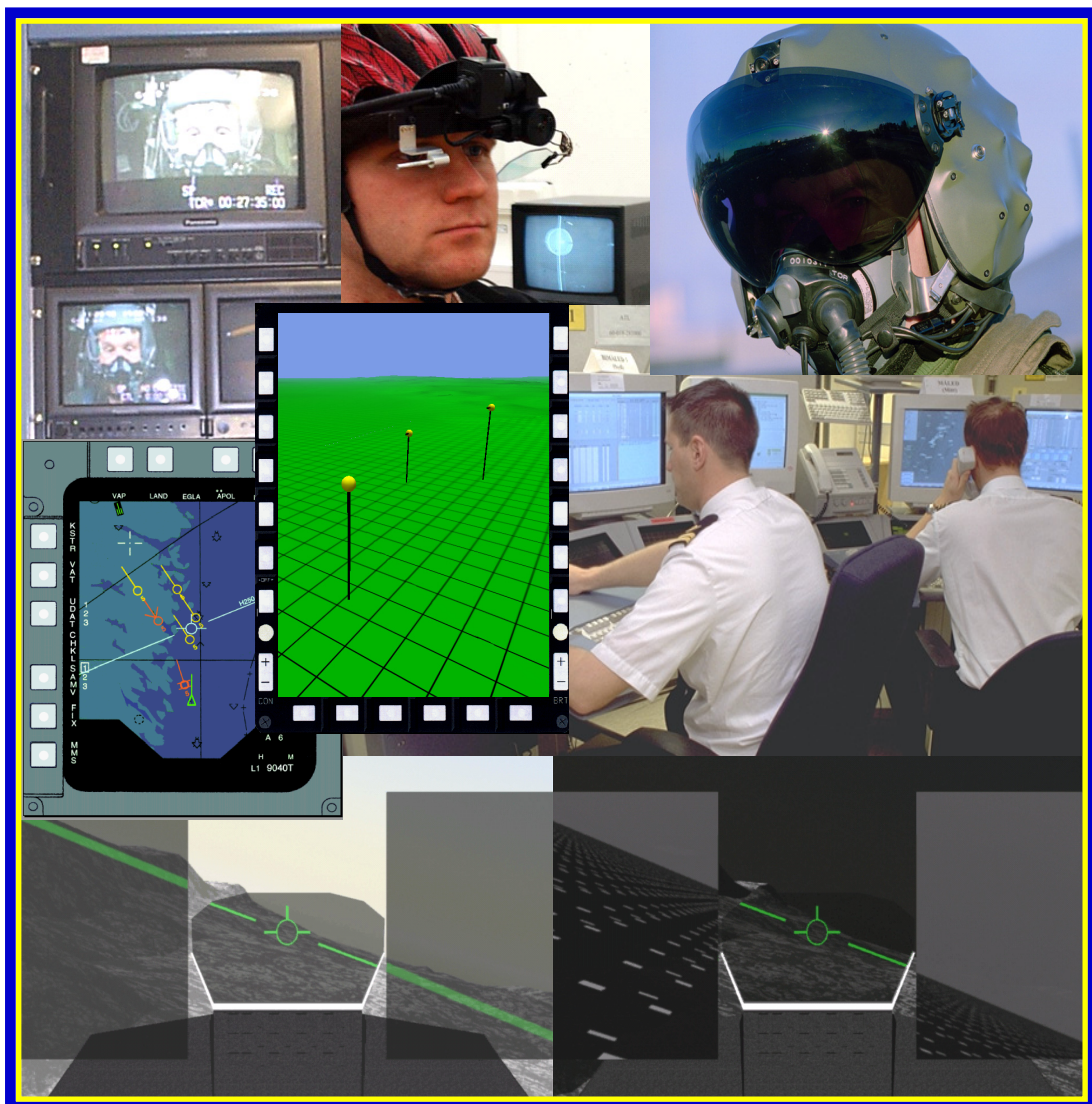


Red. Lars Eriksson

# Informationspresentation under belastning



Slutrapport E7053

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Ledningssystem

Box 1165

581 11 Linköping

FOI-R--1095--SE

December 2003

ISSN 1650-1942

**Användarrapport**

Red. Lars Eriksson

# Informationspresentation under belastning

<b>Utgivare</b> Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--1095--SE	<b>Klassificering</b> Användarrapport
	<b>Forskningsområde</b> 8. Människan i totalförsvaret	
	<b>Månad, år</b> December 2003	<b>Projektnummer</b> E7053
	<b>Verksamhetsgren</b> 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	<b>Delområde</b> 81 MSI med fysiologi	
<b>Författare/redaktör</b> Red. Lars Eriksson	<b>Projektledare</b> Lars Eriksson	
	<b>Godkänd av</b> Erland Svensson	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> Försvarsmakten	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Alfredson Jens, Derefeldt Gunilla, Eriksson Lars, Lif Patrik	
<b>Rapportens titel</b> Informationspresentation under belastning		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> <p>Verksamhet i projektet har pågått mellan 2001-01-01 och 2003-12-31. Syftet var att studera och utveckla metoder och tekniker avsedda för människa-system-interaktion (MSI) för förbättring av operatörs interaktion med system/systemgränssnitt. Av central betydelse var operatörens visuella perception, liksom utvärdering och anpassning av informationspresentationen utifrån operatörens situationsberoende förmågor. Projektverksamheten har i huvudsak varit kunskapsuppbyggande med inriktning mot framtida implementering av operatörsstöd. Kunskapsavtappning har främst involverat redan implementerad teknik.</p> <p>Frågeställningar inom huvudsakligen sex aktivitetsområden har behandlats, med merparten primärt fokuserande flygföraren och flygförarens miljö. De sex aktivitetsområden var (1) Färgseende under G-belastning, (2) Artificiell horisont och visuellt flöde, (3) Perspektivpresentation, (4) MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser, (5) Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser, och (6) MSI-utvärderingsmetodik.</p> <p>Rapporten redovisar kortfattat frågeställningar och syften, ger en översikt av metoder, resultat och slutsatser samt diskuterar sammanfattande råd och riktlinjer. Den samlade produktproduktionen redovisas.</p>		
<b>Nyckelord</b> Informationspresentation, MSI, visuella gränssnitt, färgkodning, färgseende, spatial desorientering, visuellt flöde, G-belastning, 3D perspektiv presentation, blickriktning, ögonrörelser, MSI-utvärdering, systemutveckling		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 33	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--1095--SE	<b>Report type</b> User report
	<b>Programme Areas</b> 8. Human Systems	
	<b>Month year</b> December 2003	<b>Project no.</b> E7053
	<b>General Research Areas</b> 5. Commissioned Research	
	<b>Subcategories</b> 81 Human Factors and Physiology	
<b>Author/s (editor/s)</b> Ed. Lars Eriksson	<b>Project manager</b> Lars Eriksson	
	<b>Approved by</b> Erland Svensson	
	<b>Sponsoring agency</b> Swedish Armed Forces	
	<b>Scientifically and technically responsible</b> Alfredson Jens, Derefeldt Gunilla, Eriksson Lars, Lif Patrik	
<b>Report title (In translation)</b> Information presentation during load		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> <p>The project activities were performed between 2001-01-01 and 2003-12-31. The purpose was to study and develop methods and techniques intended for man-system-interaction (MSI) to enhance operator interaction with systems/systems interfaces. Of central importance was the operator's visual perception, as well as evaluation and adjustment of the presented information as determined by the operator's situation-dependent abilities. The project activities had a primarily knowledge building basis with focus on future operator supports implementation. Research implementation foremost involved already employed techniques.</p> <p>Research issues within primarily six areas of activities were addressed, with the most part focusing on the pilot and pilot environment. The six areas of activities were (1) Colour vision during G-load, (2) Artificial horizon and visual flow, (3) Perspective presentation, (4) MSI-evaluation with registration of eye-point of gaze and eye movements, (5) Visualization for presentation in simulators and at command sites, and (6) MSI-evaluation methodology.</p> <p>The report briefly presents research issues and purposes, provides an overview of methods, results and conclusions, and discusses summarizing recommendations and guidelines. The overall production of the project is reported.</p>		
<b>Keywords</b> Information presentation, MSI, visual interfaces, colour coding, colour vision, spatial disorientation, visual flow, G-load, 3D-perspective presentation, eye-point of gaze, eye movements, MSI-evaluation, system development		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 33	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	

1. INLEDNING .....	5
1.1 Nutida och framtida presentationstekniker och operatörsstöd .....	5
1.2 Aktivitetsområden med frågeställningar och syfte .....	6
1.2.1 Färgseende under G-belastning .....	6
1.2.2 Artificiell horisont och visuellt flöde .....	7
1.2.3 Perspektivpresentation .....	9
1.2.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser .....	10
1.2.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser .....	10
1.2.6 MSI-utvärderingsmetodik .....	11
2. GENOMFÖRDA AKTIVITETER .....	12
2.1 Studier: Översikt av metoder, resultat och slutsatser .....	12
2.1.1 Färgseende under G-belastning .....	12
2.1.2 Artificiell horisont och visuellt flöde .....	14
2.1.3 Perspektivpresentation .....	17
2.1.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser .....	20
2.1.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser .....	21
2.1.6 MSI-utvärderingsmetodik .....	22
2.2 Övrigt .....	22
2.2.1 Övriga aktiviteter .....	22
2.2.2 Nationella och internationella kontakter .....	24
3. DISKUSSION .....	26
3.1 Råd och riktlinjer .....	26
3.1.1 Färgseende under G-belastning .....	26
3.1.2 Artificiell horisont och visuellt flöde .....	26
3.1.3 Perspektivpresentation .....	28
3.1.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser .....	28
3.1.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser .....	28
3.1.6 MSI-utvärderingsmetodik .....	29
3.2 Totalförsvarsnytta och framtida verksamhet .....	30
4. PRODUKTION .....	31
4.1 Rapporter .....	31
4.2 Vetenskapliga tidskriftsartiklar .....	31
4.3 Konferensbidrag .....	31
4.4 Demonstratorer .....	32
4.5 Manuskript under tryckning eller bearbetning .....	32
4.6 Handledda examensarbeten .....	33
4.7 Övrigt .....	33

# 1. INLEDNING

Verksamhet i projekt "Informationspresentation under belastning" har pågått mellan 2001-01-01 och 2003-12-31. Syftet med projektet var att studera och utveckla metoder och tekniker avsedda för människa-system-interaktion (MSI), med det övergripande målet att förse Totalförsvaret med kunskap inom området informationspresentation. Verksamheten ger underlag för att medverka till förbättring av operatörers interaktion med system/system-gränssnitt där belastningsreducering, handlingseffektivitet och effektiva beslutsunderlag är ledord.

Operatörens visuella perception är av central betydelse, liksom utvärdering och anpassning av informationspresentationen till operatörers mer eller mindre situationsberoende förmågor. Projektverksamheten har i huvudsak varit kunskapsuppbyggande med inriktning mot framtida implementering av operatörsstöd, och kunskapsavtappning har främst involverat redan implementerad teknik.

Projektet har samverkat med Nationellt Flygtekniskt Forskningsprogram (NFFP) och några frågeställningar är därför gemensamma med delprojekt inom NFFP.

## 1.1 Nutida och framtida presentationstekniker och operatörsstöd

Banbrytande tekniska framsteg skapar nya möjligheter och utvecklingsvägar varav en del är svåra att förutse. Principlösningar för tekniska produkter vi kan effektivt använda bygger dock inte på en s.k. "isolerad" tekniskt driven utveckling. Kunskap om människans fundamentala apparatur har i många fall funnits långt innan, och ibland varit tongivande för, vissa delar av teknologiska framsteg. Hur man nu än vill polarisera och spetsa till eller nyansera detta, är det åtminstone så att tvärvetenskaplig kunskap och medvetenhet ofta utgör en behövlig katalysator för början av expeditionen fram till användbart effektiva principlösningar för tekniska produkter.

Färg-TV, datormonitor, storbildskärm, stereoskopisk display, virtuell retinal display (VRD), 3D-audio display, taktill display eller integrerat multimodal display, kapitaliserar på hur människans apparatur fungerar. Dessa tekniska produkter, presentationstekniker eller om man så vill operatörsstöd, fungerar givetvis p.g.a. att den tekniska funktionens gränssnitt gentemot oss är i resonans med våra perceptuella mekanismer. Utvecklingen som leder fram till produkterna har på multipla nivåer drivits och drivs av forskning om både mänsklig och teknisk funktion, och den reciproka stimulansen dem emellan är nog inte alltid tillräckligt uppskattad.

Vanligen bedrivs forskningen inom psykologi, människa-maskin-/människa-system-interaktion eller "Human Factors" med verksamheter karakteriserade som mindre banbrytande. Denna forskning ger inte desto mindre grunden för många nivåer av anpassning av teknik och system till människans förutsättningar och begränsningar. En distinktion i sammanhanget berör användningen av begreppet "display" och anpassning av displayinformation. Med "display" avses ofta själva hårdvaran eller tekniska produkten, men avser också den information som presenteras på exempelvis bildytan. Anpassningen av displayinformationen som ger möjligheten till stereoskopisk presentation är tydligt förknippat med den tekniska funktionen av hårdvara och mjukvara, till skillnad från anpassning av det man stereoskopiskt presenterar (innehållet).

"Display" och "display" kan därför beteckna skilda funktioner, men som givetvis är besläktade inte minst p.g.a. att "teknisk egenskap" visavi "gränssnittsnehåll" inte alltid är enkelt avgränsade. I dess mer avgränsade mening kan dock distinktionen användas för att någorlunda tydligt förmedla värdet av "prototyplösningar" eller "analoglösningar" avsedda för

implementering när teknisk funktion är redo. Analogilösningar används bl.a. i simulatorer från "low-fidelity", eller "low-end", till "high-fidelity", eller "high-end", när man utprövar ny teknik och nya gränssnittslösningar. Nya koncept- eller principlösningar som inte är mogna att fullt ut implementeras, eftersom tekniska produkters funktioner inte är fullt ut mogna, prövas därmed. Fördelarna är att man påskyndar och säkrar utprovning, tillpassning och utveckling samt i förlängningen implementering.

Ett område med relativt tydligt inriktad utveckling sedan lång tid tillbaka är det som berör visuella displayer. Plattforminstallerade och hjälmmonterade displayer (HMD) förbättras alltmer bl.a. med avseende på bildytans storlek och spatial upplösning. Prototyper för "Panoramic Night Vision Goggles" (PNVG – US Air Force) har redan idag i hög grad testats under flygning med generellt goda bedömningar i olika avseenden. Inte minst flygförarna klassar den utökade displaystorleken till ungefär 100° horisontellt x 40° vertikalt givet av PNVG som ett väsentligt genomslag på flygsystemets totala prestanda. I samband med förbättring av andra typer av HMD sker också förbättringar av "head-tracker system" med både spatial och temporal upplösning i fokus. Viktiga aspekter är också olika typer av sensorer, bl.a. avsedda för detektion, identifiering och vapenstyrning, vilka förfinas och integreras i olika system inklusive displayer.

Blickriktningsregistrering är också ett område för avancerat operatörsstöd, med stor potential för utveckling genom kombinerad med andra tekniker som öppnar nya möjligheter till adaptiv automation och interaktion. I sammanhanget kan nämnas att Totalförsvaret kommer efter framgångsrik anpassning till nätverksbaserat försvar (NBF) att få kraftfulla interaktionsmöjligheter. Genom att kombinera blickriktningsregistrering, andra tekniker för registrering av operatörsstatus och olika presentationstekniker kan dessa interaktionsmöjligheter bättre utnyttjas.

Operatörsstöd har fokuserats på den visuella modaliteten. Operatörsstöd som bygger på andra modaliteter och multimodal integrering är en annan utvecklingstrend. Utvecklingen av taktiska displayer och 3D-audio med integrerade visuella stöd öppnar stora möjligheter för att avhängigt plattformstyp och uppdragsmoment specifikt anpassa operatörsstöd.

## **1.2 Aktivitetsområden med frågeställningar och syfte**

Frågeställningar inom huvudsakligen sex aktivitetsområden har behandlats, med merparten primärt fokuserande flygföraren och flygförarens miljö. Några delar har dock viss tillämpbarhet i marina och markbundna miljöer samt viss relevans för operatörsplatsutformning vid kontroll/styrning av obemannade farkoster.

Dessa sex aktivitetsområden är (1) Färgseende under G-belastning<sup>1</sup>, (2) Artificiell horisont och visuellt flöde, (3) Perspektivpresentation, (4) MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser, (5) Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser, och (6) MSI-utvärderingsmetodik.

### **1.2.1 Färgseende under G-belastning**

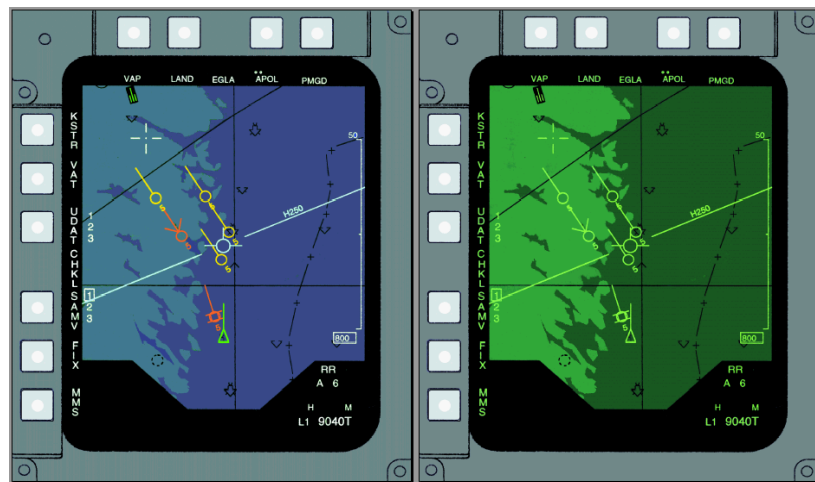
Flygmanövrer och hög acceleration påverkar flygförarens allmänna kapacitet inklusive visuella perception. Höga G-krafter i +Gz-riktning (huvud till fot) orsakar reducerat blodtryck och blodflöde i näthinna och hjärna vilket försämrar den visuella kapaciteten. Generellt kan symptomen beskrivas som försämring eller förlust av det perifera synfältet, "gray-out", med

---

<sup>1</sup> I rapporten görs distinktionen mellan stabilt normal tyngdkraft och inducerade tyngdkraftsberoende krafter genom beteckningarna "g" respektive "G". ("g" egentligen normal tyngdkraftsacceleration om 9,81 m/s<sup>2</sup>. "G" avser resulterad "Gravitoinertial force – GIF".)

en ökande synfältsförlust till komplett synbortfall, "black-out", och snabbt därpå följande medvetlöshet ("G-induced Loss of Consciousness – G-LOC").

I moderna stridsflygplan används färgkodad information på displayer i cockpit för att effektivisera bl.a. avsökning, gruppering och inhämtning av information. Se exempel i Figur 1. Flera typer av hjälmonterad display (HMD) kommer även de att ha färgkodad information. Fastän det finns kunskap om försämring av bl.a. synskärpa och kontrastkänslighet effekter av ökad G-belastning, är kunskapen om G-belastningens inverkan på färguppfattning bristfällig och vidare utredning behövs.



**Figur 1.** Exempel på display i cockpit: Färgkodad resp. monokrom Taktisk Indikator (TI).

Den grundläggande frågeställningen var således hur ökad G-belastning påverkar vår mekanism för färguppfattning, med syftet att ge underlag för tillförlitlig och robust färgkodning av displayinformation i stridsflygplan.

Flera studier utfördes före 2001 och som fortsättning på aktivitetsområdet analyserades och avrapporterades detta delvis inom föreliggande projekts ramar.

### 1.2.2 Artificiell horisont och visuellt flöde

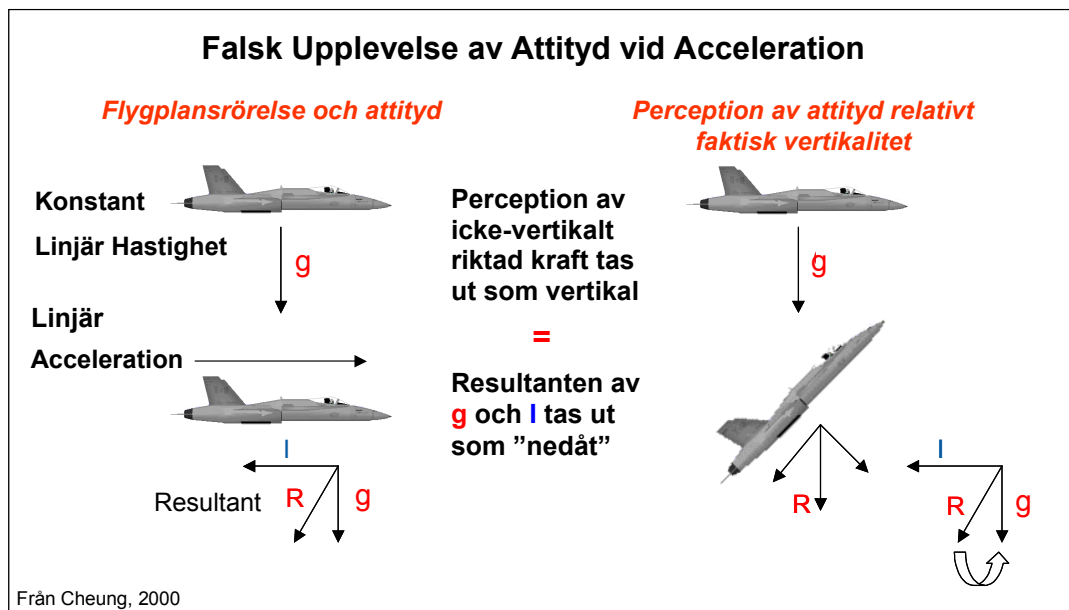
I ett internationellt perspektiv är flygolyckor och incidenter med spatialt desorienterade flygförare som förklaringsbakgrund ett relativt konstant fenomen trots ihärdiga åtgärder i form av förbättringar av gränssnitt, systemteknik och träning.

Vårt grundläggande orienteringssystem bestäms framförallt av information utifrån visuella, somatosensoriska, och vestibulära (balanssinne) signalprocesser. Balanssinnet utgår ifrån att g-kraften är stabilt riktad vertikalt. Somatosensorisk information, genererat exempelvis från tryckreceptorer i huden, baseras även den till stor del på tyngdkraftens riktning. I flygsituationen ändras dock "tyngdkraftsriktning" med flygplanets acceleration och andra rörelser. Figur 2 illustrerar bakgrunden till potentiell generering av en spatialt desorienterande situation.

Detta medför att den enda egentligt tillförlitliga spatiala informationen flygföraren har att tillgå är den visuella omgivningen utanför planet och den information flyginstrumenten förmedlar. Den visuella information som normalt förmedlas vid "omvärldsutblick" med horisont och markyta är starkt stabiliserande för flygförarens spatiala orientering. Vid dålig sikt, begränsad information från utblick, dominerar somatosensorisk och vestibulär sinnesinformation den spatiala orienteringen och ger ofta förrädiskt farliga illusioner. Speciellt när den visuella



referensramen försämras kraftigt eller är helt frånvarande som i dimma och mörker kan därför problem uppstå med den upplevda spatiala orienteringen eftersom G-kraften kommer att dominera orienteringsuppfattningen.



**Figur 2.** Schematisk illustration av hur falsk perception av attityd genereras av resultatanten av inducerad acceleration  $l$  och  $g$  (anpassad efter Cheung, 2000<sup>2</sup>). Det är framförallt funktionen hos balanssensinets otoliter som genererar den perceptuella illusionen eftersom dessa inte kan särskilja  $g$ -kraft från acceleration.

Visuella hjälpmedel – displayer och andra flyginstrument – som är tänkta att ge ett effektivt stöd även vid dålig sikt har till allra största del koncentrerats på presentation som kräver visuell fokusering (centralt och fovealt seende). Detta har tyvärr visat sig vara otillräckligt för att reducera olycksfallsfrekvensen. Olyckor inträffar speciellt då flygföraren är okoncentrerad eller tvingad fatta beslut under tidspress. I dessa situationer finns större tendens att följa den spontana, mer direkt givna, orienteringsuppfattningen som då inte är tillförlitlig.

Objektsperception och perception av spatial orientering via synen skiljer sig åt i flera avseenden. Medan objektsperception framförallt är koncentrerad till synfältets mitt och kräver fokuserad uppmärksamhet så är perception av spatial orientering främst baserad på perifera synfältet och relativt oberoende av uppmärksamhetsinriktning. Dessa fakta argumenterar för att presentera spatial information företrädesvis i det perifera synfältet. Detta skulle inte konkurrera med flygförarens övriga visuella uppgifter eftersom dessa försiggår i centrala synfältet. Det skulle heller inte konkurrera om flygförarens uppmärksamhet utan troligen t.o.m. minska den mentala arbetsbelastningen.

Utmaningen är att utveckla visuella displayer som reducerar  $G$ -kraftens tendens att dominera orienteringsuppfattningen framförallt i situationer med dålig sikt och samtidigt förser flygföraren med en pålitlig spatial referensram för manövrering.

Några grundläggande förutsättningar för detta har studerats i laboriemiljö. Grundtanken har varit att undersöka varianter av visuellt gränssnitt som i analogi med flygsituationen via displayer förmedlar en artificiell horisont som överensstämmer med den verkliga och ett visuellt flöde som definierar markytan under flygplanet. Visuellt flöde utgörs generellt av den

<sup>2</sup> Cheung, B. (2000). Non-visual spatial orientation mechanisms. Presented at Recent Trends in Spatial Disorientation Conference, San Antonio, TX, USA, 15 November. (No known Proceedings.)

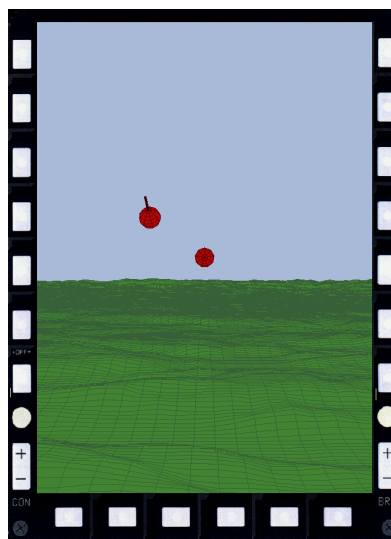
visuella rörelseinformation som objekt och texturelement förmedlar genom ändrade positioner i synfältet vid egenrörelse (eller när omgivningen rör sig). Flertalet tidigare studier har på olika sätt påvisat visuella flödets potential att undertrycka informationen från somatosensorik och balanssinne.

Syftet har varit att undersöka potentialen för sådana visuella displayers effektivitet i att dominera orienteringsuppfattningen vid olika displayformat.

### 1.2.3 Perspektivpresentation

En av de viktigare displayerna i ett stridsflygplans cockpit är Taktisk Indikator (TI). TI är en s.k. "Head Down Display" (HDD) vilket refererar till att flygföraren måste titta ner i cockpit för att avläsa den presenterade informationen. Informationen består av geografisk karta, flygposition, inmäta mål, vänner och fiender etc., allt färgkodat och presenterat i 2D-format (se Figur 1).

Informationen på TI skulle kunna presenteras i det 3D-format som ges av perspektivinformation. (I analogi kan man notera att vissa flygplanstyper använder exempelvis infraröd kamerabild av omgivningen vilket ger en sorts 3D-format.) Figur 3 illustrerar perspektivpresentation på TI. 2D-formatet skulle antingen helt bytas ut eller utnyttjas enbart som tilläggsalternativ för specifika situationer, varför ett alternativ vore att ha möjlighet till växling mellan 2D och perspektivdefinierad 3D utifrån operativ användbarhet i flygsituationen.



**Figur 3.** Exempel på perspektivpresentation på TI med egensymbol centralt, målsymbol till vänster och perspektivförstärkande rutnät på mark.

En rad frågeställningar är förknippade med användandet av ett sådant 3D-format på TI. Vilka är de perceptuellt kritiska faktorerna för informationstolkningen? Hur ska 3D-symboler användas? Hur ska perspektivinformationen utformas för att under dynamiska förhållanden ge effektivt stöd? Vilka krav ställs för att optimera bedömning av riktning till målobjekts position i 3D?

Ett urval av sådana frågeställningar har studerats i laboratoriemiljö för såväl statisk som dynamisk presentation, i syfte att utröna utformningsfaktorer kritiska för effektiv informations-tolkning och situationsmedvetande.

#### **1.2.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser**

Att flyga ett stridsflygplan är visuellt krävande. För att förstå interaktionen mellan flygföraren och flygsystemet behöver vi därför förstå vad och hur flygföraren ser. Sökmönster, blickriktning och ögonrörelser kan säga mycket om de visuella kraven, och kan även användas för att få reda på flygförarens mentala status med avseende på mental arbetsbelastning och situationsmedvetande.

Blickregistrering kan användas både i utvärderingsändamål och som stöd för interaktion med simulator eller faktiskt system. Några exempel på användning är därför vid MSI-utvärdering, "explicit styrning" genom blickstyrning, och "implicit styrning" genom adaptiv automation. Exempel på adaptiv automation är att flygförarens mentala status ger indata till flygsystemet som avgör anpassning av presenterad information visavi uppdragsmoment.

På senare år har flera tekniker inom området för blickregistrering och ögonrörelser förädlats, varför det var aktuellt att studera deras nytta för MSI-utvärdering. Frågeställningar behandlade i verksamheten är relaterade till:

- De tekniska möjligheterna hos system för registrering av blickpunkt och ögonrörelser för MSI-utvärdering
- Ytterligare kartläggning av blickbeteende hos flygförare som underlag för framtida systemutveckling

För att kunna utveckla system för bl.a. adaptiv automation, behöver vi väl förstå flygförarens generella regulariteter och individuella skillnader i visuellt beteende.

#### **1.2.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser**

Visualisering är en alltmer viktig del av applikationer och aktiviteter inom såväl civila som militära verksamheter. Simulatorer ska effektivt återge och betona prioriterat viktiga fenomen och händelseförlopp, vilket även är viktiga grunder för presentation vid ledningsplatser. Visualisering involverar inte bara utformning med betoning på realism utan även olika nivåer av abstrakt representation.

En aspekt av visualisering i flygsimulatorer är G-belastningens inverkan på den visuella kapaciteten. Om man inkluderar simulering av degraderat seende som funktion av +Gz-belastning kan man öka realismen i simuleringen och eventuellt förbättra träningseffekter då simuleringens anpassning till individuella G-toleransnivåer är en möjlighet. En frågeställning var hur COTS-produkter ("Commercials Off The Shelf") kunde användas för att demonstrera detta, i syfte att utreda hur väl enkla/billiga komponenter kan tänkas lösa denna aspekt av visualiseringen.

En annan frågeställning berörde användning av visir på HMD som ger visuella filtereffekter och hur detta simuleras på displayer av typerna CRT och LCD. Ett exempel är hur visir med laserskydd ändrar den till ögat mottagna spektralfördelningen och därmed även uppfattade färger. Hur utnyttjas beräkningsmodellerna i simuleringar av filtereffekter för att motverka filtereffekterna? Grundtanken är att korrigerig av färgpresentationen utifrån filteregenskaperna motverkar eller reducerar dessa färgförändringar, med syftet att uppnå robust färgkodning och bibehållen effektiv informationsöverföring.

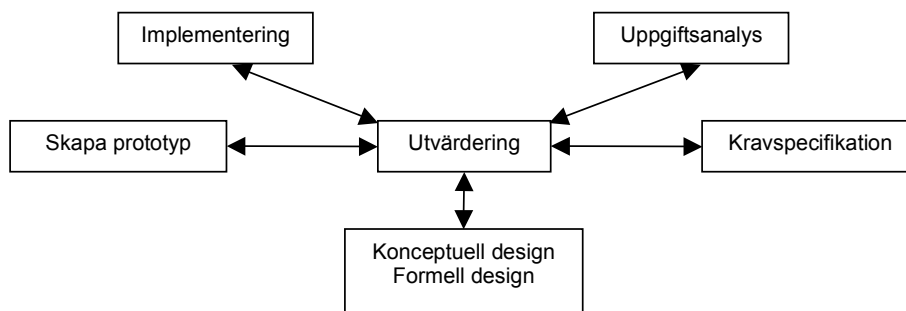
En tredje undersökning behandlade mer konceptuella aspekter av information. För visualisering vid exempelvis ledningsplatser är det naturligtvis viktigt vilken information som representeras och hur. En introduktion till representationsdesign med praktisk tillämpning togs fram med avseende på detta.

Med anknytning till tillförlitlig och robust färgkodning har dessutom kognitiva aspekter av färgkodning och uppfattning av färg i perifert synfält studerats.

### 1.2.6 MSI-utvärderingsmetodik

I systemutvecklingsprocesser bör, eller måste, MSI-utvärderingar med avseende på användbarhet göras. Av vikt är att understryka hur metodiskt användbarhetsarbete på sikt sannolikt ger billigare system genom reducerad risk för både katastrofala olyckor och produkter ingen efterfrågar. Om system skall bli användbara för oss måste de naturligtvis utvecklas utifrån människans förutsättningar och begränsningar. Förståelsen av hur människan fungerar bygger på kunskap om grundläggande psykologiska begrepp, såsom perception, uppmärksamhet, minne, mentala modeller, beslutsfattande, mental arbetsbelastning och situationsmedvetande etc.

Det finns dock ett stort antal varianter av metoder att tillgå. För en beställare av utvärdering är det inte problemfritt att efterfråga någorlunda rätt anpassad utvärdering utifrån den nivå systemutvecklingen befinner sig på. Förutom rätt anpassad utvärdering är det bl.a. viktigt att inse den iterativa process som utvärderingarna bör följa, vilket inte bara har effekter på förväntat resultat utan även på hur omfattande beställningar bör vara i relation till önskat slutresultat. Se schematiskt exempel på iterativ systemutvecklingsmodell i Figur 3.



**Figur 3.** Schematisk beskrivning av "Star life cycle", en iterativ designmodell med utvärderingar i centrum (anpassad efter Preece m.fl., 1994<sup>3</sup>).

En metodrapport producerades därför i syfte att tillhandahålla en allmän orientering om och översikt av vanligt förekommande MSI-utvärderingsmetodik. Dessutom inkluderades ett förslag till grundstruktur för granskningsformulär för MSI-utvärdering. Ett fullt ut realiserat granskningsformulär har potential att bli ett signifikant stöd i systemutvecklingsprocessen.

<sup>3</sup> Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., & Carey, T. (1994). *Human-Computer Interaction*. Wokingham: Addison-Wesley. Figuren presenterad i Oskarsson, P-A. (2002). *Översikt över metodik för MSI-utvärdering vid systemutveckling*. Metodrapport. FOI-R--0583--SE.

## 2. GENOMFÖRDA AKTIVITETER

Projektets genomförda aktiviteter har en stor spännvidd. De mer huvudsakliga tas upp här. Den centrala verksamheten berör utvärderingar och experiment och övriga aktiviteter är bl.a. litteraturstudier, workshop-/konferensdeltagande med nationella och internationella kontakter samt rådgivande utlåtanden.

### 2.1 Studier: Översikt av metoder, resultat och slutsatser

Nedan ges en översikt av använda metoder, erhållna resultat och dragna slutsatser för respektive aktivitetsområde. För mer utförlig information inklusive externa vetenskapliga referenser hänvisas till de rapporter, artiklar, konferensbidrag och övrigt som producerats (se avsnitt 4. Produktion).

#### 2.1.1 Färgseende under G-belastning

Den analyserade och avrapporterade studien berörde operativt realistiska belastningar med snabb tillväxt i humancentrifug (Balldin, Derefeldt, Eriksson, Werchan, Andersson, & Yates, 2003). Försökspersonerna bar G-skyddsdräkt enligt US Air Force standardmodell och tilläts göra krystningsmanövrer, i syfte att ge de experimentella betingelserna hög realism ur operativt perspektiv.

Studien genomfördes vid Brooks Air Force Base i San Antonio, Texas. Figur 4 visar den använda humancentrifugen. Tio manliga deltagare från flygbasens pool av försökspersoner deltog. Samtliga hade stor erfarenhet av studier i humancentrifug och noggranna färgsinnesundersökningar utfördes som kontroll för normalt färgseende.

G-belastningar om 1g, +3, +5, +7 och +9Gz med G-tillväxt om +6 Gz/s användes. Färgstimuli utgjordes av de fyra medelmättade kromatiska färgerna gult, rött, blått och grönt samt en neutralt grå färg. Alla fem färgstimuli upptog synvinkelstorleken  $2^\circ \times 2^\circ$ , och presenterades mot en neutralt grå bakgrund. Färgerna var valda så att de väl motsvarade lägena för "Boyntons primärfärger" i färgrymden, vilka utgörs av färger man sällan förväxlar. Större storlekar än normalt för symboler i siktlinjesindikatorer eller taktiska indikatorer användes i syfte att ge optimala betingelser för att kunna dra slutsatser av färguppfattning utifrån det foveala seendet under hög Gz-belastning.

Färgstimuli genererades med en dator placerad inuti humancentrifugens gondol och kontrollerades utifrån. En LCD-projektor projicerade färgstimuli på en skärm framför observatören i gondolen och en infraröd kamera övervakade observatörerna. Alla bedömningar gjordes utifrån hur observatörerna subjektivt uppfattade de olika presenterade färgerna utifrån en grafisk representation av en kulörtoncirkel. Se Figur 5.

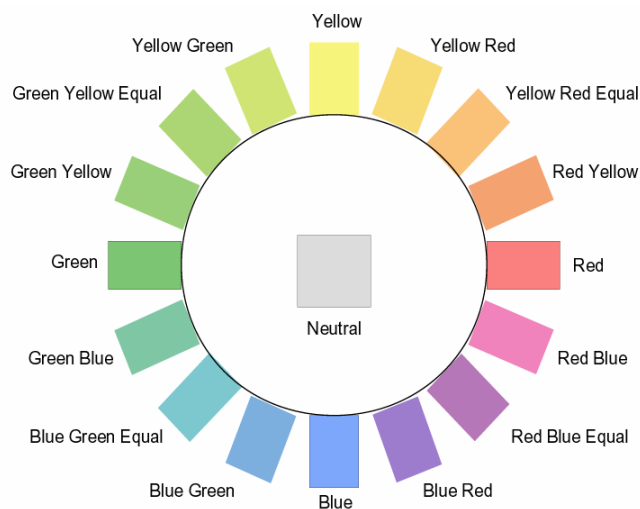
Observatörerna gav sitt svar utifrån dessa fasta svarsalternativ, som inlärdes före experimentet och som alla var antingen en unik kulörton (gult, rött, blått eller grönt) eller någon kombination av två av de unika kulörtonerna. T.ex. gul-rött (gul komponent dominerande), blå-rött (blå komponent dominerande), grön-gult (grön komponent dominerande). I de fall ingen komponent kunde uppfattas som dominerande utan uppfattades som t.ex. lika gul som rött var svarsalternativet "gul-rött lika". Metoden är väl använd för att bedöma färgförändringar.

Totalt genomfördes 60 +Gz-exponeringar fördelade på tre dagar, där varje deltagare exponerades för 20 belastningar per dag i fem serier bestående av 10 sekunders perioder vid +3, +5, +7, och +9 Gz. Varje färgstimulus presenterades en gång per G-nivå och dag för varje observatör. Dvs. varje observatör utvärderade alla färgstimuli på alla G-nivåer en gång

per dag. Före och efter G-exponeringarna bedömdes även färgstimuli under 1g i gondolen. Totalt utfördes 2400 färgbedömningar.



**Figur 4.** Humancentrifugen vid Brooks Air Force Base med insidan av gondol med sittplats och exempel på kamerabild av försöksperson presenterat i kontrollrum.



**Figur 5.** Grafisk representation av kulörtoner. Primära färgerna gul, röd, blå och grön presenterade klockan 12, 3, 6 respektive 9.

Under maximalt 10 s eller till dess att kriterium på förlust av seende erhållits bibehålls respektive Gz-nivå. Kriterium för förlust av seende var 100 % förlust av perifert seende och/eller 50% förlust av centralt seende. Muskel- och andningsmanövrer tilläts om nödvändiga för att undvika "black-out" och "G-LOC". Viloperioder användes om 2 minuter vid 1g mellan löpor med extra tid efter varje serie med fyra G-exponeringar om totalt 10 minuter vid 1g.

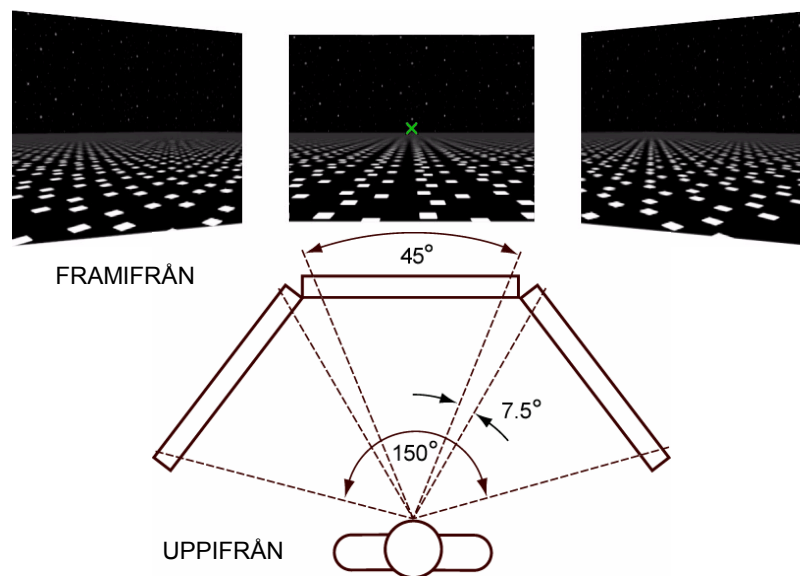
Resultaten visar att vid 96,6% av alla svaren var rätt färg angiven. Färgförändringar rapporterades vid 7,7% av svaren vid +9 Gz. Gul färg gav den mest frekvent uppfattade färgförändringen; 11% och 16% vid belastningarna +7 respektive +9 Gz. Färgförändringar förekom i samma utsträckning som "black-out" och "G-LOC" tillsammans. Statistiska analyser visade inte på några signifikanta G-belastningseffekter på färguppfattning.

Slutsatsen är att den absoluta identifieringen av de använda färgstimuli var stabil och inte signifikant påverkad av G-belastningarna.

### 2.1.2 Artificiell horisont och visuellt flöde

Visuella displayer kan utprövas i miljö som liksom flygsituationen medför en föränderlig G-kraft genom att mäta styrkan av olika visuella faktors stabiliserande effekter på upplevd spatial orientering. Även om denna metod närmast efterliknar flygsituationen är den dock både dyr och otymplig.

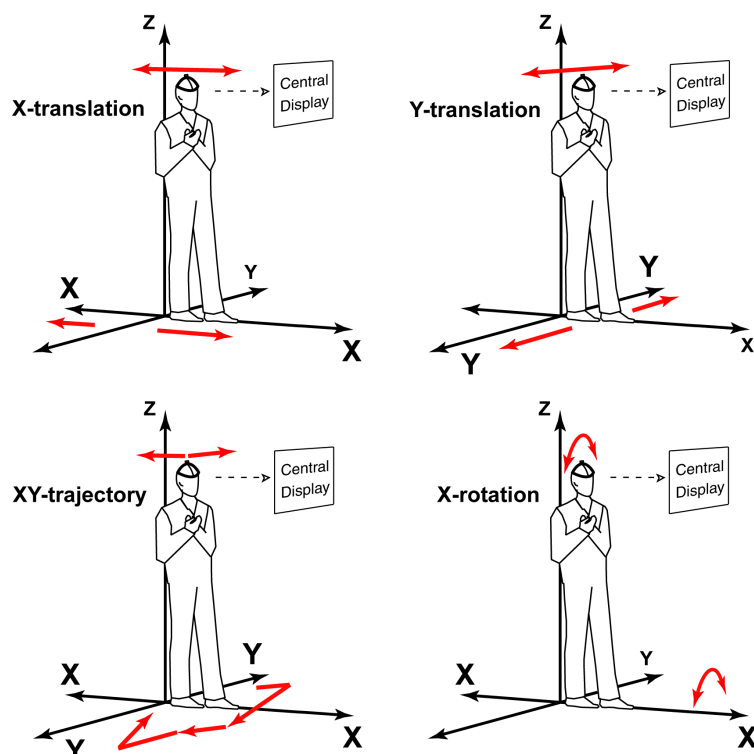
Initialt kan istället effekterna av displayfaktorer utprövas i en situation där g-kraften är konstant med den visuella miljön föränderlig med varierat horisontläge. Grunden för detta är en laboratoriebaserad experimentell miljö med integrerade datormonitorer som gör det möjligt att presentera en datoranimerad värld med texturerad markyta och horisont långt ut i det perifera synfältet. Se exempel i Figur 6.



**Figur 6.** Illustration av integrerade bildskärmar med markyta och horisont presenterat framifrån och presentationens täckta synfält sett uppfifrån.

Det som bl.a. simuleras vid presentationen är flygning över plan terräng med bank- och rollmanövrer, vilket genererar ett visuellt flöde och variation av visuellt horisontläge. Displayfaktorernas effektivitet att påverka spatial orientering i denna situation indikeras av flera mått på försökspersonernas balanshållningsresponser som beräknas utifrån registrering av huvudpositioner givet av ett "head-tracker" system. Figur 7 illustrerar dessa mått.

Responser i balanshållningen – eller kroppssvaj – reflekterar dominansen av de visuella faktorerna i undertryckningen av somatosensorik och balanssinne. Inducering av ökat kroppssvaj är således förknippat med ökad displayeffektivitet. M.a.o. ju större kroppssvaj desto bättre resonans mellan den visuella presentationen och uppfattningen av spatial orientering.



**Figur 7.** Illustration av använda mått på visuellt inducerad instabilitet: Translation i X-led, translation i Y-led, translationsbana i XY-plan och rotation runt X-axel.

En studie om tre experiment utfördes innan 2001, och två av dessa experiment avrapporterades inom ramen för föreliggande projekt (Eriksson & von Hofsten, 2002a, b, c; 2003b). Ytterligare två studier genomfördes om två respektive tre experiment (Eriksson, 2003; Eriksson & von Hofsten, 2003a; Eriksson, Johansson, & von Hofsten, 2003; Eriksson, Undén, & von Hofsten, 2003).

Grundläggande frågeställningar avseende en display som ska förmedla dynamiken i horisont och visuellt flöde berör hur stor del av synfältet den behöver täcka för att vara effektiv. Förutom att perifer presentation bäst tillvaratar det perifera synfältets specialisering på spatial orientering, lämnas det centrala synfältet fritt för presentation av annan information nödvändig för flygförarens uppgifter. Några frågeställningar har varit: (1) Hur mycket av det centrala synfältet kan man utelämna utan att reducera displayeffektivitet? (2) Hur långt ut i det perifera synfältet behöver displayen sträcka sig för att vara effektiv?

Studie 1 undersökte dessa frågeställningar. I experiment 1 varierades markytans textur, hastighet på visuella flödet, bankhastighet, attitydförändring och storlek på utelämnat centralfält i presentationen. Huvudsyftet var att utvärdera effektiviteten av experimentparadigmet utifrån olika förändringar i det visuella flödet, olika texturmönster och olika stora delar av det centrala synfältet borttaget från presentationen. Det generella resultatet visade att experimentsituationen gav effekt på balanshållning, att storleken på borttaget centralfält hade betydelse men inte texturmönster, och att kombinationerna av attityd- och bankförändringar gav instabilitet i såväl X- som Y-dimensionen, men speciellt i Y (lateralt kroppssvaj).

Experiment 2 undersökte flödes hastighet, rollhastighet och borttaget centralfält. Resultaten visade att rollmanövrer ger inducerad klart större instabilitet om egenrörelse framåt, eller ett "flyganpassat visuellt flöde", används i simuleringen, jämfört med rollmanövrer med ingen hastighet framåt. Ett centralfält upp till 20° x 20° kunde tas bort från presentationen utan att

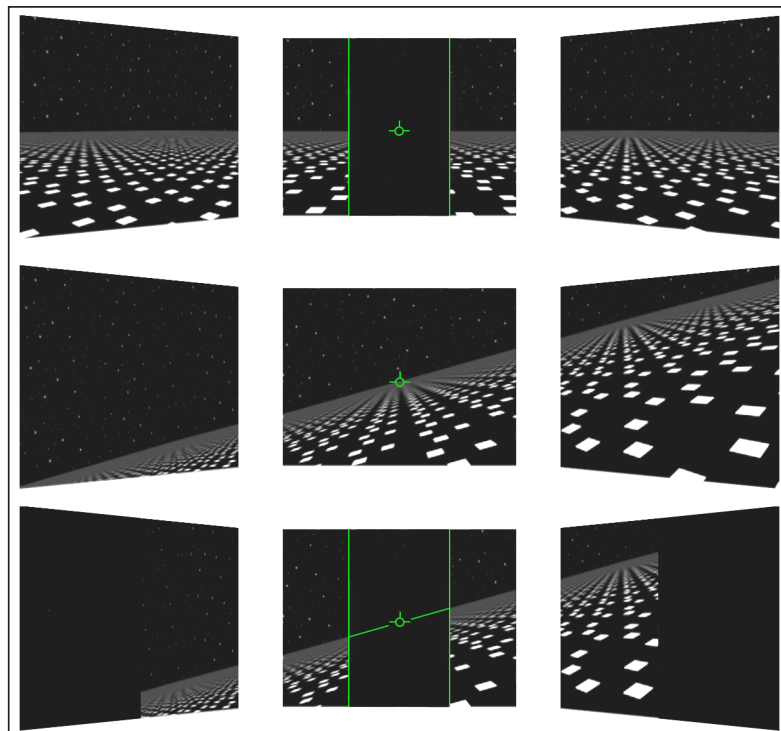


effekten på balanshållning minskade jämfört med full presentation om 150° horisontellt x 34° vertikalt. Lägre rollhastighet hade större effekt på balansen.

I experiment 3 studerades displayfaktorerna centralfältsborttag och perifer utsträckning (horisontell storlek). Rollhastighet varierades återigen. Det generella resultatet visade att den horisontella utsträckningen kunde minskas till 105° (105° x 34°) utan att effekten på balanshållning signifikant reducerades jämfört med den största utsträckningen (150° x 34°). En minskning till 45° visade tydligt minskad effekt. Resultaten från experiment 2 med centralfältsvariabeln replikerades inte, utan både 20° x 20° och 30° x 30° borttaget centralfält gav lägre effekt jämfört med full presentation. Lägre rollhastighet hade återigen större effekt på balansresponser.

De övergripande resultaten från studie 1 visar att tydligt större undertryckningseffekter gavs av flyganpassat visuellt flöde, perifer presentation ut till 105° horisontellt var inte sämre än ut till 150°, och vid en area av upp till 20° x 20° borttaget centralfält upprätthölls effekterna, eller sänktes till en relativt moderat eller moderat hög nivå.

I studie 2 undersöktes om tillägg av annan spatial information i centralfältet gav någon ytterligare effekt än ett tomt fält. Experiment 1 och 2 innehöll därför betingelser med enbart horisontlinje eller perspektivlinjer i centralfältet som följde övrig horisontinformation. Konfigurationen av horisontinformation i centralfältet efterliknar också det som presenteras i "head-up display" (HUD, eller siktlinjesindikator, SI) och även det som kan tänkas presenteras på HMD. Se Figur 8. Dessutom undersöktes återigen horisontell displaystorlek och eventuell effekt av inkluderad egenrörelse framåt i rollmanövrerna.



**Figur 8.** Överst ett 20° x 34° centralfält borttaget från presentationen, i mitten en presentation utan någon reduktion, och nederst en 108° x 34° presentation med 20° x 34° centralfält borttaget med adderad horisontlinje.

Resultaten visade återigen på större undertryckningseffekter av flyganpassat visuellt flöde inkluderat i rollmanövrer, och jämfört med full presentation om 153° x 34° var effekterna lägre med 45° x 34° men inte med 108° x 34°. Dessutom genererade betingelserna med adderad

horisontlinje i centralfält om 20° x 34° och 30° x 34° jämförbart höga effekter, och inte signifikant lägre än, med centralt full presentation.

De generella slutsatserna utifrån dessa två studier, och andra experimentella studier, är att displayer med perifert visuellt flöde visar potential för att:

- (1) Förstärka traditionell attitydinformation avsedd för manövrering
- (2) Förmedla korrekt spatial information utan att betunga uppmärksamheten i kritiska attitydlägen då flygföraren fokuserar på displayer nere i cockpit

Perifert visuellt flöde i kombination med horisontsymbolik i centrala synfältet visar god potential för att:

- (3) Undertrycka information från somatosensorik och balanssinne
- (4) Utlösa sensoriska reflexer kritiska för spatial orientering och ökat spatialt medvetande

Vid implementering av detta gränssnitt på någon av displaytyperna HUD eller HMD, kan flygförarens visuellt fokuserade djup eventuellt påverka effektiviteten av perifert visuellt flöde. Flygföraren har olika visuellt fokuseringsavstånd när han tittar ner på displayer och upp på HUD. Dessutom finns det viss risk för att den på omvärlden överlagrade HUD-symboliken s.a.s. förankras i flygplanets närhet, och inte på långt avstånd, trots HUD-presentationens nära nog optiska infinitetsavstånd. Detta kan ske bl.a. genom ackommodation och/eller rörelseparallax medierat av SI eller övrig cockpitinredning. Som följd därav kan flygförarens uppfattade egenorientering negativt påverkas med allvarliga konsekvenser i utsatta lägen.

En tredje studie om tre experiment med samma grundmetod som ovan, undersökte därför om/hur fokusering på olika avstånd påverkar effektiviteten av perifert visuellt flöde. Experiment 1 visade återigen ökad effektivitet av att inkludera flyganpassat visuellt flöde i rollmanövrer, och påvisade att fokuserat djup differentierar effekten. Experiment 2 visade att enbart perifert visuellt flöde även uppvisar samma differentierade effekt som funktion av fokuseringsavstånd. Både experiment 1 och 2 visade att längre fokuseringsavstånd (upp till 1 och 2 m i experiment 2) har gynnsammare effekt på flödets effektivitet än kortare avstånd. Vid fokusering på längre avstånd och med perifera displayer på kortare avstånd erhöles en högre effekt av det visuella flödet än vid fokusering på samma avstånd som eller framför de perifera displayerna. Detsamma visade experiment 3, med tillägget att en viss ökad effekt erhöles med ökat avstånd från observatör till perifera displayer.

Denna tredje studie visar tydligt att fokuseringsavståndet har betydelse under de betingelser experimenten utförts. Studien kan tas som indikation på att t.ex. ett HMD-system med perifera displayer som visar flyganpassat visuellt flöde och optik för infinitetsavstånd för centraldisplay, har potential för att vara effektivt med avseende på de fyra generella slutsatserna nämnda ovan.

### **2.1.3 Perspektivpresentation**

Studier av perspektivpresentation kan ha betoningen på att jämföra 2D med 3D-format och/eller undersöka 3D-formatets för- och nackdelar. I nedan angivna studier fokuseras på det senare. Detta inkluderar användning och jämförelser av monokulära djupledtrådar, definierat djup utan stereoskopiskt seende, som enligt flera andra studier med fördel kan användas vid 3D-presentation. Ett naturligt och enkelt exempel på sådan ledtråd är ocklusion, vilket innebär att ett nära objekt skymmer ett avlägset. Ett artificiellt exempel är förankring av objekt i marken genom vertikalt dragna pinnar från objekt till mark.

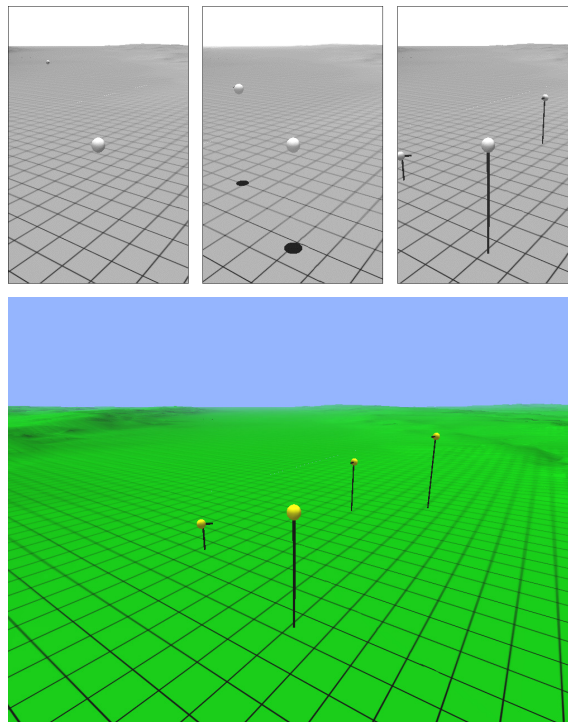
Den övergripande frågan är hur väl 3D-formatet kan tänkas byta ut dagens 2D med fokus på de för- och nackdelar perspektivinformatjonen ger. Kombinationen 3D och 2D i samma presentation, topografisk 3D-terräng med 2D-symbolik, är dessutom en tänkbar

kombinationsslösning. Tidigare har ofta slutsatser dragits utifrån experiment med statiska betingelser – betingelser utan rörelseinformation från den virtuella världen. Värdet av detta kan ofta ifrågasättas eftersom dynamiken i rörelseinformation har primärt stark effekt på vår uppfattningsförmåga och flygscenarier är i allra högsta grad dynamiska. Två övergripande studier undersökte därför både statisk och dynamisk presentation.

Studie 1 med statiska betingelser inkluderade två experiment (Andersson, 2001; Andersson, & Alm, 2002; 2003). I experiment 1 undersöktes förmågan att identifiera symboler av 3D-utformning och att bedöma symbolernas 3D-orientering. Symbolorienteringen varierades både horisontellt (azimut) och vertikalt (elevation) för att få information om vilka vinklar som eventuellt var speciellt problematiska. Azimut och elevation analyserades separat, men med möjlighet till en sammanvägd bedömning. Symbolerna utgjordes av de tre enkla formerna sfär, kub och pyramid, alla med stödlinje i form av fartvektor, samt två mer komplexa med flygplansliknande drag. Svarsverktyget som användes inkluderade knappar vilka representerade de fem symbolerna för identifikation, och vinkelangivelsen angavs genom att en pil roterades för att ange symbolens 3D-orientering. Resultaten visar att de enkla formerna är att föredra vid identifiering. Korrekta bedömningar av objektens 3D-orientering visade sig vara svårt att utföra, med tillägget att de enkla formerna med inkluderad fartvektorlinje var något lättare vid vissa 3D-orienteringar än de komplexa symbolerna.

Experiment 2 undersökte förmågan att bedöma 3D-riktning från egenobjekt till målsymbol. Vinkelangivelsen angavs genom att en pil roterades i 3D-rymden för att peka i den upplevda riktningen från egen- till målsymbol. Resultaten visar att det i statiska bilder är mycket svårt att bedöma riktning och implicerar att det krävs ytterligare information i presentationen för att klara uppgiften.

Dynamiska presentationer användes i studie 2 vilken omfattade fyra experiment (Alm & Lif, 2003; Alm, Lif, & Öberg, 2003). Två experiment undersökte relativ riktningssbedömning mellan egenobjekt och målsymbol med och utan artificiellt monokulära djupledtrådar i form av pinnar och skuggor i marken. Egensymbolen var centralt placerad i presentationen och tre målsymboler närmade sig från olika vinklar.

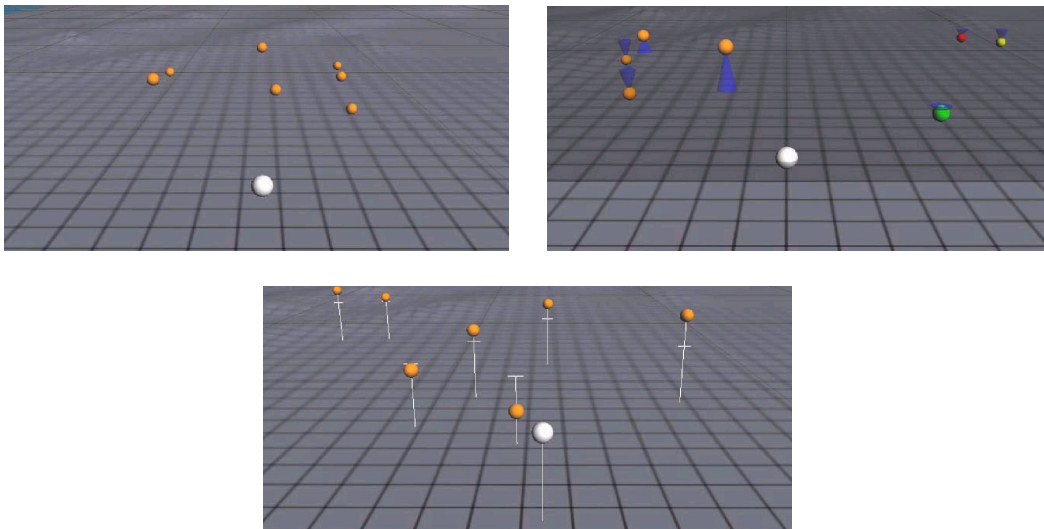


**Figur 9.** Perspektivpresentation med djupledtrådar varierat.

Svar avgavs när en av symbolerna nådde förutbestämd position för bedömning varpå målsymbolen ändrade färg. I det första experimentet undersöktes bedömningar i framförvarande sektor relativt egensymbol, med avseende på tillägg av pinnar alternativt skuggor i marken. Experiment två exkluderade skuggor i marken men undersökte om vinkelbedömningar i bakomliggande sektor gjordes annorlunda än bedömningar i framförvarande sektor.

Resultaten visar att (1) bedömningarna utfördes med bra noggrannhet (vilket inte var fallet vid statisk presentation i den första studien), (2) pinnar respektive skuggor i marken inte förbättrade prestationen, och (3) det fanns ingen skillnad mellan att använda pinnar alternativt skuggor i marken.

I ett tredje experiment undersöktes förmågan att utföra bedömningar som inte var absoluta, eller metriska, utan relativa. Uppgiften var att bedöma största alternativt minsta höjdskillnad mellan egenobjekt och målobjekt, med och utan artificiellt monokulära djupledtrådar. Symboler utan extra artificiell djupledtråd jämfördes med pinne i marken med tillhörande horisontell tvärså vilken visade egenobjektets höjd, dessutom användes koner med tillhörande höjdlager (Figur X).



**Figur 10.** Exempel på djupledtrådar använda i perspektivpresentationen i studie 2.

Egensymbolen var centralt placerad och sju målsymboler flög i riktning mot egensymbolen. Tre av de sju symbolerna blinkade vid en tidpunkt och försökspersonen kvitterade genom en knapptryckning när han/hon ansåg sig säker på vilken av de tre blinkande målsymbolerna som befann sig på största och minsta höjdskillnad. Egensymbolen var vit och ursprungsfärgen på målsymbolerna orange. I mittendisplayen med koner kan noteras att tre symboler ändrat färg till grön, röd och gul. Positionerna på de prioriterade hoten (ändrade färg) varierades mellan olika scenarion. Svar gavs genom att trycka på en färgkodad knapp som motsvarade målsymbolernas färger.

Den övergripande slutsatsen är att uppgiften styr huruvida det är nödvändigt att förstärka 3D presentationen med extra djupledtrådar. Vid mer integrerade uppgifter som kollisionsangivelse och riktningbedömning förbättras inte bedömningarna med extra djupledtrådar medan en förbättring sker vid en mer fokuserad uppgift med endast höjddimensionen att fokusera på. Detta innebär att det vid användning av perspektivpresentation är nödvändigt att tillämpa artificiell förstärkning (t.ex. pinnar i marken) vid vissa typer av uppgifter eller alternativt växla till en 2D-vy.

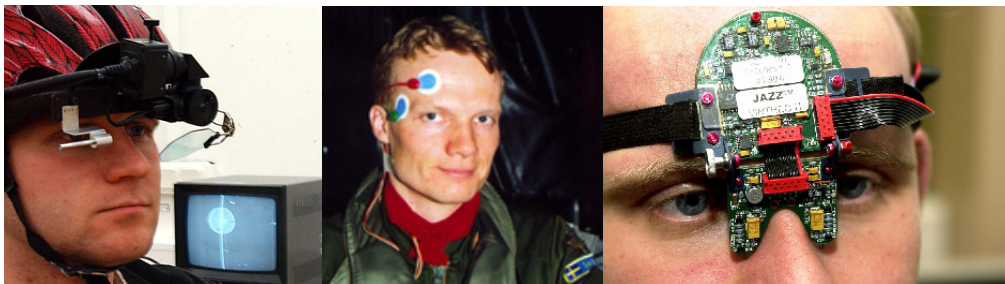
Resultaten visar att extra djupledtrådar förbättrar bedömningen och sänker reaktionstiden för uppgifter där endast höjd fokuseras och svar inte ges metriskt. Det fjärde experimentet undersökte förmågan att bedöma vilket av fem målobjekt som flög på kollisionskurs mot egenobjektet, med och utan pinnar i marken. De fem målsymbolerna närmade sig egen-symbolerna i 15 sekunder varpå svar gavs på samma sätt som i tredje experimentet. Resultaten visar att de extra monokulära djupledtrådar inte förbättrar bedömningarna i denna mer komplex dynamiska situation.

#### 2.1.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser

Flera typer av aktiviteter utnyttjades som metoder för att få en komplett nulägesbild. Litteraturstudier, omvärldsbevakning, och workshops utgjorde därför viktiga delar i verksamheten förutom en jämförande utvärdering av tekniker för registrering av blickpunkt (eller blickriktning) och ögonrörelser.

Litteraturstudierna och omvärldsbevakning berörde blickregistrering som även inkluderade bl.a. flygtillämpningar och företagsdemonstrationer av företagen "SmartEye", "Area17", "SensoMotoric Instruments", "Ober Consulting", "Tobii Technology" och "Seeing Machines". Workshops utfördes med företag såsom Saab, EMW och SmartEye samt med Linköpings tekniska högskola, Luleå tekniska universitet och Mälardalens högskola.

Den jämförande utvärderingen av tekniker för blickpunktsregistrering och ögonrörelsemätning involverade teknikprodukterna "GazeTracker" (EPOG), EOG och "Jazz" (Alfredson & Nählinder, 2002). Teknikprodukterna visas av bilderna i Figur 11.



**Figur 11.** De utvärderade teknikprodukterna från vänster till höger: "GazeTracker" (EPOG), EOG och "Jazz".

Genom EOG ("ElectroOculoGram") mäts ögonaktivitet – muskelaktiviteten – av elektroder placerade runt ögonen. Man kan göra uppskattningar om vart man har tittat men dessa blir relativt grovt uppskattade eftersom EOG-signalerna inte ger information om huvudets position. Ögonaktiviteten kan t.ex. användas för skattningar av mental arbetsbelastning. Fördelarna med EOG är att det är lätt och billigt att använda och att det inte stör operatören, medan en nackdel är att störningssignaler kan uppstå från aktiviteten i ansiktsmuskler.

"Eye-Point-of-Gaze" (EPOG) innebär framförallt mätning av den punkt man riktar blicken mot som inkluderar det blickpunktsmönster, eller avsökningsmönster, som uppstår över tid.

"Jazz"-utrustningen för ögonrörelseregistrering har utvärderats i laboriestudier tillsammans med företaget Saab.

Flygförarens blickbeteende studerades i två experiment (Alfredson, 2002). I det första experimentet deltog 6 civila flygförare i en Saab-2000 simulator. Blickriktning och blinkfrekvens registrerades med huvud- och ögonregistreringsutrustning. I det andra experimentet deltog 7 militära flygförare i ett modifierat jaktscenario i en dome-simulator. Blickriktning registrerades genom videoregistrering.

Båda experimenten visade på individuella skillnader i flygförarnas blickbeteende. I det andra experimentet kunde två typer av blinkningar noteras, vilka skulle kunna hjälpa till att förklara beteendeskilnaderna. Den ena typen av blinkning är relaterad till systematiska blinkningar i skiftet mellan "head-up"/"head-down" eller "head-down"/"head-up". Den andra typen av blinkningar är relaterad till andra orsaker såsom mental arbetsbelastning och visuella krav.

Dessutom utfördes en utvärdering med flygstridsledare i utvecklingsmiljö och i operativt verklig miljö (Figur 12) tillsammans med företaget ISD. Sex personer deltog, fem män och en kvinna. Tre av dem var flygstridsledare och tre var deras närmaste chef. Utrustningen besvärade inte deltagarna nämnvärt förutom en del lättare besvär. Tre av deltagarna rapporterade att de inte hade något att invända mot användningen av utrustningen medan en deltagare rapporterade lätta tendenser till illamående och yrsel. En rapporterade att utrustningen störde synfältet och en rapporterade att huvudrörelserna inte blev naturliga. En av deltagarna bar glasögon utanpå mätutrustningen, utan att rapportera något obehag därav.



**Figur 12.** Luftstridsledning kräver samverkan på flera nivåer. Informationspresentationen utgör en viktig del av förutsättningarna för en effektiv samverkan.

Slutsatser:

- Flygförare uppvisar tydligt individuella skillnader i blickbeteende
- Individuella regulariteter uppträder i blinkningsbeteende; flygförarna blinkar ofta "ikapp" efter att ha haft en period av koncentration med undertryckta blinkningar
- Jazz-utrustningen är ett lovande verktyg för gränssnittsutvärdering

Genom att använda dessa individuella mönster som indata till ett tekniskt system skulle systemet kunna känna av regulariteter och avvikelser samt diskriminera mellan blinkningstyper. Därigenom vore det möjligt att (1) göra säkrare och bättre prediktioner av flygförarens mentala arbetsbelastning, och (2) möjliggöra adaptiv automation.

### **2.1.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser**

Visualisering av G-belastningens påverkan på visuella kapaciteten prövades med en enkel demonstrator uppbyggd av videoprojektor, projektionsskärm, förarplats med flygkontroller samt mjukvaran "Jane's F/A-18" använd på PC (Allberg, 2002). Resultatet visade att COTS-produkterna kan användas för att relativt väl demonstrera och utnyttja denna aspekt av visualisering i flygsimulatorer.

Baserat på egenskaper av människans visuella perception och CIE X, Y, Z, - färgrymdsvärden, togs en modell fram för att på displayer av typerna CRT och LCD illustrera simulering av visirs filtereffekter (Allberg, 2001). Simuleringsmodellen demonstrerar hur filter ger visuellt uppfattad färgpåverkan, och påvisar hur man kan möjliggöra kompensation för färgbortfall/minskad kontrast när visir med filteregenskaper används. Därmed visar detta på principen för hur displayinformation kan anpassas till olika filteregenskaper.

Litteratur och praktiska exempel på presentationsaspekter med avseende på representationsdesign sammanställdes till en metodrapport (Albinsson & Alfredson, 2002). (Rapporten är ett resultat av samarbete med projekt E7737 inom Spaning och ledning.) Några av slutsatserna presenterade i rapporten är:

- Utred vilka aspekter av det visualiserade som ska betonas
- Genom att utreda vilken dimension som är viktig att betona, till exempel "tid", "geografisk position", eller "antal", kan man välja ramen för det visualiserade
- Genom att avgöra den betonat viktiga konceptuella länken mellan representation och det representerade, kan rätt anpassad "form" för visualiseringen väljas

Färgens kognitiva aspekter i termer av beteendevetenskapliga, neuropsykologiska och neurofysiologiska data har analyserats och presenterats i vetenskaplig artikel (Derefeldt, Swartling, Berggrund, & Bodrogi, 2003), och en litteraturstudie över visuell presentation relaterat till minnesuppgifter och modeller för mänskligt seende har påbörjats. Begreppet "kognitiv färg" formuleras utifrån ett för begreppet antal relevanta visuella uppgifter; färgkategorisering, färgkodning, färgbenämning, "Stroop-effekten", spatial organisering av färgade visuella objekt, och visuella sökuppgifter har alla stor bäring på de kognitiva aspekterna av färg. Alla dessa uppgifter är av betydelse för robust färgkodning för såväl presentationsytor i flygplan som för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser (Derefeldt, Allberg, & Alfredson, 2003). Perception av färg med stimuli vid olika positioner i perifera synfältet har också studerats (Ayama, Sakurai, Carlander, Derefeldt, & Eriksson, 2003).

### **2.1.6 MSI-utvärderingsmetodik**

Litteraturstudier låg till grund för metodrapporten (Oskarsson, 2002). Några slutsatser i metodrapporten relaterar till användandet av granskningsformulär vid MSI-utvärderingar. Ett granskningsformulär är exempelvis inte bara ett stöd för beställare av utvärderingar utan även för att bättre strukturera utvärderingsprocessen. Granskningsformulär kan också göras dynamiska och anpassningsbara till olika typer av system och andra relevanta förhållanden.

En viktig del av struktureringen är betoningen av iterativa processer, där resultatet från varje utvärdering återkopplas till designers som modifierar prototyp/system vilket leder till ny utvärdering etc. Processen stäms av gentemot de uppställda målen för systemet eller acceptabla mått på användbarhet.

## **2.2 Övrigt**

Nedan presenteras några av de övriga aktiviteter projektet varit involverat i. Aktiviteterna är huvudsakligen fördelade enligt aktivitetsområdena.

### **2.2.1 Övriga aktiviteter**

"Färgseende under G-belastning":

Råd och riktlinjer har lämnats i arbetet med färgsättningen av displayerna i Gripen, och Saab och FMV i Linköping har erhållit FOI-dokumentation om färgpresentation.

Råd och riktlinjer har lämnats till Arbetsmiljöverket om utformning av information på bildskärmar och displayer som underlag för informationsbroschyren Se och förstå! (ADI 542).

Experimentella resultat från studier vid Utsunomiya University, Japan, respektive vid FOI rörande perifert färgseende har gemensamt studerats, analyserats och dokumenterats.

#### "Artificiell horisont och visuellt flöde":

En demonstrator av artificiell horisont med visuellt flöde realiserades i syfte att exemplifiera hur sådan information kan presenteras företrädesvis på HMD för att möjliggöra det visuella systemets dominans för upprätthållande av spatial orientering vid flygning (FOI Dnr 02-1678). Demonstratorn bygger på principerna: (1) Huvudslavad presentation på två perifera displayer där presentationen geometriskt överensstämmer med faktisk utblick mot verklig omvärld, (2) med omvärlden ersatt av en virtuell presentation med visuellt flöde (texturflöde), samt (3) presenterat med hög temporal upplösning (dvs. hög frekvens för bilduppdatering). Gemensamt ger detta en effektiv presentation av stabil horisont med visuellt flöde från markyta som är tänkt att undertrycka primärt "vestibulära illusioner" och därmed minska risken för spatial desorientering (framförallt vid dålig sikt).

Tillämpningar av projekt beviljat av FOI innovationsfond, "Huvudmonterad perifer display som forskningsverktyg och informationshjälpmedel" har initialt testats. (Projektiden har drivits vidare inom Avdelningen för Sensorteknik, FOI, med vidare utveckling av prototypdisplay.)

Handledning av examensarbete vid Högskolan i Skövde med experiment om visuellt flödes potential för stabilisering av flygförarens spatiala orientering (Helde, 2002).

Verksamhet rörande gränssnittsutvärderingar utifrån operatörers styrspaksbeteende har uppstartats, varvid ett examensarbete vid Umeå universitet har handletts (Andersson, 2003).

Ett konferensbidrag till Svenska Läkaresällskapets Riksstämma, Sektion Flyg- och Marinmedicin, om visuellt flöde och taktill väst som multimodalt operatörsstöd (Eriksson, Carlander & von Hofsten, 2003).

#### "Perspektivpresentation":

En demonstrator av perspektivpresentation realiserades för att exemplifiera hur terräng och symboler av 3D-karaktär kan visualiseras på TI (FOI Dnr 02-1679). Syftet var också att studera perspektivpresentation under dynamiska förhållanden där demonstratorn utgjorde plattform för experiment.

Initiala utvärderingar har genomförts med stereoskopisk presentation vid framförande av obemannad markfarkost (UGV), där två kameror monterades på en enkel UGV och den genererade stereoskopiska bilden presenterades på HMD. (Utvärderingarna har rapporterats i annat projekt.) Föredrag om UGV och HMD hölls under 2002 vid "Interaction Institute" och "Robotics Institute", Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.



Samarbete med Ericsson Microwave i Mölndal har skett och en demonstrator för radarinmätt presentation i luftburet ledningssystem har framtagits, vilken utgör ett 3D-alternativ till dagens operativa 2D-presentation.

Handledning av examensarbete vid Linköpings universitet med experiment om perspektivpresentation (Öberg, 2003).

”MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser”:

En workshop om ”Teknisk psykologi” genomfördes 2001-10-03 med deltagare från Luleå tekniska universitet och FOI.

En workshop om ”Gemensam Lägesförståelse” genomfördes 2003-04-22–0423 med deltagare från Linköpings universitet, Försvarets Materielverk, Saab, Ericsson Microwave och FOI.

En workshop om blickregistreringsutrustning benämnd ”Ögontjänare” genomfördes 2003-09-08 med deltagare från Mälardalens högskola, företaget ”SmartEye” och FOI.

Initial planering har utförts av MSI-utvärdering med ”blickriktningssensor” utvecklad vid Avdelningen för Sensorteknik, FOI.

Övrigt:

Planering för bilateralt samarbete med TNO Human Factors, Nederländerna, har utförts med fokus på verksamhet inom områdena intuitiva displayer och multimodala operatörsstöd. I samband med detta har inbjudan erhållits om medlemskap i arbetsgrupp om taktila displayer inom ramen för NATO RTO. (Medlemsländer bl.a. Nederländerna, Storbritannien, USA, Canada.)

Projektet var 2002-11-13--14 arrangör för årliga sammankomsten med den nationella ”Områdesgruppen för perception” (f.d. Humanistiska och Samhällsvetenskapliga Forskningsrådets – HSFR:s – Områdesgrupp för Perception). Sammankomsten har karaktär av mindre symposium och projektet bidrog med flera föredrag.

En kort sammanställning som första ansats till anpassning av forskningsinsatser med marina och markbundna miljöer samt NBF i fokus har producerats (Carlander & Dahlman, 2003).

Reserapport om resa till konferensen ”Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting”, Denver, CO, USA, 13-17 oktober 2003 (Carlander, 2003).

## **2.2.2 Nationella och internationella kontakter**

Nationella kontakter:

Ericsson Microwave  
FM  
FMV  
HFA – Swedish Centre for Human Factors in Aviation  
Högskolan i Skövde  
Linköpings universitet  
Luleå tekniska universitet  
Mälardalens högskola  
Saab Aerospace

SmartEye  
Uppsala universitet

Internationella kontakter:

FAA, Federal Aviation Administration, USA  
NATO RTO Human Factors and Medicine Panel  
TNO Human Factors, Nederländerna  
US Air Force Research Lab.  
Brooks Air Force Base  
Wright-Patterson Air Force Base  
Utsunomiya University, Japan

Internationellt kontaktutbyte och samverkan förekommer även inom CIE, där en av projektmedlemmarna är svensk delegat inom "CIE Division 1: Vision and Colour" och vice ordförande i den Svenska CIE Nationalkommittén.

### 3. DISKUSSION

Nedan diskuteras kortfattat resultat och slutsatser från studierna med betoning på vidare verksamhet; utprovning och utveckling inklusive möjliga implementeringar. För mer bakgrundsinformation hänvisas till projektets produktion (4. Produktion).

#### 3.1 Råd och riktlinjer

De råd och riktlinjer som här anges får anses som till varierande grad fastlagda. En del är tillräckligt underbyggda för att vara direkt styrande och en del utgör underlag som kräver vidare utredning och forskning. P.g.a. en slutrapports sammanfattande karaktär är betoningen på en mer diskuterande nivå och detaljerade förtydliganden är utelämnade.

##### 3.1.1 Färgseende under G-belastning

Några övergripande råd och riktlinjer:

- Använd färger med bra kontrast och täckande tillräcklig ytstorlek mot bakgrunden
- Använd någon av de kategoriska färgerna grönt, rött, gult, eller orange för färgkodning av symboler för taktisk information
- Givet samma symbolstorlek, använd blå och gula färger framför röda och gröna för färgkodning av symbolerna som ska presenteras i perifera delar av synfältet
- Genomför studier av förmågan att identifiera färger presenterade i perifera synfältet under Gz-belastning
- Genomför studier av mindre symbolstorlekar, av fler kontrastnivåer, och av direkt och indirekt seende under hög Gz-belastning

Råd och riktlinjer har lämnats i direkta arbetet med färgsättningen av displayerna i Gripen:

- När man utvärderar färgpresentation för taktisk presentation är det viktigt att utgå från kalibrerade presentationsytor och standardiserade och uppmätta CIE X, Y, Z, -värden för färgstimuli. Enbart aktuell presentationsytas RGB-värden är otillräckligt eftersom RGB-värden är beroende av vilken elektronisk presentationsyta man använder. Därför riskeras att färger uppfattas olika med enbart definition av RGB-värden, vilket kan leda till feltolkning av färginformationen med ibland allvarliga konsekvenser.
- Användning av olika färgkoder rekommenderas för presentation av taktisk information på ljusemitterande elektroniska displayer under natt- respektive dagtid. En elektronisk presentationsyta kan endast ljusregleras för en mindre del av det totala belysningsomfång människan kan adaptera till, och den automatiska ljusregleringsfunktionen klarar inte att som människan "adaptera" till alla nivåer.

##### 3.1.2 Artificiell horisont och visuellt flöde

De tre studierna (om totalt åtta experiment) har undersökt hur väl några olika visuella displayfaktorer påverkar den perceptuella mekanismen för spatial orientering. De erhållna effekterna bör nu utredas under mer flygrealistiska betingelser, avseende bl.a. visuella faktorerens dominans för orienteringsuppfattningen, manövreringsförmåga och mental belastning. Inledande studier att genomföra i Dynamisk Flyg Simulator (DFS), flygsimulator med dynamiskt ändrad G-kraftsriktning, har därför planerats.

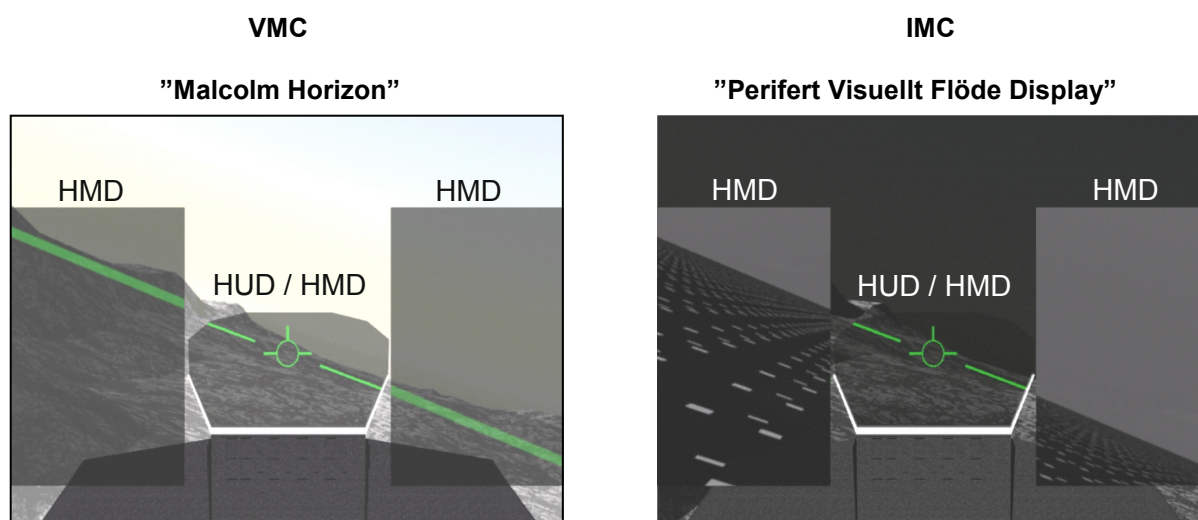
Övergripande och preliminära råd och riktlinjer för en ny typ av visuellt stöd för spatial orientering grundar sig på några grundläggande krav. Ett krav är att stödet ska förmedla information om den spatiala orienteringen OCH även reducera/motverka påverkan från

somatosensorisk och balanssinnesinformation. Andra krav för effektivt operatörsstöd är att displayutformningen bör:

- Involvera perifert seende, utanför ett centralt område om ungefär 20° - 30° i diameter
- Involvera effektiv visuell referensram med markyta/horisont, visuellt flöde och stort/brett synfält genererat av horisontell utsträckning om ungefär 100° ut i visuella periferin med utelämnning av centralfält (och ca 35-40° vertikal storlek)

För att ett visuellt gränssnitt ska vara effektivt som stöd för spatial orientering i flertalet situationer bör inte endast perceptuell resonans vara effektiv utan även genomslag på manövreringsförmåga. God resonans medierat av perifera displayer torde ge gynnsamma effekter på manövreringsförmåga, men behöver även stödjas av bra gränssnittslösning för presentation i centrala synfältet. Gränssnittslösningen för HUD i Gripen utgör ett bra alternativ för kombination med perifert visuellt flöde.

Presentation på perifera displayer bör även involvera olika moder beroende på nivåer av visibilitet. Generellt exempel på detta är att under "instrument meteorological conditions" (IMC), vid dålig sikt, presenteras flyganpassat perifert visuellt flöde tillsammans med Gripen HUD-gränssnitt centralt, och under "visual meteorological conditions" (VMC), vid bra sikt, presenteras Gripen HUD-gränssnitt även på de perifera displayerna. Se schematiska moder illustrerat i Figur 13. (Figuren visar dock inte Gripen HUD-symbolik.)



**Figur 13.** Till vänster en schematiskt illustrerad displaykonfiguration i VMC-mod: Hjälmmonterade perifera displayer och HUD/HMD-symbolik för centralseende. Horisontsymboliken är överlagrad omvärlden och presenterad på både central display och perifera displayer. (Horisontinformationen efterliknar "Malcolm Horizon", Malcolm, 1984<sup>4</sup>.) Till höger är IMC-mode illustrerad med inkluderat perifert visuellt flöde.

HMD-teknologin har inte nått den nivå som tillåter riktigt stor synfältspresentation i stridsflygplan (förutom PNVG om man nu inkluderar "night vision goggles" i display-kategorin). Det kanske är mer troligt att använda HUD-principer för att uppnå presentation som täcker stora delar av synfältet.

Ett övergångsstadium för HMD till stora displayytor utgör dock användning av displayer för perifera synfältet. Perifera displayer med lägre spatial upplösning kan effektivt mediera informationen från horisont och visuellt flöde. Medan kraven kan sänkas på spatial

<sup>4</sup> Malcolm, R. (1984). Pilot disorientation and the use of a peripheral vision display. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 55, 231-238.

upplösning så är kraven på temporal upplösning höga, d.v.s. displaybilderna måste uppdateras med hög frekvens. Dessutom ställs det höga krav på "head-tracker system" både vad gäller dess spatiala och temporala upplösning. Det är kritiskt viktigt att perceptuell stabilitet uppnås för att s.a.s. förankra presentationen i omvärlden, och detta innebär att displaybilderna måste presenteras vid deras "omvärldskorrekt optiska positioner". M.a.o. måste kompensation för huvudrörelser göras som effektueras i presentationen med god precision.

Om man istället har displaypresentationen installerad till cockpit, måste inte bara flygplanets utan även flygförarens rörelser resultera i de visuella transformationer som normalt medföljer rörelserna. De flygförarrörelser som avses är de som förändrar det visuella perspektivet av den presenterade omgivningen, i direkt analogi till effekten när man tittar ut genom ett fönster från olika blickpunkter och det man ser av den yttre omgivningen förändras. Om inte detta reflekteras i presentationen är risken att displayen upplevs som mer artificiellt statisk och förankrad i cockpit istället för i omvärlden, vilket kan starkt reducera displayeffektivitet genom suboptimering av presentationens resonans med vår spatiala orienteringsmekanism.

### **3.1.3 Perspektivpresentation**

För vissa uppgiftstyper utgör perspektivpresentation ett bra alternativ till det idag använda 2D-formatet av TI-presentationen. 3D-formatet är att föredra vid integrerade uppgifter som består i att få en övergripande dynamisk lägesuppfattning, medan 2D-formatet är att föredra vid fokuserade uppgifter där t.ex. endast en dimension ska tas i beaktande. Det senare kan t.ex. vara att bedöma höjdskillnader mellan objekt.

Det traditionella 2D-formatet är att föredra vid uppgifter som bedömningar av avstånd och höjd. Avstånd uppfattas naturligt utifrån en "God's-eye vy" med "horisontell skärning" och höjd uppfattas naturligt utifrån vertikal skärning. Vid användning av 3D-format vid en fokuserad uppgift, t.ex. endast relativ höjdbedömning, kan bedömningarna förbättras med monokulära djupledtrådar (t.ex. pinnar i marken). Vilket format av 2D eller 3D som är att föredra är således i hög grad situationsberoende.

En enkel tumregel är att 3D-format är att föredra vid uppgifter där situationen kräver bra övergripande lägesförståelse medan 2D-formatet passar bäst vid uppgifter som kräver mer direkt metrisk bedömning.

### **3.1.4 MSI-utvärdering med registrering av blickpunkt och ögonrörelser**

Om det är viktigt att veta exakt vart personen tittar bör blickpunktsregistreringar göras eftersom man behöver veta vart både ögon och huvud är riktade. EPOG ger den möjligheten.

Om man främst är intresserad av hur man tittar snarare än vart är EOG och Jazz bra alternativ. Båda ger information om ögonaktivitet.

Om hög temporal upplösning av ögonrörelseregistrering krävs är Jazz-utrustningen att föredra med registreringsfrekvens om 1000 Hz.

Var uppmärksam på skillnader i blickbeteende mellan och inom individer vid analyser.

### **3.1.5 Visualisering för presentation i simulatorer och vid ledningsplatser**

Modeller baserade på mänskligt seende och färguppfattning är nödvändiga redskap vid simulering och visualisering för att åstadkomma korrekt visuella presentationer. Baserat på

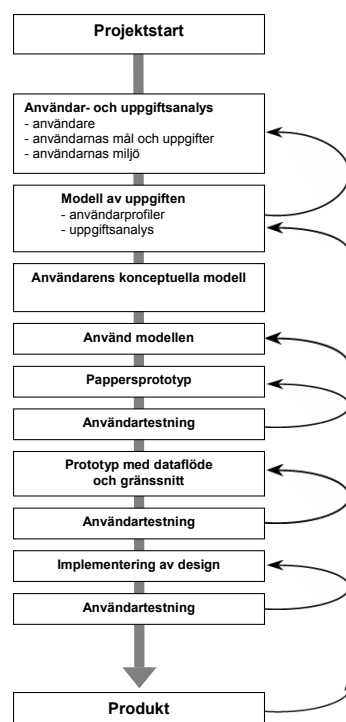
mänskligt seende och färguppfattning kan information presenteras med korrekt återgivande av fysikaliska attribut (spektral information), med hänsyn till varierande ljusförhållanden (ljus-/färgadaptation), och även med hänsyn till spatiala/geometriska objektgenskaper (genomskinlighet, glans, lyster, textur etc.). Sammanfattningsvis är:

- Modeller baserade på mänskligt seende och färguppfattning bra redskap för att effektivt kunna förmedla symboliska och emotionella budskap
- Sådana modeller en passande grund för effektiv kommunikation och interaktion

### 3.1.6 MSI-utvärderingsmetodik

När MSI-utvärderingar genomförs vid systemutveckling kan följande råd och riktlinjer vara till stöd på en övergripande nivå. Se även Figur 14.

- Analysera uppgiften
- Analysera användarna
- Genomför laboratoriestudier av grundläggande interaktionsprinciper (vid behov)
- Genomför expertutvärderingar, heuristiska utvärderingar eller "walkthroughs" för att eliminera uppenbara fel innan testning med användare
- Implementera prototyp
- Genomför ytterligare expertutvärderingar (vid behov)
- Genomför studier med användare, där interaktioner med systemet undersöks och subjektiva värderingar tas in
- Implementera systemet
- Genomför nya studier med användare (enligt ovan)



**Figur 14.** Schematisk beskrivning av designprocessens iterativa livscykel, med användaranalyser, uppgiftsanalys och utvärderingar (anpassad efter Hackos & Redish, 1998<sup>5</sup>).

<sup>5</sup> Hackos, J. T. & Redish, J. C. (1998). User and task analysis for interface design. New York: Wiley. Figuren presenterad i Oskarsson, P-A. (2002). Översikt över metodik för MSI-utvärdering vid systemutveckling. Metodrapport. FOI-R--0583--SE.

### 3.2 Totalförsvarsnytta och framtida verksamhet

Råd och riktlinjer för utformning av visuell displayinformation och utprovning av nya presentationstekniker är några av effekterna till nytta för Totalförsvaret. Informationsutbytet med högskolor, universitet, industri och inte minst internationella intressenter kommer Totalförsvaret till del bl.a. genom ökade forskningsinsatser och nya tillämpningar.

Forskning för framtida operatörsstöd sker i vår omvärld avseende nya presentationsformer baserade på syn, hörsel och känsel. Nya typer av stereoskopiska displayer, förbättrad displayinformation överlagrad på omvärlden (förstärkt verklighet), röststyrning, 3D-audio, adaptiva gränssnitt och taktila displayer är några områden.

Integrering av operatörsstöd blir alltmer viktig i tillämpad forskning för utformning av operatörsstöd, och sådana satsningar på att göra system effektivt anpassade till våra förmågor och begränsningar kan leda till stora kostnadsbesparingar och betydelsefulla förbättringar av försvarssystem. Minskningar med 30 % av fysisk, perceptuell och kognitiv arbetsbelastning har uppskattats i en del sammanhang, och integrerade visuella och 3D auditiva displayer har uppskattas kunna ge mer än 500 % ökning av sannolikheten för upptäckt och precisionshantering av mål. Det finns därför ett särskilt behov av fokuserade insatser gentemot mer integrerade operatörsstöd.

Övergripande kan man tala om två motstående koncept för integrering av operatörsstöd. Å ena sidan betonas stöd till operatör genom utökning av automatiserade och kontrollövertagande systemfunktioner. En risk är här att inte ha "man-in-the-loop" i tillräcklig utsträckning vid kritiska situationer såsom systemfel eller extrema händelser. Å andra sidan betonas stöd till operatör genom utnyttjande av våra naturligt automatiserade funktioner medierat via de olika sinnesmodaliteterna. En risk är här att överbetona "man-in-the-loop" och därmed t.o.m. bereda väg för en överbelastad operatör vid intensiva situationer. Trenden har sedan länge varit att utnyttja båda koncept för att uppnå "optimal samordning" där avancerad systemautomatik och effektiva gränssnitt (inklusive multimodala) integreras. Den framtida operatörsplatsen bör utformas utifrån prövning av denna s.k. "optimala samordning" för varje tekniskt systems specifika egenskaper och typer av uppdragshantering.

Operatörers operativa förmåga med avseende på aspekter av prestation, belastning, situationsmedvetande och rumslig uppfattning kopplat till presentation och hantering av information är grundläggande viktigt. Operatörmiljön i flertalet typer av framtida militära farkoster kommer att avvika ifrån dagens i ett antal viktiga avseenden, och detta medför förändringar i bl.a. omvärldsuppfattning och gemensam lägesförståelse, uthållighet och systemprestanda. Sannolikt kommer framtida operatörsplatser till större grad att karaktäriseras av än mer plattformsunika systemprinciper med olika grader av multimodala presentationsmetoder och gränssnitt. Att utvärdera och utveckla detta kan komma att spela en viktig roll för realiseringen av informations-, kunskaps-, och beslutsöverläge direkt operativt. Inte minst viktigt är det för operatörsplatsen i en nätverksorienterad systemuppbyggnad med sammankopplade sensorer och informationsfusion.

## 4. PRODUKTION

Den redovisade "produktionen" begränsas till rapporter, artiklar, konferensbidrag, demonstratorer etc. med utelämnning av mindre formella presentationer för intressenter inom Totalförsvaret.

### 4.1 Rapporter

Albinsson, P-A., & Alfredson, J. (2002). *Reflections on practical representation design*. Methodologyreport. FOI-R--0716--SE.

Carlander, O. (2003). *Reserapport: HFES 03*. FOI-D--0130--SE.

Oskarsson, P-A. (2002). *Översikt över metodik för MSI-utvärdering vid systemutveckling*. Metodrapport. FOI-R--0583--SE.

### 4.2 Vetenskapliga tidskriftsartiklar

Andersson, P., & Alm, T. (2003). Perception aspects on perspective aircraft displays. *Displays*, 24, pp. 1-13.

Balldin, U. I., Derefeldt, G., Eriksson, L., Werchan, P. M., Andersson, P., & Yates, J. T. (2003). Color vision with rapid-onset acceleration. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, Vol. 74, No 1, pp. 29-36. FOI-S--0834--SE.

### 4.3 Konferensbidrag

Alfredson, J. (2002). Individual differences in visual behaviour in simulated flight. In *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Human Vision and Electronic Imaging VII SPIE*, Vol. 4662, pp. 494-502, San Jose, CA, January 21-24. FOI-S--0536--SE.

Alfredson, J., & Nählinder, S. (2002). Pilot's eye as a source of information for a future adaptive aircraft system. In *Proceedings of the 34th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society*, Vol. 1, pp. 21-26, Kolmården, October 1-3. FOI-S--0606--SE.

Allberg, H. (2001). Filter simulation on CRT and LCD displays. In *Proceedings of the Swedish Society for Automated Image Analysis, Annual Symposium on Image Analysis*, pp. 17-19, Norrköping, 14-15 March. FOI-S--0278--SE.

Alm, T., Lif, P., & Öberg, M. (2003). Evaluation of monocular depth cues in 3D aircraft displays. In *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, pp. 36-41, Dayton, USA, 14-17 April.

Andersson, P. (2001). Symbols and symbol relations in perspective aircraft displays. In *Proceedings of Swedish Centre for Human Factors in Aviation Conference*, Linköping. FOI-S--0725--SE.

Andersson, P., & Alm, T. (2002). Perceptual aspects of symbol shapes and relations in 3D aircraft displays. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, pp.165-169, Baltimore, MD, 30 September – 4 October. FOI-S--0650--SE.

Derefeldt, G., Allberg, H., & Alfredson, J. (2003). "Colour Appearance Models" för distribuerad simulering och visualisering. *VR-Forum*, 5-7 November, Linköping.



- Eriksson, L., & von Hofsten, C. (2002a). On the possibility of counteracting or reducing G-induced spatial disorientation with visual displays. In *Proceedings of NATO RTO Human Factors & Medicine Panel Symposium on Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures*, pp. 28.1-28.7, La Coruña, Spain, April 15-17. FOI-S--084--SE.
- Eriksson, L., & von Hofsten, C. (2002b). On guidelines for display technology and experimental methods in the development of a spatial orientation visual interface. In *Proceedings of Swedish Centre for Human Factors in Aviation Conference*, Linköping, June 3-4.
- Eriksson, L., & von Hofsten, C. (2002c). Design principles demonstrations of a visual interface destined for reducing spatial disorientation accidents. In *Proceedings of Swedish Centre for Human Factors in Aviation Conference*, Linköping, June 3-4.
- Eriksson, L., & von Hofsten, C. (2003a). Effects of peripheral visual flow on postural responses and implications for a spatial orientation visual interface in aircraft. In *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, pp. 361-367, Dayton, USA, April 14-17. FOI--S--085--SE.
- Eriksson, L., Johansson, K., & von Hofsten, C. (2003). Peripheral vision effects on spatial orientation driven by focused depth. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting*, pp. 169-173, Denver, USA, October 13-17. FOI-S--1167--SE.
- Eriksson, L., Carlander, O., & von Hofsten, C. (2003). Aspekter av Visuella och Multimodala Stöd för Flygförarens Spatiala Orientering. I *Sammanfattningar av Svenska Läkaresällskapets Riksstämman, Sektion Flyg- och Marinmedicin*, Stockholmsmässan, Älvsjö, 26-28 november.

#### **4.4 Demonstratorer**

- Allberg, H. (2002). +Gz demonstrator. FOI Memo 02-107.
- E 7053 (Patrik Andersson). (2002). *Demonstrator av gränssnittsutformning: Perspektivpresentation*. FOI Dnr 02-1679. (Digitaliserad videoinspelning.)
- E 7053 (Lars Eriksson, Peter Andersson). (2002). *Demonstrator av gränssnittsutformning: Artificiell horisont och visuellt flöde*. FOI Dnr 02-1678. (Digitaliserad videoinspelning.)

#### **4.5 Manuskript under tryckning eller bearbetning**

- Alm, T., & Lif, P. (2003). The value of monocular depth cues in 3D aircraft displays through dynamic experimental settings. (Manus för vetenskaplig tidskrift under bearbetning.)
- Ayama, M., Sakurai, M., Carlander, O., Derefeldt, G., & Eriksson, L. (2003). Color appearance in peripheral vision. In *Proceedings of SPIE, Human Vision and Electronic Imaging IX, Vol. 5292, 2004*. (Konferensbidrag under tryckning.)
- Derefeldt, G., Swartling, T., Berggrund, U., & Bodrogi, P. (2003) Cognitive Color. *Color Research and Application*. (Vetenskaplig tidskriftsartikel under tryckning.)
- Eriksson, L., & von Hofsten, C. (2003b). Effects of visual flow display of flight maneuvers on perceived spatial orientation. *Human Factors*. (Manus för vetenskaplig tidskrift under revidering.)
- Eriksson, L. (2003). Supporting pilot spatial orientation via peripheral visual flow. (Manus för vetenskaplig tidskrift under bearbetning.)

Eriksson, L., Undén, K., & von Hofsten, C. (2003). Focused depth drive of peripheral vision coupled spatial orientation. (Manus för vetenskaplig tidskrift under bearbetning.)

#### **4.6 Handledda examensarbeten**

Andersson, Å. (2003). *Visuella gränssnitt i samverkan med joystick*. Examensarbete vid Umeå universitet.Handledare FOI: Henrik Allberg.

Helde, K. (2002). *Exploring a visual flow display to enhance spatial orientation during flight*. Examensarbete vid Högskolan i Skövde. HS-IDA-EA-02-503. Handledare FOI: Lars Eriksson.

Öberg, M. (2003). *Design of perspective displays and evaluation of how additional depth cues affect situation awareness*. Examensarbete vid Linköpings Tekniska Högskola. LiTH-IKP-EX-1974. Handledare FOI: Patrik Andersson.

#### **4.7 Övrigt**

Carlander, O., & Dahlman, J. (2003). *Första ansats till anpassning av forskningsinsatser med marina och markbundna miljöer samt NBF i fokus*. FOI Memo 03-2230.