke samenhangen met het gebruik van het wapen.

Simulatie van de omgevingsgeluiden kan een waardevolle toevoeging zijn aan het realisme van de oefening. In sectie 2.10 werd gesignaleerd dat het geluid van overvliegende vliegtuigen en andere slagveldactiviteiten een wezenlijke stressfactor kan zijn. Onduidelijk is nog in hoeverre geluid van (naderende) vliegtuigen van belang is als "voorwaarschuwing" bij doelsdetectie. E.e.a. zal ongetwijfeld afhangen van de omgeving (open veld, bomenrijen, heuvels of zelfs berg-achtig gebied, bebouwingselementen, e.d.) die bepaalt in hoeverre het waargenomen geluid nog een richtingcomponent bevat of door interactie met de omgeving al geheel diffuus geworden is.

De simulatie van gelocaliseerde geluidsbronnen in virtuele omgevingen is in principe mogelijk met gebruikmaking van daartoe geschikte signaalbewerkings hard- en software. Presentatie van het 3D geluidsveld vindt dan plaats via een koptelefoon. Wanneer een situatie getraind wordt waarbij normaal geen koptelefoon gedragen wordt, dient deze de training verder niet te beïnvloeden.

Geluiden die betrekking hebben op het wapengebruik zijn het akoestische signaal m.b.t. de doelsacquisitie via de cheekbone vibrator en de feedback van de IFF installatie. Beide geluiden kunnen waarschijnlijk het eenvoudigst door daartoe geschikte presentatiemiddelen op het dummy wapen.

#### 5.4.6 Eigen lichaam

De zichtbaarheid van het eigen lichaam zou van belang kunnen zijn bij het trainen van het afpakken en schouderen van het wapen (zie paragraaf 3.2.2) en bij de onderlinge communicatie en het ervaren van de "situational awareness". Bij toepassing van een doorzicht HMD is zichtbaarheid van de relevante lichaamsdelen gewaarborgd, maar bij inzet van een immersive HMD moeten het gedrag en de visuele aspecten van (een deel van) het lichaam gesimuleerd worden. Een mogelijkheid is het simuleren van de bewegingskarakteristieken van b.v. torso en beide armen, gebruik makend van positie/oriëntatie informatie van hoofd- en handsensoren, aangevuld met een eenvoudig invers kinematisch model van het lichaam. Wellicht kan hiervoor hetzelfde lichaamsmodel dat gebruikt wordt voor predictieve filtering van de trackersignalen ingezet worden.

#### 5.4.7 Andere teamleden

Bij de KLu teamopstelling staan de teamleden op ca. 50 m. afstand van elkaar. Visualisatie van de andere teamleden kan dan gebeuren hetzij middels eenvoudige, statische mensmodellen in een aantal tevoren gecreëerde houdingen (staand zonder wapen, wapen in de handen, wapen geschouderd, etc.), hetzij gebruik makend van

dezelfde kinematische simulatietechnieken als genoemd in de voorgaande paragraaf, waarbij de positie/oriëntatie informatie van de andere teamleden via het DIS netwerk tussen de verschillende simulatoren onderling uitgewisseld wordt. De impact van deze benadering t.a.v. de performance eisen van de verschillende simulatoren moet dan wel uitgezocht worden.

## 5.5 Systeemarchitectuur

Bij het opstellen van de globale systeemarchitectuur springt een aantal belangrijke functionele eisen in het oog:

- de trainer moet zowel voor individuele training als voor teamtraining geschikt zijn;
- de trainer moet ook geschikt zijn voor oefeningen in groter verband ('full battle-field simulation');
- de trainer moet uitbreidbaar zijn.

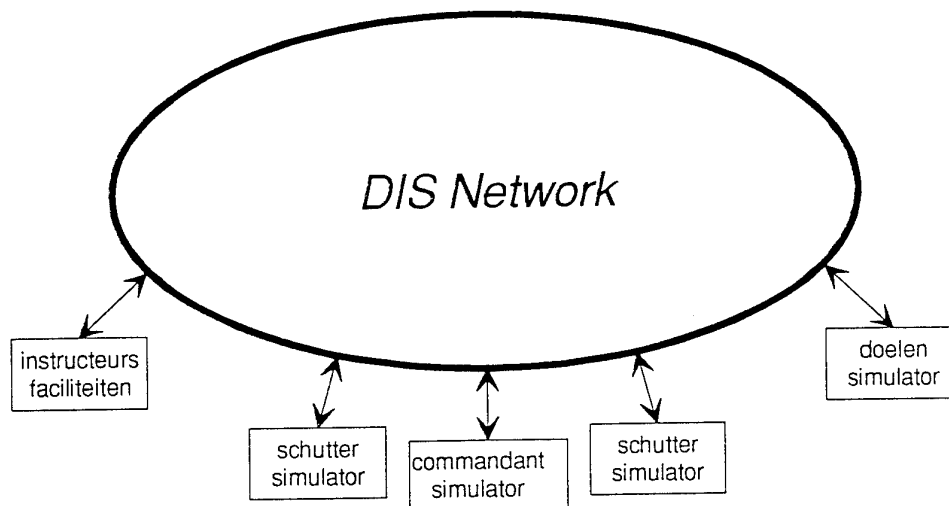
Gezien deze eisen ligt een keuze voor DIS (Distributed Interactive Simulation) als basis voor de systeemarchitectuur voor de hand. De systeemarchitectuur die in dit hoofdstuk wordt beschreven gaat daarom ook uit van een concept dat gebruik maakt van DIS. Allereerst zal het DIS concept nader worden beschreven en de keuze hiervoor gerechtvaardigd. Daarna zullen achtereenvolgens de verschillende systeemcomponenten worden beschreven die tezamen het trainingssysteem vormen.

### 5.5.1 DIS: basis voor teamtraining en uitbreidbaarheid

DIS staat voor Distributed Interactive Simulation. Het is een concept dat gericht is op het koppelen van militaire simulatoren. Het concept bestaat uit de nauwkeurige definitie van een communicatie-protocol dat het mogelijk maakt om allerlei simulatoren samen te laten komen in één virtuele omgeving. Verschillende gesimuleerde eenheden kunnen elkaar waarnemen, met elkaar communiceren en elkaar aanvallen.

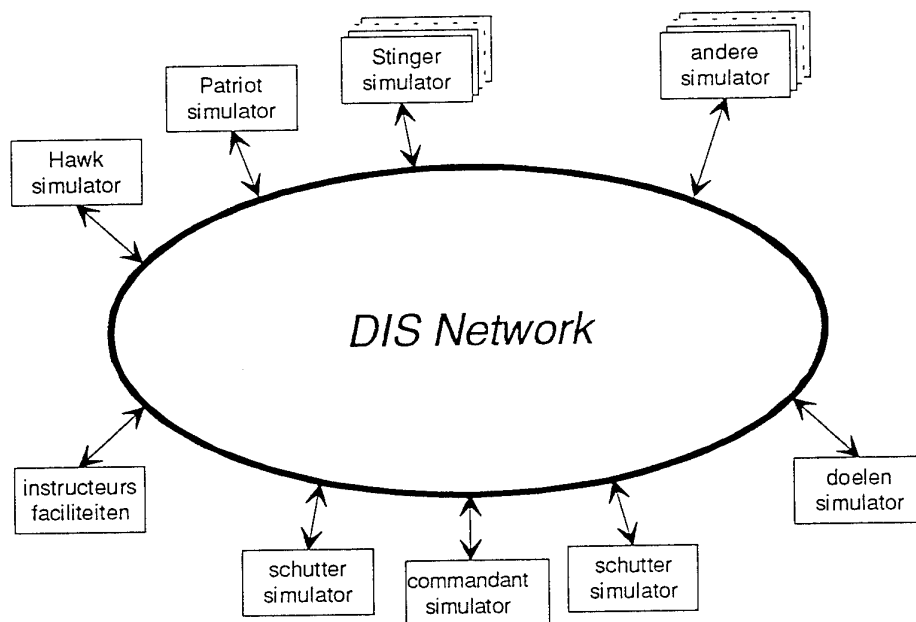
Het gebruik van een gedistribueerd systeem volgens een op DIS gebaseerde communicatie-infrastructuur maakt de gefaseerde realisatie van een flexibel en kosteneffectief trainingshulpmiddel voor Stingereenheden mogelijk. Een minimale opzet zou, zoals in Figuur 5.1 weergegeven, kunnen bestaan uit:

- een VE simulator voor een schutter;
- een VE simulator voor een commandant;
- een doelensimulator, en
- een instructeursstation.



*Figuur 5.1: Een minimale opzet van de Stinger Trainer: een instructeursstation, een commandantsimulator, twee schutterssimulatoren en een doelensimulator gekoppeld in een DIS-netwerk.*

Uitbreiding van het systeem is echter mogelijk zonder wijzigingen aan de reeds bestaande systeemcomponenten. Zo ontstaat een flexibel trainingsinstrument dat past bij de flexibele taakstelling van Stingerteams. Een systeemconfiguratie als getoond in Figuur 5.2 maakt training van CLVD, OLVD en THG taakstellingen mogelijk.



*Figuur 5.2: Een uitgebreide systeemarchitectuur waarbij Stingerteams in specifieke taakstellingen in combinatie met andere eenheden kunnen trainen.*

Het voordeel van het gebruik van DIS, is dat de systeemarchitectuur inherent modulaair is. Systeemcomponenten kunnen eenvoudig worden toegevoegd, verwijderd of gewijzigd.

### 5.5.2 Schuttersimulator

De belangrijkste systeemcomponent is de schuttersimulator. Deze component moet het mogelijk maken om een schutter te laten vuren op gesimuleerde doelen. De schuttersimulator moet de volgende functionele componenten bevatten:

- omgevingsmodel;
- beeldsimulatie;
- geluidsimulatie;
- wapensysteemsimulatie;
- projectielsimulatie.
- registratie binnenkomende DIS berichten;
- verzorgen uitgaande DIS berichten;

De schuttersimulator moet de identiteit en positie van de schutter bekend maken op het DIS-netwerk. Hierdoor kunnen andere simulatoren (bijvoorbeeld de commandant, of een andere schutter in het team) de schutter waarnemen. Afgevuurde projectielen dienen als een aparte DIS-entiteit op het netwerk bekend gemaakt te worden.

Fysiek zal de schuttersimulator bestaan uit de volgende componenten:

- één of meerdere computers voor de simulatietaken en beeld- en geluidgeneratie;
- een dummy-wapen
- beeldpresentatieapparatuur: HMD of projectiesysteem;
- geluidsapparatuur (in- en output);
- tracking-apparatuur voor de HMD en het wapen.

### 5.5.3 Commandantsimulator

De commandantsimulator is de systeemcomponent die het mogelijk maakt dat een commandant zijn functies in de virtuele omgeving kan uitvoeren: het detecteren, herkennen en identificeren van doelen en de bijbehorende commando-uitoefening op de schutters. Tevens moet communicatie met andere eenheden mogelijk zijn. De commandantsimulator moet de volgende functionele componenten bevatten:

- omgevingsmodel;
- beeldsimulatie;
- geluidsimulatie;
- randapparatuursimulatie.
- registratie binnenkomende DIS berichten;
- verzorgen uitgaande DIS berichten;

De commandantsimulator moet de identiteit en positie van de commandant bekend maken op het DIS-netwerk. Hierdoor kunnen andere simulatoren (bijvoorbeeld de schutters in het team) de commandant waarnemen.

Fysiek zal deze simulator bestaan uit de volgende componenten:

- één of meerdere computers voor de simulatietaken en beeld- en geluidgeneratie;
- HMD voor de beeldpresentatie;
- geluidsapparatuur (in- en output);
- tracking-apparatuur voor de HMD;
- eventuele randapparatuur ('weapon terminal').

#### 5.5.4 Doelensimulator

De doelensimulator is de component die ervoor zorgt dat getraind kan worden met scenario's die volledig gecontroleerd worden door de instructeur. Voor Stinger training is het voldoende dat de doelensimulator vliegtuigen en helikopters, aangevuld met flares, kan simuleren. Bij bredere inzetbaarheid van het systeem voor training met hand-held wapensystemen zullen ook gronddoelen gesimuleerd moeten worden.

De doelensimulator zal de volgende functionele componenten hebben:

- omgevingsmodel;
- doelsimulatie (inclusief 'countermeasures', zoals flares).
- registratie binnenkomende DIS berichten (inclusief speciale besturingscommando's van de instructeur);
- verzorgen uitgaande DIS berichten;

Fysiek zal de doelensimulator bestaan uit enkel een computer. Voor de meeste eenvoudige trainingsscenario's is een standaard computer met een enkele processor voldoende. Bij hogere eisen kan een computer met meerder processoren, of een aantal computers worden ingezet die tezamen zorgen voor de doelensimulatie.

Alle doelen zullen volgens de in het DIS protocol voorgeschreven codering op het netwerk moeten worden uitgezonden. De schuttersimulator en de commandosimulator krijgen op deze manier kennis van welke doelen zich op welke positie in de omgeving bevinden. De doelensimulator hoeft geen kennis te hebben van de visuele, IR en UV signatures van de doelen. De enige simulatietaken die de doelensimulator heeft is het verzorgen van fysiek correct gedrag van de doelen (in interactie met de omgeving) en een logisch correct gedrag van de doelen (zelf vuren, countermeasures, gevolgen van projectielinslag). De doelensimulator moet bepalen wanneer een doel geraakt wordt door een projectiel, het effect van de inslag bepalen en dit vervolgens bekend maken op het DIS-netwerk.

De doelensimulator moet vooraf gedefinieerde scenario's kunnen uitvoeren op commando van de instructeur. Daarbij volgen de doelen de in het scenario vastgelegde

doelsbanen en werpen flares af op de voorgeschreven tijden. De instructeur moet de mogelijkheid hebben om tijdens de uitvoering van het scenario nog invloed uit te oefenen op de gesimuleerde doelen, bijvoorbeeld met betrekking tot het afwerpen van flares.

De communicatie met de doelensimulator kan geschieden via DIS. DIS biedt de mogelijkheid om speciale boodschappen te definiëren naar eigen wens. Deze boodschappen kunnen gebruikt worden om de doelensimulator aan te laten sturen door de instructeur.

### 5.5.5 Instructeursfaciliteiten

De instructeursfaciliteiten moeten voorzien in alle ondersteuning die de instructeur nodig heeft voor de opleiding. De faciliteiten zijn nodig voor:

- lespreparatie;
- lesuitvoering;
- lesevaluatie;
- leerlingadministratie.

Bewust wordt hier gesproken over instructeursfaciliteiten en niet over een instructeursstation. Dit is om te voorkomen dat direct wordt gedacht aan een enkele werkplek. Er moet naar gestreefd worden om zoveel mogelijk taken los te koppelen van de daadwerkelijke simulatoren, waardoor de inzetbaarheid van de simulatoren zo hoog mogelijk blijft (een tekortkoming van de huidige Stingertrainer). In principe zijn alleen voor de uitvoering van een les de simulatoren nodig. De overige taken kunnen op afzonderlijke faciliteiten worden uitgevoerd.

Het lespreparatie systeem moet het mogelijk maken om doelsbanen, scenario's en lessen voor te bereiden. Hiervoor is een beeldgeneratiesysteem nodig dat het mogelijk maakt om de scenario's te kunnen testen.

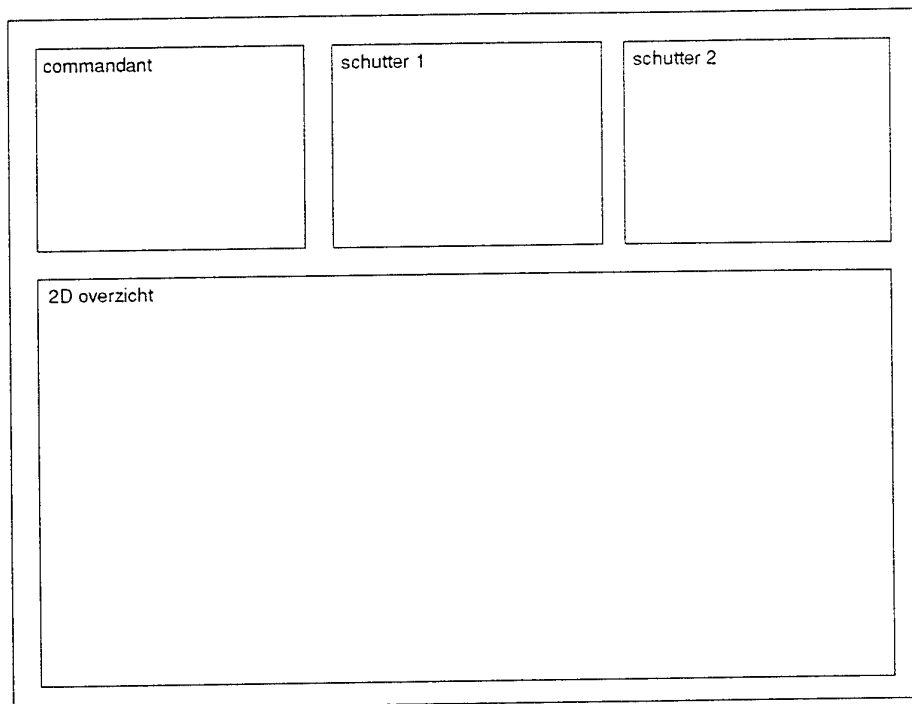
Voor de uitvoering en evaluatie van een les kan DIS gebruikt worden. De aansturing van de doelgenerator gebeurt via speciaal gedefinieerde DIS boodschappen. Evaluatie moet plaatsvinden op basis van de via het DIS netwerk verzonden statusberichten van alle simulatie-entiteiten. Tijdens de uitvoering van een les worden alle doelsbewegingen en de bewegingen van de Stingerteamleden (inclusief de oriëntatie van het wapen) op het DIS netwerk uitgezonden. Aangezien alle berichten voorzien zijn van een timestamp, is evaluatie van de verrichtingen van de leerlingen op basis van het DIS verkeer mogelijk. Om tot een goede (automatische) beoordeling te kunnen komen zal ook de toestand van het wapensysteem op het netwerk gezet moeten worden.

Door het DIS berichtenverkeer te bewaren is het mogelijk om achteraf een les of gedeelte van een les nogmaals te bekijken. Hiervoor is wel een beeldgeneratie- en beeldpresentatiesysteem nodig. Wat het laatste betreft kan aan een grootbeeld re-

troprojectiesysteem gedacht worden dat geschikt is voor gebruik met meerdere kijkers.

Om tijdens de uitvoering van een les de verrichtingen van de leerlingen te kunnen observeren kan de instructeur op een aantal manieren ondersteund worden. Allereerst zal de instructeur geïnteresseerd zijn in het zicht van de commandant en de schutters. Technisch gezien is dit op twee manieren mogelijk: er kan een extra monitor gekoppeld worden aan de betreffende simulator, of er kan door de instructeursfaciliteiten op basis van de DIS-informatie een beeld gegenereerd worden dat behoort bij de betreffende leerling. Het gebruik van monitors heeft als voordeel dat geen extra beeldgeneratiesysteem gebruikt hoeft te worden. Bij het gebruik van DIS-informatie moet wel een extra beeldgeneratiesysteem gebruikt worden, maar het heeft als voordeel dat het scenario van elk willekeurig oogpunt bekeken kan worden. Ook als met meerdere Stingerteams tegelijk wordt getraind kan de instructeur een keuze maken uit de oogpunten van de verschillende oogpunten van alle leerlingen, zonder dat er iets hoeft te veranderen aan de hardware of software. Bij het beeld van een bepaalde schutter kan in tekst worden weergegeven de toestand van het wapen en gegevens (type, nationaliteit, afstand, snelheid) van een doel dat wordt aangevallen.

Naast het genereren van de beelden die de leerlingen zien kan op basis van DIS-informatie ook een '2D-overzicht' (een overzicht van in kaartvorm) worden gegenereerd. Dit overzicht is minimaal noodzakelijk voor de instructeur om de situatie te observeren tijdens een les, want door het gebruik van HMD's kan de instructeur niet zelf rondkijken in de omgeving, zoals dat bij de huidige Stingertrainer het geval is. De beelden van de leerlingen en het 2D-overzicht zouden op een monitor kunnen worden weergegeven, bijvoorbeeld zoals in Figuur 5.3 is weergegeven. Naast deze monitor met beelden zou dan nog een tweede monitor nodig zijn tijdens de lesuitvoering, waarmee de lesuitvoering gecontroleerd wordt.



*Figuur 5.3: Schematische organisatie van het scherm waarop de instructeur de verrichtingen van de leerlingen kan bekijken. De instructeur kan tegelijk kijken naar het beeld dat de leerlingen zien en een 2D overzicht van de omgeving, waarin naast de leerlingen en hun kijkrichting ook de doelen worden gevisualiseerd.*

Tenslotte zal de instructeur ook een video-opname nodig hebben van de verrichtingen van de leerlingen. Hiertoe zal het systeem moeten worden uitgerust met video-camera's en recorders die zijn te synchroniseren met het terugspelen van de digitaal opgenomen verrichtingen van de leerlingen. Dit ligt binnen de mogelijkheden van de beschikbare technologie.

#### 5.5.6 Optionele modules

De systeemarchitectuur moet uitbreidbaar zijn met tenminste de volgende optionele modules:

- IFF simulatie;
- voorwaarschuwingsradar simulatie;
- nachtzicht simulatie.

Beide modules zijn te ontwerpen als onafhankelijke systeemcomponenten die aan het DIS-netwerk worden gekoppeld. Voor IFF simulatie is het misschien een betere optie om de schuttersimulator uit te breiden met IFF functionaliteit.

## 5.6 Conclusies

De in dit hoofdstuk besproken technische knelpunten kunnen als volgt worden samengevat.

### Beeldpresentatie d.m.v. HMD:

- resolutie van state-of-the-art HMDs marginaal genoeg gezien perceptieve eisen
- bij gebruik HMD contact tussen oog en vizier moeilijk te simuleren
- alleen bij projectie op scherm in plaats van in HMD volledig correct contact met het wapen
- doorzicht HMD alleen in geconditioneerde ruimtes te gebruiken
- beeldgeneratieproces voor doorzicht HMD moeilijker in verband met afdekking van virtuele objecten door reële objecten
- simulatie wapen en eigen lichaam schutter moeilijker bij immersive HMD
- beeldstabilisatieproblemen door onnauwkeurigheid en onvoldoende snelheid van tracking systemen en beeldgeneratoren
- ergonomische problemen (comfort, interferentie met wapen, simulator sickness)

### Beeldgeneratiesubstysteem

- gebruikelijke capaciteitsproblemen (trade-off tussen beeldkwaliteit en generatiesnelheid)
- toepassing HMD stelt extra eisen m.b.t. vertragingen ('lag', 'transport delay')
- visualisatie van special effects

### Tracking

- nauwkeurigheid en snelheid van positie/oriëntatie trackers (extra belangrijk in combinatie met toepassing doorzicht HMD)

### Simulatie applicatie

- vereiste rekencapaciteit vliegmodel missile
- modellering IR/UV signaturen
- simulatie karakteristieken nachtzichtapparatuur
- modellering wapen, i.h.b. het vizier
- geluidsaspecten (3D geluidsveld)
- vereiste rekencapaciteit voor simulatie eigen lichaam van de schutter (inverse kinematica)
- simulatie gedrag andere teamleden

Voorzien kan worden dat sommige technische knelpunten aan de hand van min of meer diepgaande literatuurstudie nader geanalyseerd kunnen worden. Voor andere is het van wezenlijk belang ze nader te evalueren door middel van een te ontwikkelen prototype VE Stinger trainer, welke als doel heeft enerzijds het belang van knelpunten nader te analyseren resp. te ontcrachten, anderzijds mogelijke oplossingen van bepaalde knelpunten te evalueren.

De volgende knelpunten worden gezien als essentieel en dienen in ieder geval door middel van prototype ontwikkeling en experimentele evaluatie in een vroeg stadium opgelost te worden:

- keuze van het type beeldpresentatie (doorzicht HMD, immersive HMD, projectiescherm of combinaties van deze), lettend op een goede uitvoering van de visuele en motorische taken;
- beheersing van de totale transport delay van het systeem (voornamelijk bepaald door het tracking systeem en het beeldgeneratie systeem), lettend op een goede uitvoering van de visueel-motorische taken;
- beheersing van de nauwkeurigheid van het tracking systeem, lettend op een goede uitvoering van de visueel-motorische taken.

## 6. Conclusies en aanbevelingen vervolgtraject

In dit rapport zijn de mogelijkheden om tot een VE trainer voor de Stinger opleiding te komen nader geanalyseerd. Uitgangspunten hierbij zijn: (1) de eis om op locatie te kunnen oefenen d.m.v. een mobiele (VE) trainer, (2) de behoefte aan meer geavanceerde opleidingscapaciteit, en (3) de wens om in te toekomst in integraal verband te kunnen oefenen.

Om tot een uitspraak over de mogelijkheden van een VE trainer te komen is achtereenvolgens aandacht besteed aan: (1) trainingsanalyse van de Stinger opleiding, (2) een analyse van de perceptieve eisen, (3) een functionele analyse, en (4) technische knelpunten en voorstel systeemarchitectuur.

Belangrijkste conclusie die kan worden getrokken naar aanleiding van de vraagstelling naar de haalbaarheid van een VE trainer is dat met de huidige verkrijgbare HMD's, computers, en tracking systemen bijna aan de gestelde perceptieve eisen kan worden voldaan. Het is echter mogelijk dat de eisen te scherp zijn gesteld en afgezwakt kunnen worden. In dat geval kan met de huidige stand van de technologie wel worden volstaan. Dit laatste kan door middel van een demonstratorstudie beantwoord worden naast het uitzoeken van het meest geschikte type helm (doorzichthelm vs immersive) en keuze van het juiste trackingsysteem.

Meer uitgebreid kan op grond van de bevindingen in deze studie het volgende geconcludeerd worden:

1. De trainingsbehoefte ligt met name op het gebied van de vaardigheid van de schutter (richten en schieten) en van de commandant (detectie en identificatie). Gezien het psychomotorische karakter van deze hoofdtaken, de snelheid en precisie waarmee ze moeten worden uitgevoerd, moet het realisme en de nauwkeurigheid van de trainer zeer hoog zijn. Zelfs een kleine afwijking van het werkelijke gedrag van de Stinger kan averechtse leereffecten hebben. Dit stelt zeer hoge eisen aan een trainingsstelsel.
2. Perceptief en ergonomisch worden hoge eisen opgelegd aan de kwaliteit van het beeldpresentatiesysteem. Wat betreft resolutie komen bestaande systemen goed in de buurt van deze eisen. De keuze van het type beeldpresentatiesysteem moet vooralsnog als knelpunt gezien worden, gelet op het feit dat de visuele en fysieke interactie met het wapen bij gebruik van HMD's bemoeilijkt wordt.
3. Het richten van het wapen is een psychomotorische taak die een hoge eis legt op de totale vertraging en nauwkeurigheid van het systeem. Het ontwerp van de simulatieapplicatie, het beeldgeneratiesysteem en het trackingsysteem moet zorgen voor een, volgens eerste schattingen, vertraging van maximaal 50 ms. Het gebruikte trackingsysteem moet zeer nauwkeurig zijn, en ten gevolge van de mobiliteitseis ook zeer robuust zijn, zodat de gespecificeerde nauwkeurigheid en snelheid in diverse omgevingen gehaald wordt.

4. Het opleidingstraject Stinger wordt momenteel opnieuw gedefinieerd. Er bestaat binnen de Koninklijke Luchtmacht nog geen volledige duidelijkheid over hoe een geïntegreerde VE trainer zal worden ingezet, met name ten aanzien van het punt welke elementen in de Dome zullen worden getraind en welke in de VE trainer en wat de eindleerdoelen van de cursisten zullen zijn. Een weloverwogen inzet van trainingsmedia zal een interactief proces zijn dat samen met de KLu dient te worden vastgesteld.

Op grond van de conclusies wordt een vervolgtraject voorgesteld in 2 sequentiële fasen: (1) Analyse en beproeving van de belangrijkste perceptieve en technische knelpunten aan de hand van een eerste (demonstrator) versie, resulterend in de specificatie van de mobiele VE trainer, en (2) Advies omtrent de opleidingsintegratie van de te realiseren mobiele trainer in combinatie met andere aanwezige trainingsmiddelen.

1. Voorstel is om door middel van het bouwen van een demonstrator en evaluatie hiervan, eventueel aangevuld met verdere literatuurstudie de knelpunten genoemd in punt 2 en 3 nader te analyseren en oplossingen dan wel alternatieven te vinden. Voorgesteld wordt om een demonstrator VE Stinger trainer te bouwen waarbij de meest veelbelovende beeldpresentatiesystemen en trackingsystemen vergeleken worden. Door de prestaties van een schutter en van een commandant te evalueren kan worden vastgesteld welke technologische oplossing het beste perspectief biedt voor een effectieve VE Stinger trainer en daarnaast kan worden nagegaan of de eisen niet te scherp zijn gesteld. Bij de vergelijking van de prestaties van leerlingen zullen de prestaties in de Dome-trainer te Ede als referentie gebruikt worden. De te variëren configuraties zullen met name wat betreft de beeldpresentatie onderling verschillen: (1) gebruikmaking van een doorzicht HMD, (2) met een immersive HMD, en (3) gebruikmaking van een projectiescherm. De demonstrator zal zoveel mogelijk gebouwd worden rond reeds beschikbare hardware en software. Een goede kwaliteit HMD en eventuele alternatieve trackingsystemen behoren tot de hardware die nog verworven moet worden. De demonstratorstudie zal resulteren in specificaties van een geïntegreerde VE trainer dan wel een deel-VE-trainer afhankelijk van wat haalbaar is.
2. Op grond van de uitkomsten van de demonstratorstudie dient te worden onderzocht in nauwe samenspraak met de Koninklijke Luchtmacht hoe de VE trainer kan worden ingezet in het opleidingstraject. Indien een geïntegreerde trainer niet tot de mogelijkheden behoort, bestaat de mogelijkheid de training te laten verlopen in deeltrajecten en met behulp van deelsystemen, zoals bijvoorbeeld deelsystemen voor enerzijds detectie en identificatie en voor anderzijds richten en schieten.

Naast de technische en perceptieve/ergonomische knelpunten waarnaar met hoogste prioriteit onderzoek moet worden gedaan zijn er een aantal zaken die gewenst zijn om te onderzoeken en parallel reeds kunnen worden opgestart:

1. In het vervolgtraject moet een analyse gemaakt worden van de frequentie van verschillende soorten fouten die in de huidige training en oefeningen gemaakt worden en worden geanalyseerd welk soort fouten het meest kritisch is.
2. Een kosten en baten analyse van de verschillende trainingsopties moet gemaakt worden.
3. Onderzoek naar de mogelijkheden om teamtraining m.b.v. de computer te ondersteunen.

Samenvattend kan tenslotte gesteld worden dat er gezien de huidige stand van de technologie een gereede kans is om een Stinger VE trainer te realiseren, maar dat ontwikkeling van een beperkte demonstrator noodzakelijk is om gesignaleerde knelpunten met betrekking tot voldoen aan gestelde resolutie, keuze van type HMD en keuze van het juiste trackingsysteem te analyseren en op te lossen. Vervolgens kan worden aangegeven of, en zo ja hoe, een Stinger VE-trainer met de vereiste functionaliteit is te realiseren dan wel welke functionaliteit wel haalbaar is en hoe een optimale inzet van trainingshulpmiddelen kan worden verkregen om de vereiste trainingscapaciteit in te vullen.

## 7. Ondertekening



Ir. R.C. van Rijnsoever  
Groepsleider



Dr. ir. H. Kuiper  
Projectleider/auteur

---

ONGERUBRICEERD  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**  
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD96-0065	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO FEL-96-A067
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 6025616	5. CONTRACT NO A95KLu778 (TNO-FEL); OF95KLu4011 (TNO-TM)	6. REPORT DATE May 1996
7. NUMBER OF PAGES 68 (excl RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 4	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Onderzoek mogelijkheden Stinger VE trainer (Feasibility study Stinger VE trainer)		
11. AUTHOR(S) Dr. H. Kuiper, A.H. van der Hulst, dr. G.J. Jense, F. Kuijper (TNO-FEL) Dr. P.J. Werkhoven, dr. Y.F. Bamard, dr. F.L. Kooi, dr. J.B.J. Riemersma (TNO-TM)		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands TNO Human Factors Research Institute, PO Box 23, 3769 ZG Soesterberg, The Netherlands Kampweg 5, 3769 DE Soesterberg, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Royal Netherlands Airforce, Binckhorstlaan 135, 2516 BA The Hague, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))  This report describes the possibilities of a Virtual Environment Training System for the Stinger training of the Royal Netherlands Airforce. Subsequently a training analysis of the current Stinger training is carried out, the perceptual requirements are determined, a functional analysis is carried out followed by a discussion of technical bottle-necks and a proposed trainer configuration based on the DIS concept. Finally a number of high-priority bottle-necks technical as well as perceptive are identified that should be investigated by means of prototyping and experiments with three different variations in a follow-on study. This follow-on study should give a clear statement about the feasibility of a VE trainer and possible alternatives.		
16. DESCRIPTORS  Virtual Environments, Training Simulator	IDENTIFIERS  Stinger Training	
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited Distribution	17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd	

ONGERUBRICEERD

## Distributielijst

1. Bureau TNO Defensieonderzoek
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling\*)
3. HWO-KL\*)
4. HWO-KLu
5. HWO-KM\*)
6. HWO-CO\*)
7. t/m 9. KMA, Bibliotheek
10. DOPKLu/SOB/HB-LVD-S. t.a.v. Maj Th. G. Sanders
11. DMKLu/MWGTs, t.a.v. Kap J.F. v.d. Vate
12. DPKLu/AOPL/HOPL-2, t.a.v. Dr. W.F.S. Hylkema
13. DMKL/INFO/SIM t.a.v. P. de Haas
14. OC-LUA/Sie3 t.a.v. Maj M. van Zoelen
15. LAS/BO t.a.v. Maj G. van Keulen (wnd vz ACGOLM)
16. DCAKL/PB t.a.v. C. Zuurveld
17. HKKM, t.a.v. LKol MARNs J.J. Severs
18. OC-LUA, KLu Stinger instructieteam, t.a.v. SM H. Brand
19. OC-LUA, KLu Stinger instructieteam, t.a.v. SM A. Palma
20. Directie TNO-TM, t.a.v. Dr. ir. A. van Meeteren
21. TNO-TM, t.a.v. Dr. W.A. Lotens
22. TNO-TM, t.a.v. Dr. P.J. Werkhoven
23. TNO-TM, t.a.v. Dr. Y.F. Bamard
24. TNO-TM, t.a.v. Dr. F.L. Kooi
25. TNO-TM, t.a.v. Dr. J.B.J. Riemersma
26. Directie TNO-FEL, t.a.v. Dr. J.W. Maas
27. Directie TNO-FEL, t.a.v. Ir. J.A. Vogel, daarna reserve
28. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan M&P\*)
29. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. J. Bruin
30. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. R.C. van Rijnsoever
31. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. P. Veenstra
32. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Dr. ir. H. Kuiper
33. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Drs. A.H. van der Hulst
34. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Dr. G.J. Jense
35. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. F. Kuijper
36. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ing. D.J. Coetsier
37. Documentatie TNO-FEL
- 38 t/m 42. Reserve

TNO-PML, Bibliotheek\*\*)

TNO-TM, Bibliotheek\*\*)

TNO-FEL, Bibliotheek\*\*)

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.

\*) Beperkt rapport (titelblad, managementuitreksel, RDP en distributielijst).

\*\*) RDP.