

# MSI-riktlinjer för presentation och systemmanövrering i militära flygsystem

Hans Einerth, Jonathan Borgvall,  
Gunilla Derefeldt, Lars Eriksson,  
Martin Castor, Patrik Lif, Peter  
Svenmarck, Erland Svensson,  
Erland Svensson



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
Ledningssystem  
Box 1165  
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00  
Fax: 013-37 81 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)



# MSI-riktlinjer för presentation och systemmanövrering i militära flygsystem

*Hans Einerth*

Luftstridsskolan/Utvecklingsenhet Luftstrid/Verkansutvecklingsenheten

*Jonathan Borgvall (red.), Gunilla Derefeldt, Lars Eriksson,  
Martin Castor, Patrik Lif, Peter Svenmarck, Erland Svensson*  
Institutionen för Människa-System Interaktion/FOI

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Utgivare</b><br>FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut<br>Ledningssystem<br>Box 1165<br>581 11 Linköping   | <b>Rapportnummer, ISRN</b><br>FOI-R--1701--SE                                   | <b>Klassificering</b><br>Användarrapport |
|   | <b>Forskningsområde</b><br>8. Människa och teknik                               |  |
|   | <b>Månad, år</b><br>September 2005  | <b>Projektnummer</b><br>E 7099/E 7096    |
|   | <b>Delområde</b><br>81 MSI med fysiologi  |  |
|   | <b>Delområde 2</b>  |  |
| <b>Författare/redaktör</b><br>Hans Einerth                      Peter Svenmarck<br>Jonathan Borgvall (red.)        Erland Svensson<br>Gunilla Derefeldt<br>Lars Eriksson<br>Martin Castor<br>Patrik Lif   | <b>Projektledare</b><br>Lars Eriksson/Martin Castor                             |  |
|   | <b>Godkänd av</b><br>Erland Svensson  |  |
|   | <b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b><br>Forsvarsmakten                          |  |
|   | <b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b><br>Lars Eriksson/Martin Castor |  |
| <b>Rapportens titel</b><br>MSI-riktlinjer för presentation och systemmanövrering i militära flygsystem  |   |  |
| <b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b><br><p>Dagens militära flygsystem är mycket avancerade och komplexa vilket ställer stora krav på dess handhavare för maximal effekt. Om den mentala belastningen på exempelvis en militär flygförare blir för stor riskeras en mental överbelastning vilket kan få ödesdigra konsekvenser. Av den anledningen är det av yttersta vikt att informationspresentation och systemhandhavande är anpassat till människans förmåga genom att nyttja våra styrkor och stödja våra svagheter. Detta är kärnan inom Människa-System Interaktion (MSI); att skapa miljöer där maximal effekt uppnås genom ett väl avvägt samspel mellan människan och tekniken. Med syfte att bidra till detta övergripande mål presenteras i denna rapport ett axplock MSI-riktlinjer för presentation och systemmanövrering i militära flygsystem. En stor del av riktlinjerna är dock generellt tillämpbara även i andra människa-system plattformar. Utöver att sprida kunskap inom MSI-området är förhoppningen att rapporten även kan fungera som ett stöd eller en "lathund" för såväl utvecklare som handhavare vid utveckling, testning, utvärdering och användning av synnerhet militära flygsystem.</p> |   |  |
| <b>Nyckelord</b><br>människa-system interaktion, presentation, display, systemmanövrering, flyg, gränssnitt   |   |  |
| <b>Övriga bibliografiska uppgifter</b><br>Hans Einerth är verksam i Svenska flygvapnet.<br>Övriga författare arbetar på Institutionen för Människa-System Interaktion på FOI. Kontakt: J. Borgvall  | <b>Språk</b> Svenska  |  |
| <b>ISSN</b> 1650-1942   | <b>Antal sidor:</b> 35 s.   |  |
| <b>Distribution enligt missiv</b>   | <b>Pris:</b> Enligt prislista   |  |

|  |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| <b>Issuing organization</b><br>FOI – Swedish Defence Research Agency<br>Ledningssystem<br>Box 1165<br>581 11 Linköping   | <b>Report number, ISRN</b><br>FOI-R--1701--SE                                    | <b>Report type</b><br>User report   |
|  | <b>Programme Areas</b><br>8. Human Systems                                       |                                     |
|  | <b>Month year</b><br>September 2005  | <b>Project no.</b><br>E 7099/E 7096 |
|  | <b>Subcategories</b><br>81 Human Factors and Physiology                          |                                     |
|  | <b>Subcategories 2</b>   |                                     |
| <b>Author/s (editor/s)</b><br>Hans Einerth                      Peter Svenmarck<br>Jonathan Borgvall (ed.)        Erland Svensson<br>Gunilla Derfeldt<br>Lars Eriksson<br>Martin Castor<br>Patrik Lif  | <b>Project manager</b><br>Lars Eriksson/Martin Castor                            |                                     |
|  | <b>Approved by</b><br>Erland Svensson  |                                     |
|  | <b>Sponsoring agency</b><br>Swedish Armed Forces                                 |                                     |
|  | <b>Scientifically and technically responsible</b><br>Lars Eriksson/Martin Castor |                                     |
| <b>Report title (In translation)</b><br>Human factors guidelines for information presentation and system handling in military aircrafts  |  |                                     |
| <b>Abstract (not more than 200 words)</b><br><p>In general, military high-performance aircraft environments of today are very advanced and complex. This puts high demands on the operators if maximum effect is to be reached. If the mental workload of for example a fighter pilot gets to high there is a risk for mental overload which can lead to fatal consequences. Therefore, it is of highest importance that presentation of information and system handling methods are designed to fit and support the human operators' strengths and weaknesses. This is the core of man-system interaction (MSI); to create environments where maximum effect is reached through a balanced ensemble of humans and technical systems. With the purpose of supporting that work this report presents some MSI-guidelines for information presentation and system handling in military high-performance aircrafts. However, several of the guidelines are applicable to other man-system platforms as well. The main goal and hope of this report is that it can function as a tool for system developers and end-users through development, testing, evaluation and operative use, especially within the military high-performance aircraft domain.</p> |  |                                     |
| <b>Keywords</b><br>human factors, presentation, displays, system handling, aircraft, user interface  |  |                                     |
| <b>Further bibliographic information</b><br>Hans Einerth works for the Swedish Air Force.<br>All other authors work for the department of Man-System Interaction, FOI. Contact: J. Borgvall  | <b>Language</b> Swedish  |                                     |
| <b>ISSN</b> 1650-1942  | <b>Pages</b> 35 p.   |                                     |
|  | <b>Price acc. to pricelist</b>   |                                     |

## Förord

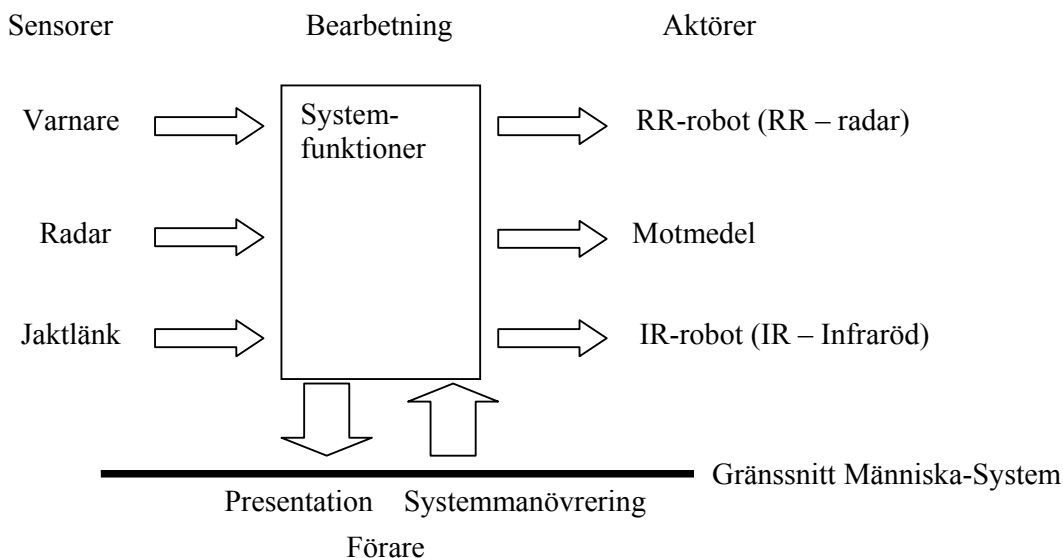
Att Sverige varit framgångsrikt avseende utveckling av militära systemflygplan generellt och presentation och manövrering specifikt har flera orsaker. Alltifrån utvecklingen av vårt första systemflygplan Draken och fram till dagens moderna system har användare, konstruktörer och forskare kunnat arbeta samordnat, och 'looparna' i den iterativa utvecklingsprocessen har varit korta. Vi har under årens gång byggt upp en avsevärd erfarenhet och kunskap kring flygförarfunktionen, vilket bland annat visar sig i ett gott internationellt renommé avseende MSI i flygsituationen. Ett, bland flera, exempel gäller utveckling av och värdering av, de för förarfunktionen centrala, begreppen mental arbetsbelastning, situationsmedvetande och operativ prestation. Vi har, till skillnad från de flesta andra nationer, kunnat utveckla och pröva dessa mått i den operativa miljön på förband och med aktiva flygförare. Möjligheten att reliabelt kunna mäta förarnas informationsbelastning, "koll på läget" och prestation har, i sin tur, gett oss förutsättningar att studera hur dessa begrepp hänger samman och påverkar varandra. I en serie av studier, varav de flesta genomförts i militär flygmiljö, har vi funnit att begreppen låter sig ordnas i följande orsakskedja eller modell; En ökande informationskomplexitet leder, förr eller senare, till en ökad mental belastning. Den ökade belastningen leder, i sin tur, till en reduktion av förarens situationsmedvetande ("mentalt tunnelseende"), vilket, i sin tur, leder till en försämrad prestation. Utifrån modellen kan vi predicera i vilken utsträckning informationskomplexiteten påverkar de följande stegen. Därmed kan vi sätta ett "operativt värde" eller ange den operativa konsekvensen av en ökande komplexitet i den syntetiska information som systemet presenterar. Den ovan beskrivna modellen av förarfunktionen har varit utgångspunkt för värderingen av ny radar i JAS 39, och den visar sig också vara värdefull som modell av operatören vid värderingen och utvecklingen av ledningssystem i det nätverksbaserade försvaret. Exemplet visar hur kunskap utvecklad i en operativ flygmiljö även, och med fördel, kan användas vid utvecklingen av andra operativa system.

Föreliggande rapport har sin bakgrund i ett, långt mer än tioårigt, samarbete mellan F17, dess divisioner och dåvarande TU 37. Riktlinjerna i rapporten utgör en bra grund för systemutveckling i militärflyg från ett människa-system perspektiv, med målsättning att begränsa mental belastning och öka situationsmedvetenhet och prestation.

Erland Svensson  
Chef, Institutionen för Människa-System Interaktion, FOI

## Inledning

Rapporten är resultatet av ett samarbete mellan medarbetare på Luftstridsskolan/ Utvecklingsenhet Luftstrid/Verkansutvecklingsenheten (f.d. TU JAS 39) och medarbetare på institutionen för Människa-System Interaktion på Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI). Avsikten är att tillhandahålla generella och grundläggande MSI-riktlinjer (MSI – Människa-System Interaktion) för utveckling och värdering av presentation och systemmanövrering i militära flygsystem. Innehållet ska ses just som riktlinjer eftersom olika påverkande faktorer kan göra att en riktlinje är mer eller mindre korrekt under en viss betingelse. Dokumentet gör inte anspråk på att utgöra en fullständig guide i ämnet utan är ett axplock av identifierade relevanta aspekter. Ett stort antal av de MSI-riktlinjer som presenteras i rapporten är generellt tillämpbara i situationer där en operatör arbetar med ett system och därmed plattformsoberoende. Däremot genomsyras dokumentet av ett fokus mot militära flygsystem, i synnerhet system med hög prestanda (läs: JAS 39 Gripen), eftersom det utgjort huvudsyftet med arbetet. För att definiera begreppen presentation och systemmanövrering beskrivs nedan en enkel modell av ett vapensystem.



Sensorerna (som inte nödvändigtvis finns ombord på själva vapensystemet) inhämtar data från omgivningen. Systemfunktioner bearbetar data från olika källor och presenterar information för föraren, som manövrerar aktörer för att uppnå någon form av verkan på omgivningen. Denna är antingen skydd, verkan (förstörande) eller förnekande verkan (störning).

## Dokumentets struktur

Inom ett antal kategorier och subkategorier presenteras riktlinjer för utveckling och värdering av presentation och systemmanövrering i militära flygsystem. En riktlinje kan efterföljas av en kommentar och/eller en anmärkning. En kommentar kan innehålla eventuella tillägg av närliggande intresse eller referens till någon annan riktlinje eller en bilaga. En anmärkning förekommer i fall där en riktlinje har vissa begränsningar. Kommentarer och anmärkningar presenteras i de flesta fall i löpande text. Ett antal anmärkningar är dock mer omfattande och beskrivs därför bara kortfattat i direkt anslutning till aktuell riktlinje. Resterande text presenteras under sektion 5 senare i dokumentet. I texten refereras emellanåt till en bilaga. Bilagorna innehåller fördjupningar inom ett flertal av de områden som riktlinjerna berör (sektion 7). Vid arbete med elektronisk version av rapporten (pdf-fil) rekommenderas användning av 'bookmark'-funktionen vilket medger en smidig navigering mellan de olika avsnitten.

## Innehållsförteckning

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>SYSTEM</b> .....                                       | <b>7</b>  |
| 1.1      | DISPLAYÖVERVAKNING/-KONTROLL.....                         | 7         |
| 1.1.1    | 'Moder'.....  | 7         |
| 1.1.2    | Gränssnittsflexibilitet.....                              | 10        |
| 1.1.3    | Manövrering av 'Hands on throttle and stick' (HOTAS)..... | 10        |
| <b>2</b> | <b>PRESENTATION</b> .....                                 | <b>11</b> |
| 2.1      | DISPLAYFORMATTERING.....                                  | 11        |
| 2.1.1    | Täthet.....   | 12        |
| <b>3</b> | <b>INFORMATIONSKODNING</b> .....                          | <b>12</b> |
| 3.1      | FÄRG.....   | 13        |
| 3.2      | LOKALISERING.....   | 18        |
| 3.3      | ORIENTERING.....  | 18        |
| 3.4      | SYMBOLIK (DIAGRAM, IKONER, SYMBOLER).....                 | 19        |
| 3.5      | FORM/SYMBOL.....  | 20        |
| 3.6      | STORLEK/SYMBOL.....                                       | 21        |
| 3.7      | SKALOR.....   | 21        |
| <b>4</b> | <b>FÖRSTÄRKANDE INFORMATIONSKODNING</b> .....             | <b>22</b> |
| 4.1      | BLINKNING.....  | 22        |
| 4.2      | 'REVERSE VIDEO' ('BRIGHTNESS INVERSION').....             | 23        |
| <b>5</b> | <b>ANMÄRKNINGAR</b> .....                                 | <b>24</b> |
| <b>6</b> | <b>REFERENSER</b> .....                                   | <b>25</b> |
| <b>7</b> | <b>BILAGOR</b> .....                                      | <b>28</b> |
| 7.1      | STORLEK.....  | 28        |
| 7.2      | FÄRGKONTRAST.....   | 29        |
| 7.3      | LUMINANSKONTRAST.....                                     | 29        |
| 7.4      | LÄSBARHET.....  | 30        |
| 7.5      | OFORMATERAD/FORMATERAD INFORMATION.....                   | 31        |
| 7.6      | FÄRGKODNING.....  | 31        |
| 7.6.1    | Färgkodning under olika ljusförhållanden.....             | 32        |
| 7.6.2    | Färgkodning och perifert seende.....                      | 33        |
| 7.6.3    | Additiv färgblandning.....                                | 34        |
| 7.6.4    | Antal färger vid färgkodning.....                         | 34        |
| 7.6.5    | Bezold-Brücke-fenomenet.....                              | 35        |
| 7.7      | TEMPORALA FREKVENSER.....                                 | 35        |



# 1 System

## 1.1 Displayövervakning/-kontroll

### 1.1.1 'Moder'

1. Automatövergångar i 'moder' kan hjälpa eftersom knapptryckningarna minskar men kan även stjälpa eftersom systemet kan bli mycket svårt att förstå. Bör undvikas om det inte sker i uppenbara situationer. Föraren måste vara en del av systemet och inte enbart fungera som observatör. Automatövergångar kan leda till 'mode-confusion' och automationsövertäckningar (t.ex. "Vad gör systemet nu? Plötsligt fick jag ett akansikte!") [1].

*Anmärkning:* Även om människan generellt sett är dålig på att överblicka automatiserade 'mode'-övergångar så finns det också lyckade exempel som frigör resurser hos operatören (se anmärkning 1.1.1:1).

2. 'Mode'-systemet måste vara determinant. Det måste vara tydligt vilka knapptryckningar som ger vilka 'moder'. En specifik sekvens av knapptryckningar bör alltid leda till samma 'mode' [1].
3. System-'moder'/presentations-'moder' griper över många system i flygplanet. 'Mode'-systemet skall utformas noggrant med alla parter som är inblandade. Det skall finnas en konsekvent linje och redan från början bör utbildningsunderlag skrivas [1].
4. 'Mode'-indelning syftar exempelvis till att [1]:
  - a. Styra systemet (aktiv – passiv radar).
  - b. Renodla presentationen till ett givet syfte (styrordermod – siktesmod).
  - c. Allokera en presentations- och manövreringsresurs till en funktion (t.ex. ett riktningindex och avståndssiffra; dessa kan ju användas både för markmål, luftmål och en landningsplats).
  - d. Hjälpa operatören att genomföra erforderliga inmatningar, inställningar och funktionsval.
  - e. Hjälpa operatören att förstå ett tillstånd i systemet, t.ex. "On/Off".

*Kommentar:* Det är viktigt att aktiv 'mode' alltid presenteras. 'Moder' bör normalt struktureras normalt enligt pyramidform (hierarkiskt). Om det däremot handlar om ett begränsat antal kända val så bör en 'mode'-struktur med trattform generellt ge en bättre överblick än en pyramidform. Detta återspeglar en fundamental skillnad mellan informationssökning som normalt fungerar bäst med pyramidform och val mellan redan kända alternativ där en trattform är effektivare.

5. Rekommenderat antal 'moder':
  - a. Rekommenderat högsta antal huvud-'moder' i en dimension (nivå 1): 5

*Kommentar:* Är 'mode'-valet överskådligt, såsom t.ex. menyvalen på en indikator (alla menyval är ju synliga samtidigt) kan antalet 'moder' ökas väsentligt.
  - b. Rekommenderat högsta antal sub-'moder' (nivå 2): 3
  - c. Rekommenderat högsta antal 'moder' i en sub-'mode' (nivå 3): 2 – 3
6. 'Moder' återfinns på ett flertal ställen i ett flygplan. Följande typer av 'mode'-strukturer kan skönjas:
  - o Övergripande system-'moder' (exempelvis "Jakt", "Attack", "Spaning")
  - o Arbets-/funktions-'moder' (exempelvis "Off", "Standby", "Active", "Passive")
  - o Fel-'moder' (exempelvis "Normal", "Reservmode", "Nödmode")
  - o Presentations-/bild-'moder' (exempelvis "Siktesmode", "Styrordermode")
  - o Inmatnings-'moder'/Menyer (exempelvis "Mission", "EWS", "Warning" på 'Central Display')
  - a. Övergripande system-'moder' – Denna typ av 'mode'-struktur används för att styra alla flygplanets system mot ett användningsområde. På så vis slipper föraren att ställa in alla delsystem för detta användningsområde. Självklart minskar flexibiliteten i systemet, men vinsten att det blir tydligare överväger normalt detta. 'Mode'-växling sker i stort sätt alltid manuellt.
  - b. Arbets-/funktions-'moder' – Varje delsystem har ofta sina egna arbets-'moder' (t.ex. radarn). Den kan till viss del oberoende från den övergripande system-'moder' vara i ett antal tillstånd (avslagen, under uppstart, aktiv, under nedstängning etc.). Dessutom kan den vara i ett antal aktiva arbets-'moder', såsom jakt-'mode' (optimerad för att spana och följa mot luftmål) eller attack-'mode' (optimerad för att spana och följa mot mark- och sjösmål). Arbets-'moderna' beskrivs ofta av ett tillståndsdigram, där tillstånden skiftas vid olika händelser, som både kan vara automatiska och manuella (knapptryckningar).
  - c. Fel-'moder' – Det är av absolut största vikt att systemet degraderas i steg när fel uppstår ('graceful degradation'). Att gå från ett fullt fungerande system direkt ned till den mest rudimentära nöd-'moder' kan vara farligt, eftersom föraren har svårt att snabbt ställa om mellan helt olika arbetssätt.
  - d. Presentations-/bild-'moder' – Dessa moder används för att renodla presentationen mot ett visst syfte, för att därigenom slippa ha onödig information presenterad. Automatiska växlingar av presentationsmoder minskar antalet knapptryckningar för föraren men riskerar att göra systemet otydligt. Då presentations-'moder' både är kopplade till automatik, manuella val och till olika inmatningsmenyer är risken avsevärd att föraren upplever

systemet som ologiskt. Varje 'mode'-logik i sig kan ju vara logisk (bild-'mode'-/menystruktur) men tillsammans blir det komplext och överskådligt.

- e. Inmatnings-'moder'/Menyer – Dessa används för att föraren skall kunna välja vissa funktioner (funktionsval), välja vissa bild-'moder' eller presentationspåtryck, samt att göra inmatningar i systemet (variabelval). Menystrukturen är oftast sådan att det finns en grundmeny eller toppmeny, varefter de olika menyerna väljs med t.ex. ramknappar på en indikator. Bild-'moder' på indikatorer kan vara kopplade såväl mot ett menyval som ett funktionsval, vilket i vissa fall kan bli förvirrande. Val av bild-'moder' kan ibland kräva en 'toggle'-knapp. Med detta menas att samma knapp används för att hoppa in och ur bild-'moden'. Detta är användbart då föraren bara snabbt behöver växla bild-'mode' för att kontrollera något. Menystrukturen är oftast inte helt strikt hierarkiskt, utan det finns genvägar (dvs. submenyer kan nås från varandra utan att gå via huvudmeny) samt att samma funktionsval i flera menyer. Allt detta för att minimera antalet erforderliga knapptryckningar. Inmatningen i systemet sker via knappar eller utpekning (t.ex. klicka ut en navbrytpunkt). Knappinmatningen kan vara kodstyrd, vilket var vanligt i äldre system där det inte fanns avancerade indikatorer. Kodstyrd inmatning innebär att det inmatade värdet föregås av en kod (adress på variabeln) som anger vilken variabel som värdet hör till. Menystyrd inmatning påminner mer om mobiltelefon där föraren knappar sig fram genom menyer tills aktuell variabel kan väljas för inmatning. Kodstyrd inmatning är ofta snabbare (då man lärt sig koderna) medan den menystyrda är betydligt tydligare. Inmatning tjänar följande syften:

- i. Inmatning av systemvariabler, dvs. värden som är gemensamma för olika användningsområden (t.ex. tidsinställning).
- ii. Inmatning av operationella variabler, dvs. värden som är unika för en viss användning (t.ex. positioner på brytpunkter och målpunkter eller inmatning av frekvens).
- iii. Inmatning av vissa presentations- och manövreringsvärden (t.ex. volymjustering).

7. Generellt om "mjuka" knappar (t.ex. knappar kring en indikator med olika funktioner) [1]:

- a. En knapptryckning måste ge någon form av kvittens såsom klickljud, blinkning eller motsvarande.
- b. En knapptext som anger vilken 'mode' tryckning genererar bör undvikas eftersom föraren kan tro att detta är den aktiva 'moden'.
- c. Knapptexten bör beskriva funktionen och det berör framgå om funktionen är aktiverad eller ej (exempelvis upplyst text, upplyst box runt texten etc.).
- d. En funktion som inte är valbar, bör indikeras på något sätt. Exempelvis kan knapptexten kryssas eller skrivas i svag intensitet. Att ta bort knapptexten helt eller att inte ge någon feedback alls då den trycks in är förvirrande för föraren.

8. En 'mode'-indikering som enbart förekommer som en textkod på fix plats på indikatorn är mer svårläst än en som dessutom kodas genom att visas på olika position [1].

*Anmärkning:* Om det är ett relativt litet antal objekt som ska indikeras/kunna skiljas från varandra är positionering ett användbart sätt att koda information. Det blir dock svårt om det är många olika lägen eller informationselement det är frågan om. Ett exempel kan vara en varningstabla (VAT) där varningslampornas blinkning ska förmedla information, men eftersom det kan förekomma flera fel samtidigt kan informationen ofta vara svårtolkad. Det kan alltså vara svårt att skilja mellan ett större antal 'moder' enbart genom unik positionering.

9. Tänk på att en människa ofta är en rätt så dålig passiv övervakare. Föraren måste få stöd att upptäcka att exempelvis se ett felaktigt värde eller avgöra att ett system har en felfunktion - systemet måste aktivt göra föraren uppmärksam [1].

*Anmärkning:* Människan har i allmänhet svårt att fokusera uppmärksamheten under en längre tid. Det är därför inte förvånande att operatörer ibland missar viktiga händelser/mål under systemövervakning och avsökning som kräver koncentration under lång tid. Förmågan till upptäckt förbättras om målen är tydliga och enkla, det är få objekt, samt om operatören är erfaren och har en bra mental modell. Både informationspresentation och träning kan därför förbättra upptäcktsmöjligheterna [8]. Systemet kan t.ex. framhäva mål som gör hotfulla manövrar.

### 1.1.2 Gränssnittsflexibilitet

1. För stor valfrihet i konfigurering av presentation försvårar utbildning och träning [1]. Exempelvis, "I anfallsfasen, hämta måldata på MI". Om MI (målindikator) kan placeras på olika indikatorer kommer föraren inte veta var han skall titta och utbildning försvåras.

*Anmärkning:* Det är svårt att göra en generell bedömning om detta. Faktorer som uppdragstyp, taktiskt situation och erfarenhet hos operatören avgör om flexibilitet i informationspresentationen eller gränssnittsutformningen är lämplig. För en mindre erfaren operatör eller en belastad operatör är ett helt fast gränssnitt troligen det bästa, medan detta fasta gränssnitt kan hindra den erfarna operatören att lösa vissa komplexa situationer eller att nå sin maximala potential i vissa uppdrag.

2. Zoomning kan vara bra. Om zoomningen sker med fasta steg främjas diskussion, utbildning och erfarenhetsöverföring. Det skall vara möjligt att snabbt och enkelt återgå till normalläge [2].

### 1.1.3 Manövrering av 'Hands on throttle and stick' (HOTAS)

1. 'Head-up'-funktioner, funktioner som används ofta och funktioner som används i stressade situationer ska i de flesta fall vara HOTAS-placerade [1].

*Kommentar:* Beakta dock punkt 1.1.3:4.

2. Håll ihop funktioner som tillhör ett system/funktion till samma knapp [1].
3. Beakta ryggmärgsbeteende vid byte av funktion på knapp [1].

4. Undvik att placera flera knappar med samma utformning nära varandra eftersom det kan bidra till felaktiga tryckningar i stressade situationer [1].

## 2 Presentation

Vid all presentation måste tecken och symboler och utformas med hänsyn till perceptuellt och synergonomiskt viktiga visuella faktorer. Några viktiga visuella faktorer är:

- o Storlek (se bilaga 7.1)
- o Typografi
- o Färg- och luminanskontrast (se bilaga 7.2 respektive bilaga 7.3) mellan tecken/symboler och den bakgrund de visas mot
- o Läsbarhet (se bilaga 7.4)

Information kan presenteras oformaterad eller formaterad. Oformaterad information innebär att användaren inte alltid vet var, när och i vilket format den nya informationen kommer upp på skärmen. Formaterad information presenteras på bestämda ställen och enligt ett bestämt format (t.ex. meny, tabell, strukturerad layout). I bilaga 7.5 återfinns en beskrivning av skillnader i användning av oformaterad respektive formaterad information.

### 2.1 Displayformattering

1. Kommandon, systemmeddelanden och information skall vara konsekvent organiserad. Menyer skall visas konsekvent för alla 'moder', transaktioner och sekvenser [2].
2. Information på en indikator skall grupperas enligt självklara, tydliga principer såsom uppgift, system och funktionalitet [2].
3. All information som behövs för en funktionalitet skall vara tillgänglig samtidigt (på samma sida) [2].
4. All information som är relaterad till en specifik funktion/uppgift skall presenteras på samma display [2].
5. Strävan skall vara att föraren inte skall behöva komma ihåg information från en indikator till en annan avseende en specifik funktionalitet [2].
6. När information presenteras på multipla sidor i en display bör information som relaterar till samma funktion och/eller samma uppgift presenteras på en och samma sida [2].
7. Finns fler sidor skall sidlokalisering finnas. Sidnummer och maxantal sidor skrivs ut: "Sida X av Y" [2].
8. Konsekvent och enkelt skall det gå att förflytta sig mellan olika informationssidor, exempelvis genom 'scrolling', 'paging' och zoomning. 'Scrolling' används om det är kontinuerlig text och 'paging' när det är logiskt grupperade data [2].

9. En del av en indikator som presenterar en viss typ av data bör optimalt uppta en storlek på näthinnan av minst 9 synvinkelgrader. Detta motsvarar på ett betraktningssavstånd av 70 cm en indikator med en längd/höjd av ca 7 - 10 cm. En mindre delindikator blir klottrig och en större blir överskådlig [2]. Storlek på näthinnan är alltid relaterad till såväl ett objekts betraktningssavstånd som dess fysiska storlek i t.ex. cm eller mm.

*Kommentar:* I bilaga 7.1 anges formler för bestämning av symbolers storlek på näthinnan (grader och bågminuter).

10. Tabellinformation skall visas uppdelade i rader och kolumner, med separation efter 5. Finns flera sidor skall sista raden upprepas på nästkommande sida [2].

### 2.1.1 Täthet

1. Displaytäthet är mängden nyttjad yta av den totala displayytan (normalt uttryckt i procent) vilket inte ska förväxlas med informationstäthet. Det finns ett flertal viktiga riktlinjer avseende displaytäthet [2]:
  - a. Displaytäthet får inte överstiga 50 % och skall helst vara mindre än 25 %.
  - b. Tätheten skall minimeras för kritisk information.
  - c. På indikatorer som innehåller text och siffror skall tätheten vara mindre än 25 %.
  - d. Den oanvända arean skall fördelas jämnt och användas för att dela upp grupper logiskt.
2. Informationstätheten skall minimeras. Begreppet informationstäthet avser här ”mental informationstäthet”. Mental informationstäthet är den mängd information som subjektivt bearbetas och processas under viss mental arbetsbelastning. Vid hög mental arbetsbelastning förmår föraren processa mindre mängd information än vid låg mental belastning. Samma mängd information uppfattas som olika informationstät beroende på förarens mentala arbetsbelastning [3].

## 3 Informationskodning

1. Uppdatering av information (alfanumerisk information) [2]:
  - a. Generellt skall växling av teckenvärden inte ske oftare än 1 gång per sek. Detta är särskilt viktigt för alfanumerisk information.
  - b. Om informationen är realtidsinformation och är av typen förändringshastighet eller bruttovärden skall uppdateringen vara mellan 2 till 5 gånger per sekund.
  - c. Möjlighet till att frysa indikatorn kan beaktas. Det skall då vara tydligt att den är i fryst läge och när det frysta läget lämnas skall aktuellt värde presenteras.
2. Om så krävs skall värden prediceras genom att extrapolera dynamiska data [2].

3. Gränser/Linjer:

- a. Onödiga gränser skall inte ritas [2].
- b. Gränser och linjer skall vara obrutna och inte kodade genom vågmönster, streckning, fyrkantsmönster eller liknande [2].
- c. Gränser kan ha en riktning (en insida och utsida). Detta skall indikeras med en skuggning på insidan [2].

*Anmärkning:* Beroende på uppgift/situation kan det finnas bättre alternativ än skuggning. Skuggning skulle t.ex. kunna påverka läsbarheten av symboler.

- d. Färger för gränser är grönt, gult och i undantagsfall rött [2].

*Anmärkning:* Detta är generella rekommendationer. För denna typ av färgval är färg- och luminanskontrast mycket viktigt (se bilaga 7.2 respektive bilaga 7.3).

- e. TMA ('Terminal Control Area') och andra navigeringsrelaterade gränser ritas turkost [1].

*Anmärkning:* Som punkt 3:3d (se även anmärkning för punkt 3.1:3f)

- 4. En studie har visat att detekteringstid och felavläsningsprocent är lägst för färgkodning, därefter kom piktogram och sedan geometrisk form [4].

*Anmärkning:* Det är väl belagt att färgkodning har lägst detekteringstid och felavläsningsprocent vid sökuppgifter. Det är däremot svårt att generellt styrka skillnaden mellan piktogram och geometrisk form.

- 5. Max 7 (7±2) olika informationsgrupper av symboler ska användas [3].

*Kommentar:* Detta gäller främst displayer där endast en typ av informationskodning används (s.k. unidimensionella displayer). På multidimensionella displayer gäller antalet för varje typ av informationskodning.

### 3.1 Färg

Färgpresentation har vid visuell sökning av framförallt oformaterad information visat sig ha stora fördelar under förutsättning att färgvalet är optimalt samt att informationen är redundant kodad (dvs. att färgen inte är ensam informationsbärare utan används tillsammans med annan symbolkod, exempelvis formkodning). Färg har under dessa förutsättningar visat sig ha flera fördelar.

Sammanfattningvis kan man påstå att färg [42-44][46][57-60]:

- har stort uppmärksamhetsvärde
- underlättar visuell sökning, lokalisering och gruppering
- främjar spatial organisering, skapar överblickbarhet och ger bättre helhetsintryck
- gör det lättare att avgöra objektgenskaper och gestalter
- medför ofta snabbare reaktionstider och lägre felfrekvens
- innebär färre ögonfixeringar
- innebär färre mentala operationer
- innebär störst fördelar vid hög arbetsbelastning

Ytterligare information om färgkodning återfinns i bilaga 7.6. Punkterna med riktlinjer för olika färgkombinationer är endast helt giltiga i de fall färgerna är klara. Om färgerna blandas kan andra effekter uppnås. Till exempel är djupblått en olämplig färg. Däremot fungerar turkost i förgrund och dimblått som bakgrund bra [1]. Kontentan av detta är att även om en viss färg generellt inte är lämplig i ett visst sammanhang så kan nyanser av färgen fungera bra.

1. Färgkodade symboler skall minst vara 20-25 bågminuter (ca 4-5 mm stora på 70 cm avstånd).

*Anmärkning:* Detta gäller för upp till ca 5-7 färger. Vid fler färger bör färgkodade symboler vara större på grund av risken för additiv färgblandning som beskrivs i bilaga 7.6.3.

2. Färg kan minska söktiden om den används på rätt sätt. Färger skall användas restriktivt annars bidrar de till klotter. Använd där det är lämpligt färg för att skilja mellan informationsklasser i komplexa och kritiska situationer. Antalet olika (förgrunds) färger bör vara max 7. Använd klara färger för att förstärka viktig information.

*Anmärkning:* Omgivningsbelysningen påverkar vilka förgrundsfärger och bakgrundsfärger som är lämpliga i olika kombinationer. Bakgrundsfärgen bör vara neutral (vit/grå/svart) förutsatt att ingen information finns i bakgrunden.

3. Färger bör betyda:

- a. Blinkande rött: Omedelbar fara, nödsituation som kräver en omedelbar åtgärd [2].
- b. Fast rött: Fara eller fel. Fientligt. Rött bör ej vara en dominerande färg [2].
- c. Gult: Varning, okänt, uppmärksamhet krävs [2].
- d. Grönt: Nominell funktion. Uppgiften kan fortsättas/accepteras. Egensymbol [2].
- e. Vitt: Tillståndet har inte säkerhetsaspekter men ett alternativt tillstånd är intaget, t.ex. vapenval. Kräver uppmärksamhet [2].



- f. Blått: Rekommenderad inriktning. Djupblått bör undvikas. Använd turkost för exempelvis navigeringsinformation [2].

*Anmärkning:* Turkost ska inte ha en semantisk innebörd. Anledningen är att turkost är lätt att förväxla med gröna och blå färger. Turkos ingår inte heller bland primärfärgerna eller de elva kategoriska färger som visat sig lätta att identifiera samt även korrekt namnge.

- g. Grått: Mindre viktig info (exempelvis städer, gränser) [1].

- 4. Färgkodning skall aldrig vara ensam informationsbärare, utan skall kompletteras med formkodning eller text. Färgkodningen kommer dock vara den dominerande koddimensionen [2][4].
- 5. Vid färgkodning måste det bäras i åtanke att färger uppfattas olika under olika omgivningsljus (från solljus till mörker).

*Kommentar:* Se bilaga 7.6.1 om färgkodning under olika ljusförhållanden.

- 6. Färgkodning skall användas sparsamt. Används den inom olika informationskategorier skall färgkodningen vara konsekvent och betyda samma sak i de olika kategorierna [2].
- 7. Undvik följande kombination av färger på en display [2]:
  - a. Rött och blått.
  - b. Rött och grönt.
  - c. Blått och grönt.

- 8. Undvik följande förgrundsfärger på följande färgbakgrunder [2]:

*Kommentar:* För samtliga färgkombinationer nedan gäller att den negativa effekten är särskilt påtaglig om en liten yta av bakgrundsfärgen övertäcks av förgrundsfärgen (exempelvis en symbol).

- a.
  - i. Gult på vitt
  - ii. Mörkrött på svart
  - iii. Mörkblått på svart
  - iv. Magenta/lila på svart

- b.**
  - i.** Grönt på vitt
  - ii.** Gult på violett/lila
  - iii.** Gult på grönt

*Anmärkning:* Detta beror helt och hållet på följande faktorer: 1) typ av färg X på färg Y, 2) luminanskontrast mellan färg X och färg Y, och 3) omgivande ljusintensitet (X och Y är färgerna som här avses). Generellt sett är kombinationerna ovan inte bra beroende på för låg kontrast. Om tillräckligt hög kontrast kan skapas kan kombinationerna vara användbara men en bra grundinställning är att undvika dem.

- c.**
  - i.** Magenta/lila på grönt
  - ii.** Rött på grönt

*Anmärkning:* Anmärkningen för punkt 3.1:8b gäller även för denna punkt. Utöver det kan denna färgkombination orsaka att flimmer upplevs vid låga nivåer på omgivande ljus.

**9. Beakta följande situationer [2]:**

- a.** Rött är bäst utnyttjat vid höga omgivande ljusnivåer.
- b.** Gult har generellt god synlighet under olika ljusförhållanden.

*Anmärkning:* Detta förutsätter en god kontrast mot bakgrunden.

- c.** Grönt har generellt god synlighet under olika medelkraftiga ljusförhållanden.

*Anmärkning:* Som anmärkning för 3.1:9b.

**10. Svart bakgrund ger kortast avläsningstid [4].**

*Anmärkning:* Detta gäller inte helt generellt eftersom det förutsätter god kontrast på det som ska avläsas. Omgivande ljusförhållanden påverkar också. Se även bilaga 7.4 om läsbarhet.

**11. Grå bakgrundsfärg ger minst antal felavläsningar [4].**

*Kommentar:* Anledningen är att grått är lättast att anpassa till varierande omgivande ljusförhållanden.

**12. Färgkodade symboler är generellt tydligare än symboler som enbart är kodade med luminanskontrast (exempelvis så är gult på svart tydligare än grått på svart) [4].**

*Kommentar:* Se bilaga 7.2 och bilaga 7.3 om färg- respektive luminanskontrast.

**13. På grå bakgrund är rangordningen för minsta felavläsning av färger gul (bäst), blå, grön och röd (sämst) [4].**

- 14.** På blå bakgrund är rangordningen för minsta felavläsning av färger gul (bäst), röd och grön (sämst) [4].

*Anmärkning:* Allra bäst är egentligen vit. Även om grön ger högre felavläsningfrekvens än röd så är röd den jobbigaste att läsa på grund av att röd och blå hamnar i olika djupplan (s.k. kromatisk abborration) och därför kräver kontinuerlig ackommodation.

- 15.** Följande bakgrund bör användas: svart som land och dimblått som hav [1].

*Anmärkning:* Detta beror på hur viktig bakgrundsinformationen är samt på ljusförhållandena i omgivningen. En mörk bakgrund är allmänt bra vid låga ljusförhållanden men en ljus bakgrund är i allmänhet bättre vid höga ljusnivåer.

- 16.** Skall en symbol bestå av två färger kan följande färgpar användas:

- a.** Rött och gult.

*Anmärkning:* Om varje färgelement är mindre än 20-25 bågminuter (per färg) finns risk för felaktig uppfattning av färgerna på grund av additiv färgblandning. Additiv färgblandning beskrivs närmare i bilaga 7.6.3.

- b.** Turkost och gult [1].

*Anmärkning:* Se anmärkning för punkt 3.1:3f samt 3.1:16a.

- 17.** Färgkodade symboler skall vara minst 20-25 bågminuter stora [2]. Om en symbol har flera färger gäller detta per färg eftersom det annars finns risk för additiv färgblandning.

*Kommentar:* Mer om additiv färgblandning i bilaga 7.6.3.

- 18.** Uppfattningen av såväl kulörton som kulörthet (mättnad) försämras ju längre från fovea och ut i det perifera synfältet en färg presenteras.

*Kommentar:* Se bilaga 7.6.2 om färgkodning och perifert seende

- 19.** Vid mörkeradapterat öga förskjuts färgkänsligheten mot det kortare våglängdsområdet (t.ex. blåa färger). Därmed är mörkeradapterat öga mindre känsligt för det längre våglängdsområdet (t.ex. röda färger). Ett mörkeradapterat öga påverkar framförallt uppfattningen av reflekterande färgytor ("I mörker är alla katter grå"). Uppfattningen av färger från elektroniska (emitterande) ljuskällor (t.ex. tv, display) påverkas inte i samma utsträckning.

*Kommentar:* Se bilaga 7.6.1 om färgkodning under olika ljusförhållanden.

- 20.** Rött förstör inte mörkerseendet men tvingar ögat att ackommodera vilket kan leda till trötthet [5].

21. Limegrönt ger samma känslighet i ljus och mörker [5].

*Anmärkning:* Limegrönt kan sägas motsvara en gulaktigt grön färg. Spektralfärger av våglängder ( $\lambda$ ) mellan 525- 555 nm är det område i spektrat människan normalt uppfattar som gulaktigt gröna. Det är också det område i spektrat där både psykofysiska och elektrofysiologiska undersökningar visat att människan har högst spektral ljuskänslighet (se anmärkning 3.1:21).

22. Om intensitetsnivåer används för kodning bör max två stycken nivåer användas [4].
23. De studier som har gjorts av färgseende under G-belastning tyder på att färguppfattningen är robust förutsatt att färgerna är få och att de tillhör de så kallade primärfärgerna [41].

*Kommentar:* Läs mer färgseende under G-belastning i bilaga 7.6.2.

### **3.2 Lokalisering**

1. När en stor mängd objekt finns på en indikator blir lokalisering en viktig faktor (dvs. var på indikatorn som presentationen görs). Söktider för att lokalisera objekt reduceras om en konsekvent och enhetlig placering av komponenter finns. Lokalisering av återkommande funktioner och objekt ska helst vara samma på olika displayer och indikatorer. Spegling skall inte användas [2].

### **3.3 Orientering**

1. Alfanumeriska symboler bör presenteras upprätt. Går inte detta bör antalet kombinerade tecken ej vara större än 3 [2].
2. Stolpdiagram och indikatorer skall orienteras vertikalt eller horisontellt och aldrig snett [2].
3. Symboler skall där så är lämpligt presenteras upprätt samt med hög kontrast och luminans. Symboler som presenteras med valfri orientering (upp på symbolen är kurs) måste vara enkla och helst symmetriska. Denna typ av orientering kan hjälpa att förtydliga rörelseriktning på symbolen. Tillhörande text skall dock minimeras och helst vara max 3 tecken [2].
4. Orienteringen av symboler påverkar avläsningen. Två identiska symboler kan uppfattas som olika om de är orienterade på olika sätt. En mycket välkänd figur känns igen oberoende av orientering. En figur med en dominerande inneboende axel och med viss grad av symmetri ser inte olika ut vid olika orienteringar. Kunskap om figurens orientering, vad överdel och nederdel är, motverkar missvisande perception av figuren.
5. Avlånga symboler har en lägre detektionströskel då de är orienterade vågrätt eller horisontellt istället för snett [2].
6. Uppfattningen av en symbols orientering är starkt kopplat till rörelse. En kort huvudvridning kan förorsaka felaktig bedömning av orientering av symboler [2].

7. Symboler och text skall alltid presenteras upprätt (även för skalor) eftersom de är lättast att avläsa om de har sin normala orientering. Med mycket välkända symboler som inte har omfattande textinformation kan detta i undantagsfall frångås [2].
8. Kartor skall vara orienterade kurs upp (med fix egensymbol) eller norr upp (med friflygande egensymbol) [2].
9. Är orienteringen ett sätt att koda information skall max 8 olika presentationsvinklar (symbolens orientering) finnas om ingen skala finns och max 24 vinklar om skala finns [4].

### **3.4 Symbolik (Diagram, Ikoner, Symboler)**

Visuell perception omfattar inte enbart förmågan att detektera och avläsa visuella stimuli, utan även den kognitiva förmågan att tolka deras innebörd. Hur lätt eller svårt det är att förstå en symbols betydelse är beroende av vilken typ av symbol som används, men också av i vilket sammanhang symbolen används och vad symbolen representerar. Det sätt symbolen avbildas på kallas för symbolens representation.

1. Symboler kan indelas i alfanumeriska symboler (ett antal tecken), piktogram (grafik som symboliserar något) och geometrisk form (kvadrat, triangel etc.) [2][4].
2. Symboler innebär att någon form av inläring måste ske [1][3].

*Kommentar:* Symboler kräver inläring eftersom de är kontextberoende och måste tolkas från ett givet sammanhang. En individ kan känna igen en symbol men associera/tolka den utifrån en annan kontext.

3. Inläring av alfanumeriska symboler går snabbt eftersom språk och siffror är väl inlärd [1][3].
4. Särskiljning och tolkning av en alfanumerisk symbol i stressade situationer där flera alfanumeriska symboler är presenterade tar längre tid än särskiljning av färg och form, eftersom alfanumeriska symboler är relativt lika till utseendet [1][3].

*Kommentar:* Alfanumeriska symboler hanteras med en seriell process av människan medan t.ex. färg och form hanteras med en mer parallell process.

5. Man har funnit att bokstavsrepresentation (Mnemonisk, t.ex. M för Memo) ger kortare söktid än siffror (t.ex. 3 för Memo). Detta förutsatt att god överensstämmelse råder mellan bokstav och representerat ord, annars är siffror bättre. Att avläsa och kommunicera en bokstav och sedan en eller två siffror är det lättaste [2].
6. Teckenkodning kan gå till på tre sätt [2][4]:
  - a. Kopierade koder: Exempelvis de första tre bokstäverna i ett ord eller förkortningar där vokalerna är avlägsnade (flygplan → fpl).
  - b. Associerade koder: Tecken betyder något förutbestämt, från exempelvis en lista med felkoder (fel 125 → syntaxfel).

- c. Transformerade koder: Tecken kommer från en uppsättning regler, t.ex. första tecknet kommer från X och andra från Y.
7. Symboler kan ha en textmarkering ('label'). I förekommande fall ska den helst finnas i symbolen och inte utanför, eftersom detta reducerar antalet objekt att titta på. Textmarkering ska bara användas när det verkligen behövs, och inte för symboler med otvetydig och självklar betydelse [2].
8. En symbol skall alltid ha en specifik betydelse och ska alltid vara identisk i alla applikationer (enhetlighet). [2].

### **3.5 Form/Symbol**

1. Piktogram (figurativa symboler) kan indelas i:
  - a. Representativa symboler – symbolen liknar det den representerar på något av nedanstående sätt [2]:
    - i. Avbildande/ikoniska symboler – symboler som avbildar något genom liknande bild med olika detaljeringsgrad (t.ex. foto/skiss/schema), t.ex. en bild av en bomb för att beteckna en bomb. Detta är den mest intuitiva typen i termer av förståelse.
    - ii. Funktionella symboler – exempelvis bilden av en karta för navigering.
    - iii. Operationella symboler – exempelvis bilden av en hand på en strömbrytare.
  - b. Abstrakta symboler avbildar en känd liknelse/metafor, exempelvis bilden av fru Justitia. Dessa och humoristiska symboler bör undvikas [2].
  - c. Arbiträra slumpmässiga symboler innebär att symbolen är helt påhittad och liknar inget annat (t.ex. skylt för "parkering förbjuden"). Dessa kan vara lätta men kräver dock inläring [2].
2. Angående geometrisk form bör följande rangordning följas: cirkel, fyrkant, trekant, romb, där romb (diamant) är den sämsta eftersom den har högst förväxlingsrisk. Cirkel och fyrkant har kortast söktid [2].
3. Symbolen skall vara enkel och sluten (cirkel/fyrkant), inte öppen (kryss) och skall vara minst 20-25 bågminuter (ca 4-5 mm på ett avstånd av 70 cm) och separerad 3 mm [2].
4. Symbolen skall vara unik och enkel att särskilja [2].
5. Symbolen skall följa kända konventioner och betydelser [2].
6. Symboler för kritisk signalering skall endast användas för detta [2].
7. Speciella symboler som stjärnor och pilar kan användas för att dra uppmärksamhet i alfanumeriska indikatorer och skall ha en konsekvent och unik innebörd [2].

8. Max 15 stycken olika former på symboler skall finnas [2].

*Kommentar:* Observera att detta är ett maximum – inte ett rekommenderat antal.

### 3.6 Storlek/Symbol

Bilaga 7.1 beskriver storlek på text och symboler.

1. Max tre symbolstorlekar bör användas. Från den minsta till den största symbolen bör symbolhöjden öka (logaritmiskt) med minst 1.5 för varje steg (i.e. 1:1.5:2.25). Ifall indikatorn kan zoomas kan symbolstorlekar eventuellt följa zoomningen för att ge en intuitiv känsla för vilken zoomningsnivå som är vald [2].
2. Text skall vara minst 20-25 bågminuter. Detta innebär praktiskt en storlek på ca 4-5 mm på avstånd 70 cm [2].

*Kommentar:* Beroende på symbolens uppbyggnad så ska även tjocklek på linjer och avstånd mellan linjer uppfylla vissa krav. Detta gäller inte bara alfanumeriska tecken utan även andra typer av symboler bestående av linjer.

3. Symboler skall vara minst 20-25 bågminuter [2].

### 3.7 Skalor

1. Avläsning av värden kan göras olika. Innan skalan konstrueras måste följande frågor ställas [1]:
  - a. Är exakt värde viktigt?
  - b. Är tendensen viktig (derivatan)?
  - c. Är absolutvärdet viktigt (intuitiv känsla av mycket eller lite)?
  - d. Krävs det olika hög noggrannhet vid max eller mingränsen?
2. Använd följande skalor för de olika alternativen ovan (3.7:1a-d) [1]:
  - a. Om 1a är viktigt, använd siffror (exempelvis bränslenivå).
  - b. Om 1a och 1b är viktiga, använd en rullande skala med fast visare (exempelvis höjdmätare).
  - c. Om 1c är viktigt, använd stolpdigram (exempelvis indikering av motorpådrag).
  - d. Om 1a, 1b och 1c är viktiga, använd fast rund skala och visare (exempelvis fartmätare).
  - e. Om högre upplösning önskas vid ett ändläge kan derivatan bli missvisande.

3. Skalstreck skall separeras minst 1,2 mm (1,75 mm lågt ljus) för ett betraktningssavstånd av 70 cm. Det skall inte finnas fler skalstreck än nödvändigt. Skalor har graderingsintervall och numerisk delning. Tre skalstreck (0,3 breda) förekommer: minsta (2,3 mm långa), medel (4 mm) och primärt (5,5 mm) (med siffra). Den mest intuitiva uppdelningen av skalstreck är att de minsta representerar 1, 2, 3, 4, etc. (1 skalenheter = 1), de medelstora 5, 15, 25, 35, etc., och de primära 0, 10, 20, 30, etc. De minsta kan även öka med 2, 5 eller 25 (1 skalenheter = 2, 5 respektive 25). Däremot bör de aldrig öka på ett okonventionellt sätt, t.ex. med 3, 4 eller 8 [2] [10].
4. Operationsområden på skalor skall märkas med kantlinjer. På cirkulära skalor kan även färgade kilar användas [2].
5. Steglös zoomning av t.ex. karta försvårar att konstruera tumregler och ge visuella och alltid giltiga minnesbilder. Dessutom krävs längre knapptryckningar. Exempel på tumregel: ”Det är lagom att påbörja insväng då symbolerna är 1 cm ifrån varandra” [1].
6. *Anmärkning:* Steglös zoomning bedöms ej nödvändig med dagens gränssnitt men det skulle dock kunna bli aktuellt i framtiden. I och med de förbättrade upptäcktsavstånden från aktiva och passiva sensorer i flygplanet samt länkinformation från andra sensorer i ett större nätverk riskerar dagens displaykoncept på TI (taktisk indikator) och MI (målindikator) att inte längre vara användbart. Flygföraren kan då behöva en zoomningsmöjlighet på ett ”area of interest” som kan visas på TI, MI eller FI (flygindikator). För denna funktion kan steglös zoomning vara intressant.
7. Nollpunkt på en cirkulär skala skall vara klockan 12. Om skalan ska visa negativa och positiva värden ska nollpunkt vara klockan 12 eller klockan 9 med negativa värden till vänster respektive nedåt [2].
8. Visare skall gå fram till men aldrig över de kortaste skalstrecken [2] [10].
9. För värden som skall presenteras mer än 360° skall nollpunkten vara ”klockan 12” [2].
10. Visare på fixa skalor skall utgå från höger och peka åt vänster på vertikala skalor och utgå underifrån och peka uppåt på horisontella [2].
11. Skalvärden ska alltid minska åt vänster och öka åt höger eller minska nedåt och öka uppåt [10].

## 4 Förstärkande informationskodning

### 4.1 Blinkning

1. Information som ska avläsas bör inte blinka utan istället kan man blinka en närliggande asterisk, ram eller motsvarande [2].
2. Blinkning med en frekvens på 3-5 Hz skall användas för att dra uppmärksamhet till ett föremål [2].

*Kommentar:* Mer om temporala frekvenser återfinns i bilaga 7.7.



3. Blinkning skall användas som larm för onormala och sällsynta situationer [2].
4. Max två olika blinkhastigheter skall användas (4 Hz mest kritisk och 1 Hz minst kritisk eller 0,7 Hz och 2,5 Hz) [2] [4].

*Kommentar:* Se bilaga 7.7 om temporala frekvenser.

5. Endast små ytor/symboler skall blinka [2].
6. Blinkning kan användas för att para ihop symboler som hör ihop men är spatiellt uppdelade [1].
7. Vid blinkning ska ”på-tiden” vara lika lång som ”från-tiden” dock minst 50 ms [2].
8. Blinkningar på olika ställen av indikatorn skall vara synkroniserade i tid även om de inte hör ihop [2].
9. En markör kan blinka inverterat för att visa tecken bakom [2].
10. Blinkning:

- a. Skall endast användas som larm vid nödsituationer, eller vid andra onormala eller sällsynta situationer som kräver operatörens uppmärksamhet [2].

*Kommentar:* Viktigt med en begränsning för hur mycket som kan blinka samtidigt. Det är viktigt att blinkningen har en tydlig relation till omvärlden i termer av placering (t.ex. i vissa fall vill man absolut inte dra operatörens uppmärksamhet från HU (’head-up’) till HD (’head-down’). Alternativ till visuell indikering av varning (uppmärksamhet) är ljud (3D-audio) eller taktill indikering (känslstimuli).

- b. Blinkning kan även användas vid måldetektering framförallt i indikatorer med hög täthet under begränsad tid [2].

*Kommentar:* Se föregående kommentar (4.1:10a).

## **4.2 ’Reverse video’ (’Brightness inversion’)**

1. Inverterade symboler och inverterad text som kan användas för upplysningar som kräver omedelbar uppmärksamhet och på indikatorer med stor täthet. Detta bör användas sparsamt eftersom det kan bidra till ögontrötthet.

*Kommentar:* Ett exempel på detta är markerad text i många ordbehandlingsprogram, som övergår från normalfallet med svart text på vit bakgrund till vit text på svart bakgrund när den markeras för att tydligt framgå gentemot omgivande text.

## 5 Anmärkningar

### 1.1.1:1

#### *Anmärkning*

Följande förutsättningar måste vara uppfyllda för att automatövergångar ska vara lyckade:

1. De får inte försämra operatörens möjligheter att bygga upp situationsmedvetande om relevanta aspekter.
2. Operatören har nödvändiga kunskaper eller påminns om alla automatövergångar.
3. Operatören får tydlig information om alla faktorer som initierar automatövergångar, dvs. även externa faktorer som t.ex. höjd och andra aktörers inmatningar.
4. Operatören får tydlig information om den nuvarande 'moden' och eventuella förändringar.

En mycket noggrann uppgiftsanalys av hur operatören bygger upp sitt situationsmedvetande om relevanta aspekter samt avvägningar vad gäller nya uppmärksamhets- och kunskapskrav är därför helt central när automatisering föreslås. När de automatiska funktionerna utvecklas kan det vara så att de handlingar som operatören behöver göra för att vara kvar i "kontroll-loopen" är det som automatiseras. Kvar blir det som är för svårt att automatisera och operatören lämnas med de mest komplexa uppgifterna. En ironi som ofta uppkommit i och med införandet av automation är följande: Automationen införs för att minska belastningen på operatören, men för de situationer där han verkligen behöver hjälp och där automationen bryter ihop försätts han istället i en ännu svårare situation eftersom det inte är operatören som styr flygplanet eller systemet in i situationen.

#### *Referenser*

[6] Sarter, & Woods, 1995

[7] Sarter, Woods, & Billings, 1997

### 3.1:21

#### *Anmärkning*

Ljuskänslighetskurvan vid fotopiskt seende har maximum vid 555 nm (vid skotopiskt seende maximum vid 500 nm). Limegrönt kan även sägas motsvara det område i spektrat där de "gröna tapparna" (se bilaga 7.6.3 om additiv färgblandning) eller receptorerna för "mellanvågigt" ljus har sitt absorptionsmaximum (530 - 535 nm). Primärfärgen, som motsvarar mellanvågigt ljus i det internationella CIE 1931 XYZ systemet, som är standard för specifikation av färgstimuli, är avsiktligt så vald att den motsvarar både den normala ljuskänslighetskurvan ( $V_\lambda$ ), utifrån vilken luminansen (Y) definieras men även den spektrala känslighetskurvan för "grönt".

Limegrönt kan i enlighet med Bezold-Brückefenomenet (se bilaga 7.6.5) uppfattas som mer gulaktig vid högre ljusnivåer men mer grönaktig vid lägre ljusnivåer.

## 6 Referenser

- [1] Hans Einerth, Luftstridsskolan/Utvecklingsenhet Luftstrid/Verkansutvecklingsenheten (f.d. TU JAS 39): Flygerfarenhet, arbete med utveckling av presentation och systemmanövrering i militära flygsystem, personlig kommunikation med kollegor samt dialog med övriga rapportförfattare.
- [2] Garner, K. T., & Assenmacher, T. J. (1997). *Situational Awareness Guidelines* (Technical Memorandum No. NAWCADPAX--96-268-TM). Patuxent River: Naval Air Warfare Center Aircraft Division.
- [3] Upprepad personlig kommunikation med Erland Svensson, FOI.
- [4] Wagner, E. (1994). *System Interface Design: A broader perspective*. Lund: Studentlitteratur.
- [5] LFV. (1999). *Aerospace Medicine In Aviation Safety*. Kursmaterial från Luftfartsverkets (LFV) haveriutredarkurs av Olaf W. Skjenna. Stockholm, juni 1999.
- [6] Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995). How in the world did we ever get into that mode? Mode error and awareness in supervisory control. *Human Factors*, 37, 5-19.
- [7] Sarter, N. B., Woods, D. D., & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics*. New York: Wiley.
- [8] Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). *Engineering psychology and human performance*. 3rd ed., New Jersey: Prentice Hall.
- [9] ISO. (1992). International Organization for Standardization. *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 3. Visual display requirements*. (ISO standard 9241-3:1992(E). Geneva: (EN 29241-3:1992. CEN, European Committee for Standardization, Brussels).
- [10] Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1992). *Human factors in engineering and design*. 7th ed., New York: McGraw-Hill.
- [11] CIE. (1986). Commission Internationale de l'Éclairage. Colorimetry. *Publication No. 15.2*. Vienna: Central Bureau of the CIE.
- [12] CIE. (1992). Commission Internationale de l'Éclairage. Contrast and visibility. *Publication CIE No. 95*. Vienna: Central Bureau of the CIE.
- [13] Boff, K. R., & Lincoln, J. E. (1988). *Engineering data compendium. Human perception and performance*. Vol I - III. Ohio: Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory Wright-Patterson Air Force Base.
- [14] ANSI. (1988). *American national standard for human factors engineering of visual display terminal workstations* (ANSI/HFS Standard No. 100-1988). Santa Monica: Human factors Society.
- [15] Derfeldt, G. (1988). Presentation av text på färgbildskärmar. *FOA Report C 50058-5.2*. Stockholm: Försvarets Forskningsanstalt.
- [16] Walraven, J., & Alferdinck, J. W. A. M. (1990). Colour specifications for the electronic chart display and information system (ECDIS). *TNO-report IZF 1990 A-19*, Soesterberg: TNO Institute for Perception.
- [17] Pastoor, S. (1990). Legibility and subjective preference for color combinations in text. *Human Factors*, 32, 157-171.
- [18] Ewert, L. (1992). *7 tumregler. Riktlinjer för bildskärmslayout*. Haninge: Ericsson Business Communications AB.
- [19] Van Nes, F. L., Juola, J. F., & Moonen, R. J. A. (1987). Attraction and distraction by text colours on displays. In Bullinger, H.-J., & Shakel, B. (Eds.), *Human-Computer Interaction: INTERACT' 87*, 625-630. Amsterdam: North-Holland
- [20] McLean, M. V. (1965). Brightness contrast, color contrast, and legibility. *Human Factors*, 7, 521-526.

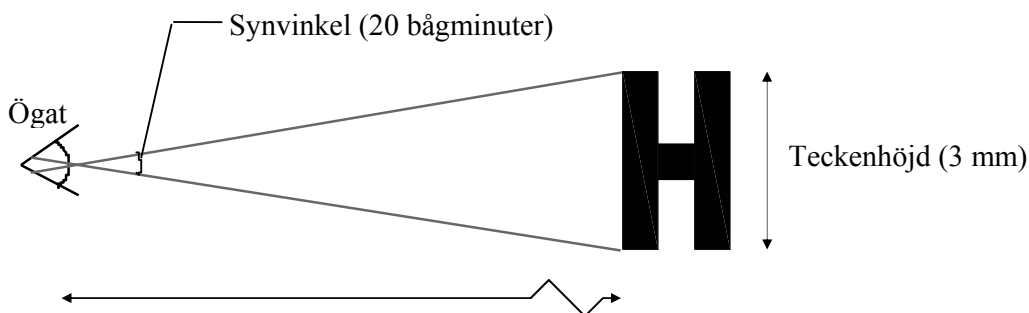
- [21] Rogers, S. P., Spiker, V. A., & Cicinelli, J. (1986). Luminance and luminance contrast requirements for legibility of self-luminous displays in aircraft cockpits. *Applied Ergonomics*, 17, 271-277.
- [22] Lippert, M., & Snyder, H. L. (1986). Unitary suprathreshold color-difference metrics of legibility for CRT raster imagery. *Tech. Report 1982-1985, HFL/ONR 86-3*, Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, Human Factors Laboratory.
- [23] Cheal, M.L., & Lyon, D.R. (1992). Attention in visual search: Multiple search classes, *Pereception & Psychophysics*, 52, 113- 138.
- [24] Boynton, R.M., & Olson, C. X. (1987). Locating basic colours in the OSA space, *Color Research. and Application*, 12, 94-105.
- [25] Derefeldt, G. & Swartling, T. (1995). Colour concept retrieval by free colour naming: Identification of up to 30 colours without training. *Displays*, 16, 69-77.
- [26] Derefeldt, G., Swartling, T., Berggrund, U., & Bodrogi, P. (2004). Cognitive color. *Color Research and Application*, 29, 7-19.
- [27] Derefeldt, G., & Berggrund, U. (1994). Färg som informationsbärare, *FOA-R--94-00048-5.2--SE*, Linköping: Försvarets Forskningsanstalt.
- [28] Hanes, R., & Rhoades, M. V. (1959). Color identification as a function of extended practice. *Journal of the Optical Society of America*, 49, 1060-1064.
- [31] Smallman, H. S., & Boynton, R. M. (1993). Segregation of basic colors in an information display. *Journal of the Optical Society of America*, 7, 1985-1994.
- [32] Travis, D. (1991). *Effective color displays: Theory and practice*. London: Academic Press.
- [33] Uchikawa, K., & Boynton, R. M. (1987). Categorical color perception of Japanese observers: Comparison with that of Americans. *Vision Research*. 27, 1825-1833.
- [34] Bruce, V., Green, P. R., & Georgeson, M. A. (Eds.). (1997). *Visual Perception*. Hove: Psychology Press.
- [35] Ayama, M., & Sakurai, M. (2003). Changes in hue and saturation of chromatic lights presented in the peripheral visual field. *Color Research, and Application*, 28, 413-424.
- [36] Ayama, M., Sakurai, M., Carlander, O., Derefeldt, G., & Eriksson, L. (2004). Color appearance in peripheral vision. In Bernice E. Rogowitz, & Thrasos N. Pappas (Eds.), *Human Vision and Electronic Imaging* (pp. 260-271), *Proc. SPIE*, 5292.
- [37] Derefeldt, G., Hedin, C.-E., Skoog, K. O., & Swartling, T. (1994). Colour vision deficiencies: Matching and confusion of computer colours. *FOA Report A 50024-5.2*. Stockholm: National Defence Research Establishment.
- [38] Koenderink, J. J., Bouman, M. A., Bueno de Mesquita, A. E., & Slappendel, S. (1978). Perimetry of contrast detection thresholds of moving spatial sine wave patterns. II. The far peripheral visual field (eccentricity  $0^{\circ} - 50^{\circ}$ ). *Journal of the Optical Society of America*, 68, 850-853.
- [39] Kelly, D.H. (1977). Visual contrast sensitivity. *Optica Acta*, 24, 107 – 129.
- [40] Lundh, B.L., Lennerstrand, G., & Derefeldt, G. (1983). Central and peripheral normal contrast sensitivity for static and dynamic sinusoidal gratings. *Acta Ophthalmologica*, 61, Fasc. 2, 171-182.
- [41] 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*, 74, 29-36. [
- [42] Derefeldt, G., (1981). Color coding of displays, maps, and images, *FOA rapport C 53003-H9*. Stockholm: Försvarets Forskningsanstalt.
- [43] Derefeldt, G., Eriksson, L., Westlund, J., Skinnars, Ö., et al. (1998). Färgpresentation för ökad taktisk situationsmedvetenhet, *FOA-R-98-00767-706-SE*, Linköping: Försvarets Forskningsanstalt.

- [44] Derfeldt, G., Skinnars, Ö., Alfredson, J., Eriksson, L., et al. (1999). Improvement of tactical situation awareness with colour-coded horizontal-situation displays in combat aircraft, *Displays*, 20, 171-184.
- [46] Backs, R. W., & Walrath, C. (1995). Ocular measures of redundancy gain during visual search of colour coded symbolic displays. *Ergonomics*, 38, 1831-1840
- [47] Purdy, D. McL (1931). Spectral hue as a function of intensity. *American Journal of Psychology*, 43, 541-559.
- [48] Purdy, D. McL. (1937). The Bezold-Brücke phenomenon and contours for constant hue. *American Journal of Psychology*, 49, 313-314.
- [49] Boynton & Gordon, R. M., & Gordon, J. (1965). Bezold-Brücke hue shift measured by color-naming technique. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 78-86.
- [50] Birch, J. (1993). *Diagnosis of defective colour vision*. Oxford: Oxford University Press.
- [51] Backhaus, G. K., Kliegl, R., & Werner, J. S. (Eds.). (1998). *Color vision-Perspectives from different disciplines*, Berlin: Walter de Gruyter.
- [52] Widdel, H., & Post, D. (1992). *Color in electronic displays*. New York: Plenum Press.
- [53] Sakurai, M., Ayama, M., & Kumagai, T. (2003). Color appearance in the entire visual field: color zone map based on the unique hue component, *Journal of the Optical Society of America*, 20, 1997-2009.
- [54] Barca, L., & Passani, F. (1984). Peripheral color vision: An annotated bibliography. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 39, 79-118.
- [55] Previc, F.H. (1998). The neuropsychology of 3-D space. *Psychological Bulletin*, 124, 123-164.
- [57] Reising J. M., Emerson T. J., Aretsz, A. (1984, February 28-March 1). Computer generated formats for advanced fighter cockpits. In C. P. Gibson (Ed.), *Proceedings of a Workshop on Colour codes vs Monochrome Electronic Displays* (pp 31.1-31.9), Farnborough: Royal Aircraft Establishment.
- [58] Reising, J. M., T. J., Solz Jr., Barry, T., & Hartsock, D-C. (1994). New cockpit technology: unique opportunities for the pilot. *Cockpit Displays* (pp. 2-12), Proceedings of the SPIE, 2219.
- [59] Christ, R. E. (1975). Review and analysis of color coding research for visual displays. *Human Factors*, 17, 542-570.
- [60] Krebs, M. J., Wolf, J. D., & Sandvig, J. H. (1978). *Color display design guide*. Office of naval Research report ONR-CR213-136-2F, Minneapolis: Honeywell Systems and Research Centre.

## 7 Bilagor

### 7.1 Storlek

Hur väl ett tecken kan avläsas är relaterat till dess storlek. Hur väl vi kan urskilja och läsa olika symboler och bokstäver beror till stor del på symbolernas och tecknens höjd och från vilket avstånd vi betraktar dem. Ett större tecken kan läsas på ett större avstånd än ett mindre tecken. Ett teckens upplevda storlek är proportionell mot dess faktiska storlek och avståndet det läses ifrån. Som måttenhet på ett teckens upplevda storlek brukar anges den storlek/vinkel tecknet upptar på näthinnan. Denna vinkel benämnes synvinkel och anges i grader och bågminuter. Ett större tecken upptar en större vinkel på näthinnan än ett mindre om de betraktas på samma avstånd. Förhållandet mellan synvinkel, betraktningssavstånd och teckenhöjd åskådliggörs i figur 1.



**Figur 1.** Förhållande mellan synvinkel, betraktningssavstånd och teckenhöjd (betraktningssavstånd 520 mm).

Enligt internationell standard (International Organization for Standardization, ISO) är en lämplig teckenstorlek för normalt läsavstånd 20-22 bågminuter (ISO, 1992). I bilaga 1 visas en graf framtagen av ISO [9], som illustrerar det grafiska förhållandet mellan betraktningssavstånd, teckenhöjd och synvinkel. På X-axeln anges teckenhöjd (H) i mm. På Y-axeln anges betraktningssavstånd (A) i mm. I grafen anges tre linjer  $\alpha 16$ ,  $\alpha 20$ , och  $\alpha 22$ . Detta är linjer för konstant teckenstorlek uttryckt i synvinkel och angivet i bågminuter. Sambandet avstånd (A), teckenhöjd (H) och teckenstorlek ( $\alpha$ ) kan matematiskt uttryckas enligt nedanstående formler. Ekvation 3 gäller endast för små vinklar. Dessa formler är användbara vid beräkningar av tecken- och symbolstorlekar.

$$\alpha = \arctan(H / A) \text{ (ekv. 1)}$$

$$\alpha = \frac{H * 57,3}{A} \text{ (ekv. 2)}$$

$$H = \frac{\alpha * A * 2,9}{10000} \text{ (ekv. 3)}$$

(ekv. 1)  $\alpha$  uttryckes i grader

(ekv. 2)  $\alpha$  uttryckes i grader, H och A anges i centimeter

(ekv. 3)  $\alpha$  uttryckes i bågminuter, H och A anges i millimeter (endast för små vinklar)

För text avsedd att användas på normalt läsavstånd (30-40 cm) rekommenderas en teckenhöjd på 2,3 - 2,8 mm. För viktiga texter bör text ha en större storlek. För viktiga texter som skall läsas på ett längre avstånd (70 cm) rekommenderas en teckenstorlek på 2,5 - 5,1 mm, förutsatt

att belysningen är god [10]. Notera att 2,5 mm är ett absolut minimum. En storlek mellan 4-5 mm på avstånd 70 cm är rekommenderat.

#### Referenser

[9] ISO, 1992

[10] Sanders, & McGormick, 1992

## 7.2 Färgkontrast

Med kontrast avses förmågan att uppfatta skillnader i ljushet och färg mellan olika ytor. Möjligheten att särskilja två färger beror på deras skillnader i ljushet, kulörton (färgton) och kulörthet (färgstyrka/mättnad). Exempelvis är gul text svårläst mot en vit bakgrund, som har en liknande ljushet, men framträder tydligt mot en svart bakgrund eftersom ljushetskontrasten då är betydligt större. För läsbarhet av alfanumeriska tecken är ljushetskontrasten mellan tecken och bakgrunder av största betydelse. Som mått på ljushet används ofta luminans eller ljushetsfaktorn ( $Y$ ), som uttrycks i  $\text{cd/m}^2$  (candela/m<sup>2</sup>). Denna kan objektivt bestämmas genom fotometrisk eller kolorimetrisk uppmätning [11][12]. För att uttrycka färgade texters kontrast och läsbarhet används ofta ett mått där ljushet, kulörton och kulörthet hos både text och bakgrund beaktas.

#### Referenser

[11] CIE, 1986

[12] CIE, 1992

## 7.3 Luminanskontrast

I litteraturen används i huvudsak två olika sätt att definiera luminans eller ljushetskontrast [10] [12] [13].

$$\text{Kontrastkvot (CR)} = \frac{Y_{\max}}{Y_{\min}} \quad (1)$$

$$\text{Kontrast (C)} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max}} \quad (2)$$

Med  $Y_{\max}$  avses det högre luminansvärdet mätt för antingen texten eller bakgrunden och med  $Y_{\min}$  det lägre. Kontrastkvot (CR) and kontrast (C) är numeriskt relaterade när  $CR = 1/(1 - C)$ . Ju lägre värde som erhålls från formlerna desto större måste texten vara för att synas tydligt. En kontrastkvot på 3 eller över anses vara en tillräcklig kontrast enligt ISO [12]. På kontrast rekommenderar ANSI [14] ett värde på minst 0,86 och ISO [9] ett värde på minst 0,67. ISO kravet på en *kontrastkvot* av minst 3 är ekvivalent med en *kontrast* på 0,67 enligt förhållandet mellan de två formlerna ovan. Det bör poängteras att dessa värden är de lägsta värden en text bör ha och det är således inte optimala värden.

#### Referenser

[9] ISO, 1992

[10] Sanders, & McGormick, 1992

[12] CIE, 1992

[13] Boff, & Lincoln, 1988

[14] ANSI, 1988

## 7.4 Läsbarhet

För läsbarhet av text är luminanskontrasten mellan de alfanumeriska tecknen och bakgrunden av största betydelse. Färgkontrast kan förbättra läsbarheten vid mörk bakgrund. Vid ljus bakgrund tycks ljushetskontrast enbart ge bäst läsbarhet. För att uttrycka läsbarhet av färgad text mot bakgrund har följande formel framtagits:

$$\Delta C = \sqrt{(155C)^2 + (367(u't - u'b))^2 + (167(v't - v'b))^2}$$

C är luminanskontrasten

u't och v't hänför sig till text

u'b och v'b hänför sig till bakgrund

ANSI [14] rekommenderar ett värde på 100 enheter för  $\Delta C$  för god läsbarhet. Värdet 100 enheter skall ses som en minimigräns eller ett acceptabelt värde. Någon rangordning av läsbarheten mellan texter med värden som är godkända kan inte göras.

Vissa färgkombinationer är mer läsbara än andra. För alfanumeriska tecken och vit bakgrund rekommenderas färgerna svart, blått, rött, grönt och för svart bakgrund färgerna vitt, gult, grönt och turkos [15].

Vid presentation av text på bildskärm diskuteras ofta huruvida man ska ha mörk text på ljus skärmbakgrund (positiv polaritet) eller ljus text mot mörk skärmbakgrund (negativ polaritet). För kontorsändamål rekommenderas ofta mörk text mot ljus bakgrund bland annat för att en ljus skärm bättre motsvarar de oftast dagsljusliknande ljusförhållandena i omgivningen i kontorsmiljö, något som förenklar adaptation. En ljus skärm ger även andra fördelar; spegelreflexer blir mindre framträdande; skillnaden i medelluminans mellan objekt som ofta betraktas i följd t.ex. bildskärm och manuskript blir mindre och detta ger i sin tur upphov till mindre subjektiva ögonbesvär. Forskning tyder även på att text med positiv bildpolaritet också är mer snabbläst än text med negativ bildpolaritet. Studier har visat att om presentationen av text på bildskärmar anpassas att motsvara den för tryckt text närmar sig läshastigheten på bildskärm den för tryckt text. En ljus bakgrund får färgerna att framstå som ytfärger snarare än lysfärger, vilket gör att tecknen lättare upplevs som mer solida. Färgens uppträdandeform är viktig för korrekt identifikation. En ljus bildskärm ställer högre krav på bildväxlingsfrekvens än en mörk eftersom den kritiska flimmerfrekvensen ökar med luminans. För arbete i mörker eller under nattetid kan en färgdisplay med negativ polaritet vara att föredra [16].

Subjektiva skattningar av läsbarhet och preferens för olika färgkombinationer visar att vissa färgkombinationer föredras framför andra. För vit bakgrund skattas svart, blått och rött som bästa färger medan gult och turkos skattas som sämsta färger. För svart bakgrund skattas vitt, gult, grönt, och turkos som bästa färger medan blått, rött och rödviolett (magenta/lila) skattas som sämsta färger. Dessutom skattas färgkombinationen rött/blått lågt och anges kunna ge upphov till subjektiva ögonbesvär. I valet mellan svart, vitt eller färgad bakgrund är preferenserna varierande. Vissa studier antyder att mörk text mot ljus bakgrund skattas som mer läsbar och behaglig än ljus text mot mörk bakgrund. Vid studier av läsbarhet och subjektiva preferenser för ett stort antal text- och bakgrundskombinationer i färg visade det sig att starkt kulörta bakgrunder skattades lågt. I allmänhet föredrogs svagare, omättade ljusa färger för paneler och bakgrunder avsedda att presenteras mot svart text men även som textfärger (alfanumeriska tecken) avsedda att presenteras mot på mörka bakgrunder [17].



Textlayout har betydelse för hur många färger som kan rekommenderas [18]. Medan en enkel layout kan bli mer tydlig med fler färger blir en komplex layout mer tydlig med färre färger. Forskning har visat att färg kan verka distraherande vid avsökning av flerfärgade textsidor om mer än ca 10 % av orden på en textsida har samma färg som sökordet [19].

#### *Referenser*

- [14] ANSI, 1988
- [15] Derefeldt, 1988
- [16] Walraven, & Alferdinck, 1990
- [17] Pastoor, 1990
- [18] Ewert, 1992
- [19] Van Nes, Juola, & Moonen, 1987
- [20] McLean, 1965
- [21] Rogers, Spiker, & Cicinelli, 1986
- [22] Lippert, & Snyder, 1986

### **7.5 Oformaterad/formaterad information**

Vid all presentation bör sju tumregler tillämpas i föreskriven ordning för att få den enskilda bilden tydlig och enkel:

1. Signal: Vad är nödvändig och vad är icke nödvändig information?
2. Funktion: Hur kan bilden hanteras på mest enkla och bekväma sätt?
3. Logik: Arbetsuppgiftens logik skall styra bildens uppbyggnad
4. Gestalt: Innehållet skall styra formen
5. Läsbarhet (se bilaga 7.4)
6. Färg (se bilaga 7.6)
7. Orientering

Oavsett om informationen är formaterad eller oformaterad påverkas avsökningen av symboler och deras symbolegenskaper (färg, form, linjer, riktningar, alfanumeriska tecken) av olika sökstrategier (parallell/seriell avsökning av symboler med olika blandformer däremellan). Parallell avsökning av symboler innebär att avsökningen av symbolerna börjar samtidigt. Tiden för upptäckt av målet eller målsymbolen är inte beroende av antal distraktorer på skärmen eftersom målet upptäcks på samma tid oavsett litet eller stort antal distraktorer på skärmen. Vid seriell avsökning av symboler anses de olika symbolerna avsökas var och en i en seriell sekvens tills den sökta symbolen upphittats eftersom reaktionstider och antal fel ökar vid ökad förekomst av distraktorer på skärmen. Studier har visat att färg, linjer och lutningar huvudsakligen processas parallellt.

#### *Referenser*

- [18] Ewert, 1992
- [23] Cheal, & Lyon, 1992

### **7.6 Färgkodning**

Färgens fördelar vid visuell sökning är störst då så kallade primärfärger (rött, grönt, blått, gult, orange) eller kategoriska färger används. Flera undersökningar har visat att vissa färger är lättare att identifiera och att namnge än andra. För de elva färgerna rött, grönt, gult, blått, violett, orange, rosa, brunt, vitt, svart och grått är överensstämmelsen mellan europeiska, amerikanska och japanska personer stor både när det gäller att identifiera och namnge färgerna.

### *Referenser*

- [12] CIE, 1992
- [24] Boynton, & Olson, 1987
- [25] Derefeldt, & Swartling, 1995
- [26] Derefeldt, , Swartling, Berggrund, & Bodrogi, 2004
- [27] Derefeldt, & Berggrund, 1994
- [28] Hanes, & Rhoades, 1959
- [31] Smallman, & Boynton, 1993
- [32] Travis, 1991
- [33] Uchikawa, & Boynton, 1987

## **7.6.1 Färgkodning under olika ljusförhållanden**

Färger och färgkontraster uppfattas olika under olika ljusförhållanden. Människans förmåga att adaptera till de enorma skillnader som naturligt förekommer i ljushet mellan dagsljus- och mörkerseende (cirka 10-12 logenheter) överstiger all modern tekniks förmåga till automatisk ljusreglering. Av denna anledning är det svårt att för samma display rekommendera **ett** färg- och kontrastval, lämpligt för hela skalan av ljusnivåer från dagsljus till mörker. Ett färgval för dagsljus och ett annat färgval för mörker rekommenderas. Förutom människans egen ljus- och färgadaptation bidrar även rent tekniska egenskaper hos de skärmar (CRT/LCD), som används för att presentera färgen till att färgerna uppfattas olika under olika ljusförhållanden. För CRT-skärmar medför starkt solljus risk för ljusreflektion i skärmen och därmed att färgerna uppfattas som svagare och blekare. LCD-skärmar har inte denna nackdel utan där uppfattas färgerna snarare som klarare vid höga ljusnivåer.

Sedan slutet av 1800-talet vet man att människan har två funktionellt skilda typer av receptorer i näthinnan, stavar och tappar. Stavarna svarar för mörkerseende och seendet vid mycket låga ljusintensiteter (på natten är alla katter grå eftersom vi inte ser några färger). Tapparna svarar för färgseende och seende på högre ljusnivåer. Stavarna och tapparna har olika känslighet både för nivån samt den spektrala sammansättningen av strålningsenergin. Om man mäter ljuskänsligheten under vanligt fotopiskt seende (dagsljusseende) och skotopiskt seende (fullt mörkerseende) kan man vid övergången från fotopiskt till skotopiskt seende se att kurvan ändrar form. Detta är ett tecken på att tapparna träder ur funktion och stavarna i funktion. Regionen mellan den fotopiska och skotopiska kallas den mesopiska nivån, en nivå där både stav och tappseende är i funktion.

Den skotopiska och fotopiska ljuskänsligheten skiljer sig åt. Stavarna har sin maximala känslighet vid ca 500 nm medan tapparna har sitt maximum vid ca 555 nm. Ett perceptuellt uttryck för detta är Purkinje-fenomenet. Om en röd och en blå eller grön färg uppfattas som lika ljusa vid god belysning kommer den blå eller gröna färgen att uppfattas som ljusare än den röda vid övergången till mörkerseende på grund stavarnas högre känslighet för kortare våglängder. På hösten då löven förekommer i olika färger kan man också lätt iaktta fenomenet. Medan de gulare löven uppfattas som ljusare under dagtid uppfattas de grönare löven som ljusare i mörker.

Kunskapen om den olika känsligheten hos stavar och tappar har fått praktisk betydelse. Man kan behålla stavarna i det närmaste fullt mörkeradapterade även under dagtid genom att bära glasögon med röda filter. Rödfiltren sätts på då man går från mörker till dagsljus och tas av då man går tillbaka från ljus till mörker. Det ljus som passerar rödfiltret, rött ljus över 620 nm, är tillräckligt effektivt för att stimulera tapparna så att vanlig läsning är möjlig under dagtid. Vid återgång till mörker från dagsljus krävs endast ca 5 minuter för att erhålla fullständig

mörkeradaptation istället för de vanliga 20-30 minuterna. Under andra världskriget tillämpades detta fenomen. Genom att bära röda filter dagtid slapp flygförare adaptera i mörkrum vilket de annars gjorde under cirka en halvtimme före nattjänstgöringen.

#### *Referenser*

[16] Walraven, & Alferdinck, 1990

[34] Bruce, Green, & Georgeson, (1997)

### **7.6.2 Färgkodning och perifert seende**

Viktiga skillnader finns mellan det foveala och perifera färgseendet. Utanför fovea avtar tapparnas koncentration successivt ut mot näthinnans perifera delar. Längst ut i näthinnan finns inga receptorer för att se färg överhuvudtaget och där ser vi alla färger som grå. Den försämrade färguppfattningen perifert är till stor del avhängig av hur stora färgytorna är som presenteras - ju större ytor desto bättre färguppfattning.

Vi kan med vårt detaljseende bara fokusera skarpt på en yta motsvarande en cirkel med 2 synvinkelgrader i diameter. Av denna anledning kan man påstå att vi har milt tunnelseende då vi detaljgranskar omgivningen. Tapparna är de receptorer vi använder för detaljseende och igenkänning av föremål. Tapparna förekommer tätt packade i den begränsade del av näthinnan som kallas fovea eller gula fläcken, som vi nyttjar då vi fäster blicken på och detaljgranskar föremål. Utan tappar är vår förmåga till färg- och formseende mycket liten. Tapparnas koncentration i fovea kan liknas vid ett förstoringsglas som gör det möjligt att identifiera detaljerade egenskaper hos de föremål vi fäster uppmärksamheten på. Den största skillnaden mellan fovealt och perifert seende är att det foveala seendet möjliggör att vi klart kan identifiera objekt samt detaljer hos objekt i omgivningen. Det perifera seendet eller omgivningsseendet varnar oss för potentiella faror i omgivningen. Vi är mycket känsliga för rörelser och plötsliga händelser (såväl rörelser som ljus) i det perifera synfältet. Det perifera seendet är mycket betydelsefullt för spatial strukturering av omgivningen, för uppkomsten av helhetsintryck ('scene memory') och korrekt uppfattning av omvärlden men också betydelsefullt för vår förmåga att själva röra oss och orientera oss i omgivningen. Det perifera seendet spelar en avgörande roll för balansen eller stabiliteten i kroppshållningen. Synen samverkar med både hörsel och balansorgan och detta sker omedvetet. Under flygning kan den interaktion som sker mellan synen och balansorganen ge föraren motstridiga signaler på grund av G-krafter vilket kan bidra till spatial desorientering.

Färger uppfattas alltså som mindre mättade eller mindre färgstarka perifert. Färgstarka färger uppfattas bättre än färgsvaga färger. Förmågan att uppfatta rent gula, blå, gröna och röda färger är bättre än blandfärger. Blå och gula färger uppfattas längre ut i periferin än röda och gröna färger. Blandfärger (orangea, gul-gröna, blå-röda) förskjuts i periferin mot gula eller blå färger. Undantag är blå-gröna färger som kan uppfattas som gul-gröna. Förmågan att uppfatta såväl kulörton och kulörthet är beroende av om färgen visas i det nasala eller temporala synfältet. Färgförmågan försämras snabbare i det nasala synfältet än i det temporala synfältet. För färger i det nasala synfältet är förmågan vid 40 graders eccentricitet ca 0-10 % av förmågan i fovea. För stimuli i det temporala synfältet är förmågan vid 60 graders eccentricitet ungefär ca 20-40% av förmågan i fovea. Mindre färgytor uppfattas sämre än större ytor. Man kan dock kompensera för den försämrade färguppfattningen i periferin genom att presentera större färgytor [35][36].

#### *Referenser*

- [35] Ayama, & Sakurai, 2003
- [36] Ayama, Sakurai, Carlander, Derefeldt, & Eriksson, 2004
- [53] Sakurai, Ayama, & Kumagai, 2003
- [54] Barca, & Passani, 1984
- [55] Previc, 1998

### **7.6.3 Additiv färgblandning**

Additiv färgblandning används i TV, i elektroniska displayer, vid scenljussättning på teatrar, operor, rockgalor etc. En färg-TV sänder bara ut tre ljussorter rött, grönt och blått och var och en av dessa kan variera i styrka. Alla färger vi ser på skärmen är således resultat av en blandning av de tre ljussorterna. En orange färg kan vara resultatet av att den röda fosfor lyser till 100 %, den gröna fosfor till 75% och den blå fosfor till 25%. Principen är att om olikfärgade ljussorter samtidigt infaller mot samma område av näthinnan blandas de olika ljussorterna i ögat och resultatet blir att betraktaren ser en färg, som är olik var och en av de olika färgerna för sig. En blandning av grönt och rött ljus ger upphov till en gul färgupplevelse, en blandning av blått och grönt ljus ger upphov till en turkos färgupplevelse och en blandning av alla de tre ljussorterna rött, grönt och blått ljus ger upphov till vitt ljus. Fenomenet kallas additiv färgblandning eftersom de olika ljussorterna adderas till varandra och för varje addering ökar ljusintensiteten. Den gula färgen som uppfattas vid blandning av grönt och rött ljus är ljusare än både det röda och gröna ljuset, den turkosa färgen är ljusare än både grönt och blått. Det ljusaste vita ljuset erhålles vid maximal blandning av de tre delljussorterna rött, grönt, och blått.

Den additiva färgblandningen är ett fenomen, som sker i våra ögon. Ett rutmönster bestående av gula och rödvioletta rutor av olika storlek uppfattas olika i färg beroende på punktstorlek. Av denna anledning får inte olikfärgade delar i symboler uppta för liten yta eftersom färgerna annars blandas additivt i ögonen och resultatet blir att vi bara uppfattar en färg.

#### *Referenser*

- [27] Derefeldt, & Berggrund, 1994..

### **7.6.4 Antal färger vid färgkodning**

En viktig fråga vid färgkodning är hur många färger man kan använda. Detta beror i hög grad på uppgiften. Uppskattningsvis kan människan särskilja några miljoner färger, kanske 6 miljoner. Denna siffra förutsätter att människor jämför färger parvis, att färgerna är placerade precis bredvid varandra och betraktas under väl kontrollerade betingelser. Personer med normal färgseende kan särskilja ca 150 spektralfärger. Människan kan särskilja mellan 100-200 nivåer i ljushet och ca 100-150 nivåer i kulörthet. En multiplikation av antal särskiljbara steg i kulörton med motsvarande steg i ljushet och kulörthet ger upp till ca 6 miljoner särskiljbara färger. Antalet särskiljbara färger ligger högt över det antal färger man med säkerhet kan känna igen och korrekt benämna, vilket inte är mer än ca 15-30 färger [25]. Är uppgiften att snabbt känna igen och hålla färgerna i korttidsminnet rekommenderas normalt inte mer än mellan 5 till 8 färger, som motsvarar det klassiska intervallet på 7+- 2 endimensionella stimuli, som man samtidigt kan hålla i korttidsminnet. I situationer förenade med livsfara brukar inte mer än 3 färger rekommenderas. Studier har visat att de fyra grundfärgerna rött, grönt, blått och gult är lättare att minnas än andra färger.

Cirka 8-10 procent av den manliga befolkningen lider av nedsatt färgseende, så kallas röd-grön färgblindhet. De har svårigheter att särskilja framförallt röd, grön, gul och orange färg varför också kombinationer av dessa färger kan vara olämpliga [37]

#### *Referenser*

- [25] Derefeldt, & Swartling, 1995
- [37] Derefeldt, Hedin, Skoog, & Swartling, 1994.

### **7.6.5 Bezold-Brücke fenomenet**

Vid studium med spektralfärger fann Bezold och Brücke i slutet av 1800-talet att en variation av ljusintensiteten medförde att kulörtonen hos spektralfärger uppfattades olika under olika ljusförhållanden. En ökning av ljusintensiteten förändrade färgerna mot gult och blått och en minskning av densamma mot rött och grönt. En mer kvantitativ bestämning av fenomenet gjordes först av Purdy. Fenomenet innebär att orangea och gul-gröna färger uppfattas som mer gula, och blå-gröna färger som mer blå då ljusintensiteten ökar. Samma orangea, gul-gröna och blå-gröna spektralfärger uppfattas som mer röda respektive gröna då ljusintensiteten sänks. Blå färger tenderar att uppfattas som violetta vid lägre intensitet. Bezold-Brücke fenomenet är subjektivt högst påtagligt och brukar förklaras i termer av opponent-färgteorin [41].

Såväl Purdy som andra har funnit att ett fåtal spektralfärger inte förändras i kulörton då luminansen förändras mellan 1 och 3 logenheter. Dessa färger motsvarar de vi kallar för rent blå (478 nm), rent gröna (503 nm) och rent gula (573 nm) färger.

#### *Referenser*

- [41] Balldin, Derefeldt, Eriksson, Werchan, Andersson, & Yates, 2003
- [47] Purdy, 1931
- [48] Purdy, 1937
- [49] Boynton, Gordon, & Gordon, 1965
- [50] Birch, 1993
- [51] Backhaus, Kliegl, & Werner, 1998
- [52] Widdel, & Post, 1992

### **7.7 Temporal frekvenser**

Temporal frekvenser mellan 0.5-10 Hz har visat sig ge maximal känslighet. Vissa studier har funnit att känsligheten ökar upp till 5-10 Hz för att därefter plana ut [38] [39]. En svensk studie fann att kontrastkänsligheten för rörliga mönster var maximal för både centralt och perifert (10 graders eccentricitet) seende för temporal frekvenser mellan 0,5 – 5 Hz [40].

#### *Referenser*

- [38] Koenderink, Bouman, Bueno de Mesquita, & Slappendel, 1978
- [39] Kelly, 1977
- [40] Lundh, Lennerstrand, & Derefeldt, 1983