



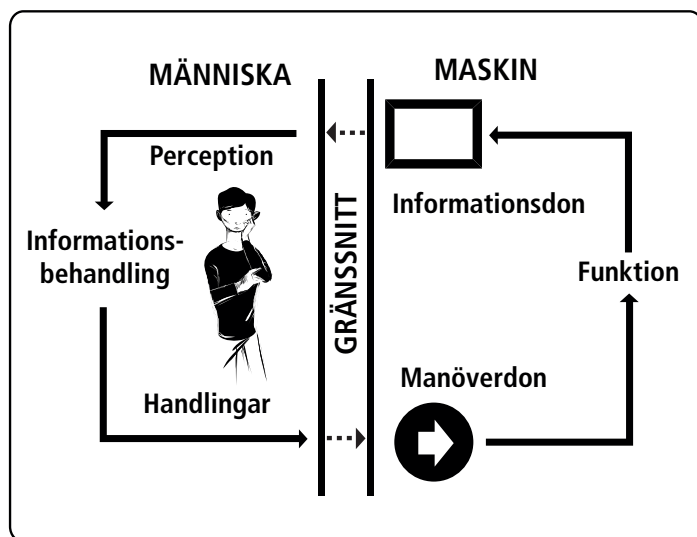
Av  
Anna-Lisa Osvalder  
Pernilla Ulfvengren

## Inledning

Kapitlet syftar till att övergripande beskriva ämnesområdet människa-maskinsystem (MMS) och hur det förhåller sig till övriga huvudområden inom arbetsvetenskap. Det syftar också till att belysa hur ingenjörer kan påverka ett människa-maskinsystems effektivitet, säkerhet, användbarhet och arbetstillfredsställelse genom att inkludera kunskap om människan vid utformning och utveckling av produkter, tekniska system och arbetsuppgifter.

Ett *människa-maskinsystem* är ett system där människa och maskin fungerar i samspel med varandra. För att inte begränsa tillämpningarna till maskiner av traditionellt slag, används i fortsättningen begreppet människa-maskinsystem (MMS) för att bredda tillämpningen. Teknik syftar här på allt från konsumentprodukter, verktyg, mobiltelefoner, persondatorer till medicinteknisk utrustning och flygteknik i cockpit. Det kan alltså röra sig om alltifrån enskilda enkla tekniska produkter som en kaffekokare eller en digital väckarklocka till säkerhetskritiska komplexa tekniska system i ett kärnkraftverk. Ett väl fungerande människa-maskinsystem medför många fördelar: ökad konkurrenskraft, mindre sannolikhet för olyckor och haverier samt ökat välbefinnande för människan. Vid olyckor är det vanligt att diskussionen handlar om att människorna som befann sig i systemet gjorde fel, men efter utredning ses ofta samband mellan det som inträffat och dåligt utformad teknik, som inte var anpassad till vare sig situation, uppgift eller användare.

Användaren i ett *människa-maskinsystem* benämns ofta operatör. Operatören styr tekniken och har kontroll över systemet. I figur 7.1 visas en enkel modell över hur ett människa-maskinsystem är uppbyggt. Gränssnitt som displayer och instrument presenterar information om teknikens status. Människans hjärna tar in, bearbetar och tolkar denna information för att besluta om hur hon ska agera vidare för att styra tekniken. Styrningen sker via olika typer av reglage som knappar, spakar och tangentbord. Därefter bearbetar och kodar tekniken dessa styrdata och visar ny status. Den delen av tekniken som kommunicerar med människan kallas användargränssnitt. Klassiskt sett associeras utformning av användargränssnitt med människa-maskininteraktion (MMI).



**Figur 7.1.** Ett människa-maskinsystem består av människor och teknik som samverkar (interagerar) i en viss kontext (omgivning) för att lösa givna uppgifter. Modellen över människa-maskinsystemet visar på ett cykliskt förlopp där information, materia och/eller energi kontinuerligt utväxlas i interaktionen mellan människan och tekniken under påverkan av omgivningen.

För att ett människa-maskinsystem ska uppfylla sitt syfte, det vill säga utföra specifika uppgifter, måste det vara användbart. *Användbarhet* delas upp i två delar, dels nytta som innebär att systemet innehåller rätt och fungerande funktionalitet, dels användarvänlighet som innebär att tekniken ska vara enkel och säker att hantera för den målgrupp den är avsedd för.

Målet med ämnet människa-maskinsystem är att utforma system som medför ett fungerande samarbete mellan människa och teknik, där människans förmågor att hantera systemet utnyttjas, medan effekterna av människans begränsningar motverkas. Den kunskap som är central för ämnet är människans möjligheter att utföra de mentala och fysiska aktiviteter som krävs av systemet, samtidigt som hon påverkas av de fysikaliska omgivningsfaktorerna och den sociala miljön. Teknisk psykologi är ett begrepp som också ingår i människa-maskinsystem (Danielsson, 2001). Det som skiljer ämnet från klassisk arbetsvetenskap är att här inkluderas och betonas främst människans kognitiva förutsättningar, förmågor och begränsningar vad gäller informationsbearbetning och beslutsfattande.

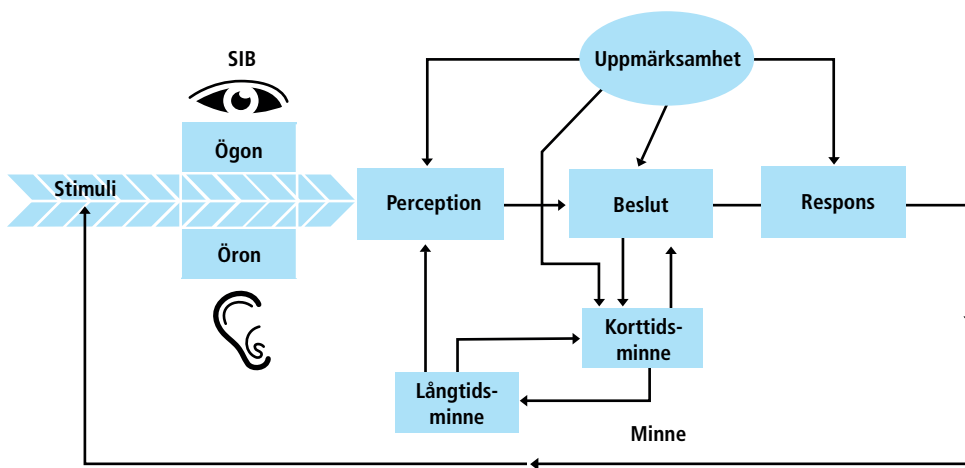
Ämnet människa-maskinsystem är tillämpligt vid all utveckling av teknik som ska användas och hanteras av människor. Människa-teknikaspekterna måste därför inkluderas i utvecklingsprocesser som en naturlig och självklar del, både i analys- och syntesdelar. Flertalet av de metoder och processer som beskrivs i kapitel 9 och 10 är tillämpliga på alla typer av människa-maskinsystem, oberoende av komplexitetsgrad.

För att uppnå ett väl fungerande system behöver alla delar i systemet beaktas: människan, tekniken, miljön och uppgiften. Ofta uppnås detta då en lämplig arbetsorganisation mellan teknik och operatör skapats, vilket inkluderar frågor kring automation och arbetsinnehåll, utformning av arbetssätt och teknik med hög användbarhet. Vissa mänskliga förmågor går att öva upp, här är träning och utbildning en viktig del. Även urval av användare för specifika arbetsuppgifter kan vara relevant i vissa sammanhang. Arbetsuppgifterna måste utformas för att uppnå systemets mål, samtidigt som de är meningsfulla och tillfredsställande att utföra för operatörerna. Grundläggande arbetsvetenskapliga aspekter som goda psykosociala och fysiska arbetsmiljöförhållanden är också viktiga förutsättningar för säkra och effektiva människa-maskinsystem.

Innehållet i detta kapitel bidrar med tillämpad kunskap och ökad förståelse för hur människa-maskinsystem fungerar och hur de ska utformas så att människor kan interagera med tekniken och utföra arbetsuppgifter på optimalt sätt. Kapitlet inleds med kognitiva teorier kring informationsbehandling, det vill säga de processer som möjliggör att människan kan tolka, bearbeta, besluta och agera på omgivningens information. Först behandlas människans informationsintag av stimuli via sinnen (sensation), därefter beskrivs uppmärksamhet, perception och minne, samt beslutsfattande och val av lösning. Olika modeller över beslutsfattande bidrar till att förklara varför beslut kan te sig olika beroende på om en situation är okänd eller känd, eller om användaren är nybörjare eller expert. Därpå följer en beskrivning av designprinciper för utformning av användaranpassade gränssnitt, det vill säga hur displayer, reglage, varningar och larm ska utformas för att säkerställa rätt kvalitet och funktion i systemet. I efterföljande avsnitt om automation diskuteras vanliga skäl till att automatisera, olika automationsnivåer och arbetsorganisation mellan människa och teknik. Kapitlet avslutas med en beskrivning av olika prestationsstyrande faktorer som är starkt kopplade både till den fysiska och psykosociala arbetsmiljön.

## 7.1 Kognitiva processer

*Kognitiva processer* handlar om hur människan tar in information från omgivningen via sinnena, uppmärksammar och varseblir viss information, bearbetar information i minnet samt fattar beslut och agerar. Människans informationsprocessande och dess inbördes relation kan förenklat och schematiskt beskrivas enligt en modell (figur 7.2) baserad på Wickens med flera (2004). De ingående delarna representerar sinnesintag, sensorisk informationsbuffert, uppmärksamhet, perception, korttidsminne, långtidsminne, beslutsfattande och problemlösning, respons samt en återkopplingsloop.



**Figur 7.2.** Modell över människans informationsprocess (Wickens med flera, 2004).

Alla delar i kognitionen pågår både parallellt och seriellt. Människor tar in sinnesintryck samtidigt som information bearbetas och beslut fattas. Kvaliteten på informationen påverkas om det är mycket samtidig information och om den är svår att urskilja. Trots dålig kvalitet på informationen kan människan genom ökad ansträngning, erfarenhet och slutledningsförmåga ändå oftast fatta korrekta beslut. Detta fungerar eftersom olika sinnesmodaliteter nyttjas och att delar av informationsbehandlingen utförs omedvetet. Människans medvetna kognitiva kapacitet är begränsad och därför används olika former av förenklingar i form av mönsterigenkänning, gruppering och tumregelsbeslut för att minska den mentala belastningen.

## 7.2 Informationsintag via sinnena

Vid utformning och utvärdering av människa-maskinsystem är kunskapen om människans mentala förmågor och begränsningar central. Människan har stora möjligheter att ta till sig och bearbeta olika typer av information från systemet, men det finns också hinder i interaktionen mellan människa och teknik som det är viktigt att ha förståelse för.

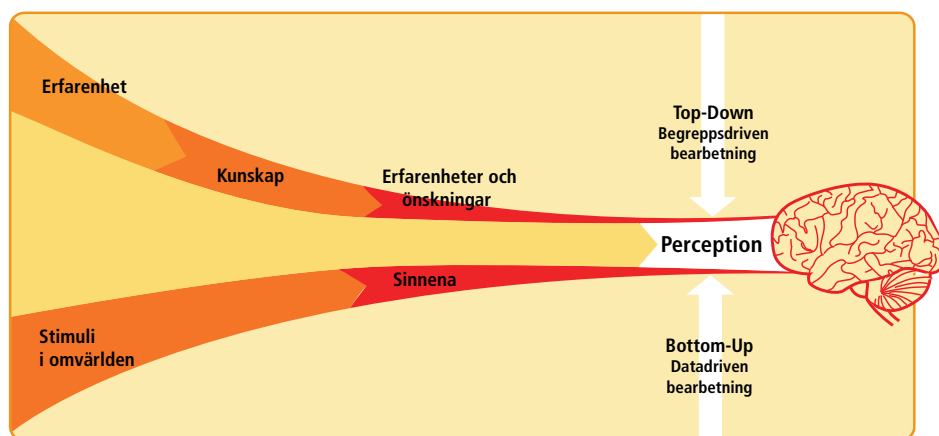
Sinnenas uppgift är att registrera och förmedla information från omvärlden och om oss själva. Klassiskt sett anses att människan har fem sinnen: syn, hörsel, känsel, lukt och smak. När det gäller känseln nämns också det haptiska sinnet, vilket innefattar både trycksensationer på huden och kropps rörelser. Lukt och smak behandlas inte i detta kapitel. Här beskrivs istället ytterligare två sinnen: balanssinnet (det vestibulära sinnet) och muskelsinnet. Muskelsinnet består av proprioceptionen och det kinestetiska sinnet. Dessa två sinnen har stor betydelse när människan ska utföra olika fysiska handlingar i ett människa-maskinsystem, och medför att arbete kan utföras utan att synen ger återkoppling.

Hjärnan kan inte själv förstå ljud- eller ljusvågor eller andra typer av fysiska stimuli, utan måste ha kontakt med omvärlden via sensoriska *receptorer* i ögat, örat, huden och musklerna. Receptorerna registrerar alltså sensationer, till exempel ett ljus, ljud eller beröring, och överför olika energiformer (till exempel elektromagnetisk strålning eller tryckvågor) till kodade nervimpulser. Sensationen sänds till hjärnan via sensoriska nervimpulser, där informationen sällas och reduceras för vidare bearbetning. Detta kallas för transduktion. Sinnena har utvecklats för att skilja ut den information vi behöver i olika situationer från omvärlden. I kapitel 5 beskrivs uppbyggnad och funktion för ögat och örat, samt fysikaliska beskrivningar av ljus och ljud.

### 7.2.1 Datadriven och begreppsdriven bearbetning

En datadriven (bottom-up) och en begreppsdriven (top-down) process spelar en central roll vid intag av information från omgivningen, framför allt för synen och hörseln. *Datadriven bearbetning* är främst beroende på vilka fysiska stimuli som är tillgängliga, kvaliteten på dessa (till exempel storlek, färg och form) samt sinnesreceptorernas status. Denna process är omedveten och automatiserad. Processen bygger på analys av stimuli utan att ytterligare information läggs till. Exempelvis kan dålig synskärpa ses som en försämring, medan hög kontrastkänslighet kan medföra en förbättring av datadriven bearbetning. Ett lika stort inflytande på vad som ska detekteras av syn- eller hörselsinnet har den *begreppsdrivna bearbetningen*, vilken handlar om vad människan har för tidigare kunskap och erfarenheter av situationen, samt vad hon önskar och förväntar sig. Här börjar processen på högre aktiv medveten nivå och arbetar sig nedåt mot mer omedveten nivå. Denna process är medveten och aktiv. Med hjälp av begreppsdriven bearbetning kan människan tolka stimuli som är ofullständiga, här fylls helt enkelt tomrummet ut med något som anses ge mening för individen. Mycket av det som varseblivs är ett samspel mellan begreppsdriven och datadriven bearbet-

ning. Om något problem uppstår, eller om aktiviteten störs i den ena processen kan detta ofta kompenseras av aktivitet i den andra processen. Figur 7.3 visar förhållandet mellan datadriven och begreppsdriven bearbetning vid intag av sinnesinformation.



**Figur 7.3.** Datadriven och begreppsdriven bearbetning av stimuli (Wickens med flera, 2004).

## 7.2.2 Synsinnet

Synen, det *visuella sinnet*, är det sinne som är dominant och som människan utnyttjar mest. Närmare 80 procent av alla sinnesintryck tas in via ögonen och människan förlitar sig främst på sina synintryck. Synen är också mycket effektiv för att upptäcka rörelse. Visuella stimuli upptäcks dock bara i synfältet, som täcker 170° horisontellt. Ska hela omgivningen registreras måste vi vrida på huvudet eller på hela kroppen för att avöka 360°. Synen är det sinne som människan lättast kan stänga av, helt enkelt genom att blunda. Det som syncellerna (stavar och tappar) registrerar är ljus i olika färger, det vill säga elektromagnetisk strålning med olika våglängd. Synsinnet letar aktivt efter mönster och strukturer. Flera viktiga parametrar spelar roll för sensorisk bearbetning av ljus: kontrastkänslighet, färg- och mörkerseende, djupseende och detektering av rörelse. Bländning, som handlar om att irrelevant ljus med hög intensitet uppkommer, är ytterligare en parameter som påverkar syncellerna. Förutom att bländning är irriterande och distraherande, stör ljuset också temporärt syncellernas förmåga att ta in ljus med vissa våglängder.

### Kontrastkänslighet

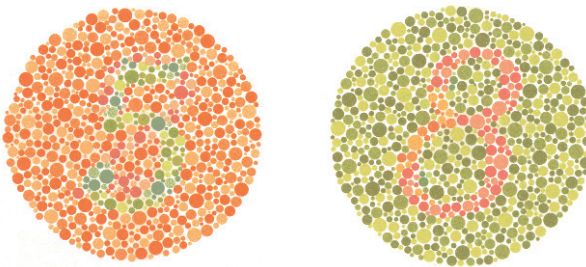
*Kontrastkänslighet* innebär att människan uppfattar skillnader mellan en ljusare och en mörkare yta. Kontrastkänslighet är till exempel nödvändigt för att upptäcka linjer eller skilja ut former på objekt. Hög kontrast innebär att det är lättare att särskilja objekt och ytor. Om belysningsstyrkan ökar, ökar också kontrasten. Vid dålig belysning och mörker hämmas kontrastkänsligheten, både för skriven text och för objektigen-

känning. På grund av de förändringar som sker i ögat med stigande ålder har människan allt svårare att tolka bilder med låg kontrast ju äldre hon blir. Kontrastkänsligheten minskar också om det objekt som betraktas rör sig relativt betraktaren.

### Färgseende

När det gäller uppfattning av färg har tapparna en mycket god förmåga att särskilja mellan olika våglängder, alltså olika nyanser. Människan kan urskilja uppåt 10 miljoner olika färgskiftningar, dock är individvariationen stor. Men det är viktigt att påpeka att olika färger och skillnader mellan nyanser bara kan tolkas tydligt när belysningen är god. Stavarna är färgblinda men kan urskilja nyansskillnader om våglängderna har olika styrka. Vid dålig belysning, samt i mörker, skymning och gryning är det svårt att urskilja färger, till exempel när en röd bil uppfattas som brun på en dåligt upplyst parkeringsplats. Stavarna är minst känsliga för långa våglängder som rött ljus, vilket gör det lämpligt vid mörkerseende att använda rött ljus för att inte påverka stavarnas anpassning till mörker. Ett exempel på detta är att rött ljus används vid nattnavigering med sjökort.

*Defekt färgseende* är oförmåga att uppfatta skillnader mellan vissa färger. Tapparna är känsliga för specifika delar av färgspektrat. I ett normalt öga finns tre typer av tappar: violett känsliga, grönkänsliga och gulkänsliga. *Färgblindhet* beror nästan alltid på att en typ av tappar saknas eller är defekta. Den vanligaste formen av färgblindhet är svårighet att se skillnad mellan rött och grönt. En mera sällan förekommande defekt gäller kombinationen gult och blått. Ännu mer sällsynt är total färgblindhet (akromatopsi), som innebär att endast skillnader i ljusstyrka kan uppfattas och omgivningen upplevs i en gråskala. En person som är totalt färgblind har aningen bättre mörkerseende än en normaleende person, men bara innan den normaleende hunnit vänja sig vid mörkret. I figur 7.4 visas exempel på hur färgseendet kan testas för rött/grönt.



**Figur 7.4.** Testa färgseende för rött/grönt. Prickarna i figurerna har samma klarhet, därför är färg den enda ledtråden för att varsebli numren i cirkelarna.

Ungefär 7-8 procent av den manliga befolkningen och 0,5-1 procent av den kvinnliga befolkningen har färgblindhet för rött/grönt. Att det är en större andel män som är färgblinda förklaras av att detta är ett ärvt anlag, orsakat av en recessiv (icke dominant) gen i X-kromosomen. Män har endast en X-kromosom medan kvinnor har två. Eftersom genen är recessiv, krävs att genen finns i både X-kromosomen från fadern och X-kromosomen från modern för att en kvinna ska ärva färgblindhet. Blå-gul färgblindhet finns hos cirka 0,001 procent av populationen i hela världen, oberoende av kön. Denna blindhet orsakas också av en recessiv gen, men inte i könskromosomen, utan på kromosom 7. Det krävs att anlaget ärvs från båda föräldrarna för att denna färgblindhet ska uppkomma.

Det finns yrken där det fordras att människan med säkerhet måste kunna särskilja färger, till exempel lokförare, målare, elektriker, piloter och sjökapten. Förr var färgblindhet ett hinder även för körkort för bil. Men med motiveringen att den färgblinde kan avgöra trafiksignalernas betydelse genom att hålla reda på om det är den översta, mellersta eller understa signalen som lyser är det inga problem för färgblinda att klara av ljussignalsystemet. En trafiksignal är designad med *redundans*, alltså med överskott av information. Både färg och läge talar om signalens status. Redundans innebär alltså att redan etablerad information upprepas utan att någon ny information tillförs. För en lokförare håller inte detta argument, eftersom järnvägssignaler lyser med antingen rött eller grönt på samma position. Omvänt kan färgblindhet vara en fördel genom dess särskilda förutsättningar att kunna uppfatta små nyansskillnader. Ett sådant exempel sägs ha förekommit inom det amerikanska flygvapnet där en färgsinnesdefekt person var särskilt lämpad som flygspanare för att genomskåda fiendens maskeringsanordningar.

## Djupseende

Vi befinner oss i en tredimensionell värld och har oftast en klar bild om var vi befinner oss i förhållande till objekt i omgivningen och avstånd mellan objekt. För att göra denna bedömning korrekt använder människan sig av en mängd ledtrådar för *djupseende*. Ackommodation (ögats inställning för seende på olika avstånd) samt binokulär (med båda ögonen) konvergens och divergens är inneboende egenskaper som finns i synsinnet. Dessa egenskaper är effektiva för bedömning av avstånd, vinklar och hastighet på objekt som befinner sig på ett nära avstånd från betraktaren, upp till cirka 3-5 meter. Det handlar då om datadriven bearbetning av synintrycken.

Vid bedömning av djup och avstånd på längre håll utnyttjas i stor utsträckning tidigare erfarenhet, det vill säga begreppsdriven bearbetning av data (top-down). Människans förmåga till djupseende bygger på erfarenhet, hon vet att parallella linjer konvergerar med ökat avstånd, att den relativa storleken varierar med avståndet, att objekt som ligger nära kan skymma objekt längre bort, att skuggor kan uppkomma och att tätheten på objekt och ytor uppfattas annorlunda beroende på betraktningssvinkel. Av erfarenhet vet människan också att hastigheten på objekt kan vara väldigt hög, trots att det på långt avstånd ser ut som att ett objekt knappt rör sig.



Så länge människan befinner sig i miljöer med bra ljus, och i miljöer där hon vistats tidigare, fungerar de visuella ledtrådarna för djupseendet utmärkt. Men när ledtrådarna försämras och försvagas, till exempel vid mörker, blir djupseendet förvanskat, vilket kan leda till riskfyllda situationer. När djupseendet försämras kan begreppsdriven bearbetning helt ta över och människan litat mer och mer på tidigare erfarenheter och tolkar situationen därefter. Ett exempel är att vid bilkörning i dåligt ljus eller i mörker blir små bilar oftare påkörda bakifrån än större fordon, eftersom ett litet fordon uppfattas befinna sig längre bort än vad det i själva verket gör. Detta medför att föraren kommer i kapp fordonet snabbare än han eller hon bedömt och därmed bromsar senare.

### Sökning och upptäckt av objekt

*Ögonrörelser* är nödvändiga för att söka efter visuella objekt. Generellt sett består ögonrörelser av en rad fixeringar på objekt, där ögat hålls stilla och visuell information hämtas. Mellan fixeringarna sker förflyttningar, så kallade *sackader*, där blickpunkten enbart flyttas med en viss hastighet och ingen information tas upp. Sackader är alltså ryckiga diskreta ögonrörelser som alltid har en startpunkt och en slutpunkt, de så kallade fixationspunkterna. Tiden för en sackad ligger oftast under 50 ms. Den enda möjlighet människan har att flytta blicken kontinuerligt över synfältet är att fixera ett föremål som rör sig, till exempel följa ett flygplan uppe i skyn.

Visuellt informationsintag delas in i sökning och skanning. Vid sökning är målet okänt och ögonrörelserna mer slumpmässiga. Vid skanning vet individen vilket mål som eftersöks och ögonrörelserna är därmed mer systematiska. Då den mentala belastningen ökar minskar de slumpmässiga ögonrörelserna. I sökning ingår skanning som en del, men sökning innehåller också andra aspekter som osäkerhet om hur målet ser ut och hur det kan identifieras. Skanning sker vanligtvis uppifrån och ner, från vänster till höger, men detta beteende kan även ingå i den mer slumpmässiga sökningen. Två aspekter påverkar resultatet vid sökning av objekt: hur iögonfallande objektet är och vilka förväntningar som finns inför hur objektet ska se ut eller var det ska hittas. Detta visar på att både datadriven (intensiteten på stimuli) och begreppsdriven (förväntningar) bearbetning pågår samtidigt. Om objektet befinner sig i ett virrvarr av liknande stimuli tar det mycket längre tid att hitta det. Detta är viktigt att tänka på vid utformning av skärmbilder, att inte belasta skärmen med för mycket information som ser likadan ut.

När ett objekt har hittats genom visuell sökning eller skanning är nästa steg att bekräfta att det objekt som hittats verkligen är det som eftersökts. Om objektet är välkänt och någorlunda synligt, exempelvis ett namn i en lista, är det tydligt att rätt objekt hittats. Men det är inte lika lätt att vara säker på att rätt objekt identifierats om kvaliteten på objektet är låg, till exempel en liten fraktur i ett skelettben på röntgenplåten eller ett svagt kortvarigt sken från fyren långt borta vid horisonten. Människans förmåga att verkligen upptäcka visuella stimuli i bruset från andra stimuli, och varsebli dessa korrekt, påverkas både av erfarenhet, förväntningar och kunskap

(begreppsdriven bearbetning) och av stimuli utformning (datadriven bearbetning). Vidare spelar risken att detektera fel stimuli in liksom vad kostnaden blir för felde-  
tektering. Ju mindre konsekvenser en felaktig upptäckt av stimuli får, desto lägre sätts  
nivån för att hitta rätt stimuli i bruset.

### **Urskiljning och absolut bedömning av stimuli**

Människan är bra på att särskilja två visuella källor av information som är närvarande  
samtidigt, åtminstone om skillnaderna inte är för små och synförhållandena är goda.  
Däremot är människans förmåga att bedöma det absoluta värdet av en variabel som  
visas som ett kodat stimulus begränsad. Att snabbt bedöma den exakta höjden på en  
stapel i ett stapeldiagram eller position på en linje där det är tio enheter mellan skal-  
stegen kan vara svårt. Även en analog klocka med visare som bara har kvartstimmar  
utsatta kan skapa problem när tiden ska anges exakt. För visuella stimuli finns ingen  
garanti för att människan ska kunna göra en absolut bedömning för fler nivåer än  
fem. När det gäller design för absolut bedömning av ett kodat värde ska alltså antalet  
nivåer väljas med omsorg. Vid absolut bedömning av färg kan människan klara sju  
till maximalt tolv nivåer, men om ljusförhållandena är dåliga ska färre nyanser använ-  
das.

### **Sammanfattning design för visuell information**

Viktiga designfaktorer när det gäller presentation av visuell information är intensi-  
tet, färgval, belyningsstyrka, kontrast och betraktningvinkel. Ju mer krävande en  
uppgift är, eller ju mer stressfylld situation, desto viktigare är en genomtänkt visuell  
presentationsform med ledtrådar som stödjer både datadriven och begreppsdriven be-  
arbetning hos individen. Synsinnet försvagas från 40-års ålder och uppåt. Trots hjälp  
med korrigering glasögon och linser har äldre en mer begränsad kapacitet att upp-  
täckta svaga stimuli, vilket medför att begreppsdriven bearbetning blir mer avgörande,  
det vill säga att förväntningar och tidigare erfarenhet påverkar det individen tycker  
sig se. Vid design för äldre är alltså bra ljusförhållanden, storlek och varaktighet på  
stimuli avgörande för korrekt informationsintag.

Ofta används olika former av färgkodning för visuell information, speciellt vid  
överföring av information via skärmbilder. Vid design ska utformning i första hand  
ske i gråskala, och färgkodning ska användas med stor försiktighet och helst enbart  
som redundant stöd för viktig information. Ett annat problem med färgdesign är att  
vissa färger framträder olika beroende på vilka andra färger de presenteras tillsam-  
mans med. Röd text på blå bakgrund är inte alls tydlig, medan svart text på vit bak-  
grund är idealiskt både ur färg- och kontrastsynpunkt. Ett annat exempel är att en  
grön linje upplevs starkare när den är placerad bredvid en röd linje än bredvid en grå  
linje. Detta är viktigt att ta hänsyn till vid design av gränssnitt med många färger på  
linjer, till exempel i processscheman eller på kartor.

### 7.2.3 Hörselsinnet

Hörseln, det *auditiva sinnet*, kompletterar synen och är alltid öppet för att ta in en stor variation av signaler från olika riktningar. Ljud fångar människans uppmärksamhet allra mest och är mycket effektivt då människan är överbelastad med visuella stimuli. Ljudsignaler leder ofta synen till att söka information på rätt ställe.

Hörseln är det sinne som registrerar mekaniska vibrationer i luften, det vill säga ljudvågor. Ljudvågor definieras av frekvens och amplitud, vilket uppfattas som ljudets tonhöjd och styrka (intensitet). En av de viktigaste funktionerna för hörseln är att kunna lokalisera varifrån ljudet kommer. Detta görs tack vare att människan har två öron som befinner sig på olika avstånd från ljudkällan. Det öra som är närmast ljudkällan träffas först och ljudets intensitet är också starkare där än för det andra örat. Ljud som kommer rakt framifrån träffar båda öronen samtidigt med samma intensitet. På grund av huvudets form och öronens placering har människan lättare att lokalisera ljud från vänster och höger än uppifrån, framifrån eller bakifrån.

Hörseln har två funktioner för att lokalisera ljud. För ljud med frekvenser under 1 500 Hz är det fasskillnader mellan det att ljudet når respektive öra som är avgörande. För ljud med frekvenser över 3 000 Hz är det skillnaden i intensitet för höger och vänster öra som är avgörande. Människans förmåga att lokalisera ljud är otroligt känslig, vilket medför att positionen för ett ljud som ligger endast 3° till höger framifrån sett kan bestämmas. Ljud som måste lokaliseras ska utformas med frekvenser under 1 500 Hz och över 3 000 Hz, och inte ha för många komponenter i mellanintervallet 1 500-3 000 Hz.

### Uppmärksamma och varna

Ljud är till för att uppmärksamma eller varna för olika händelser, men också för att bekräfta. Det har också en emotionell dimension när det gäller till exempel musik och buller. Ljud kan uppfattas oberoende av vilken riktning det kommer från i det tredimensionella rummet. Detta är en stor fördel vid larmsituationer. Ljud och larm kan också presenteras på samma sätt dygnet runt i alla miljöer, oberoende av ljusförhållandena. Audiella varningssignaler som uppmärksammar på att något har hänt, kompletteras ofta med visuell information som förklarar vad som hänt och hur individen ska gå till väga för att åtgärda problemet.

### Problem vid överföring av ljud

Ljud och tal kan maskeras och dränkas av andra ljud eller buller i omgivningen. Överföringsproblem kan också uppstå till exempel när talad information ska överföras via högtalare och telefoner. Detta medför att kvaliteten på den datadrivna informationen försvagas. I detta fall får människan förlita sig mer på begreppsdriven bearbetning genom att förståelsen förbättras då de svaga eller bortfallande ljuden fylls i med vad människan förväntar sig. Det finns alltid en risk att människan därför hör det hon vill höra. Ett annat problem vid överföring av auditiv information är att hörseln försämras med stigande ålder, speciellt känsligheten för höga frekvenser. Även många

yrkesrelaterade problem finns med ljudöverföring till personer som arbetar i bullriga miljöer.

### **Ljuddesign för upplevelse av produkter**

Ljud finns hela tiden närvarande både i människans vardag och i arbetslivet och påverkar upplevelsen av produkter och miljöer. Klassiskt är att lyssna på ljudet då en bildörr stängs, vilket av många associeras med kvaliteten hos ett bilmärke. Motorljud är en annan typ av auditiv information som individen använder för att bedöma motorns prestanda. Ljud är också ett konkurrensmedel för om kunden ska välja en viss dammsugare eller hårtork. Även ljudet som uppkommer då man tuggar på ett knäckebröd eller öppnar en flaska med kolsyrat vatten säger något om livsmedlens kvalitet. Vi använder ljud för att tala om att ett e-postmeddelande åkt iväg, eller att vi fått ett nytt meddelande. Mobiltelefonens knappar och datorns tangentbord avger ljud som bekräftar att signalen från vår knapptryckning registrerats. Ljudupplevelsen påverkar också andra upplevelseegenskaper hos en produkt. Ett exempel är att förändringar av ljudkvaliteten kan påverka upplevelsen av bildkvaliteten hos TV-apparater, ju bättre ljud desto skarpare kan bilden upplevas.

### **Sammanfattning design för audiell information**

Viktiga designfaktorer när det gäller presentation av auditiv information är ljudets styrka (intensitet), tonhöjd (frekvens) och lokalisering (riktning). När det gäller att göra en bedömning av ljudstyrka eller tonhöjd kan människan generellt inte särskilja mellan mer än tre till fem olika nivåer. I ett människa-maskinsystem ska ljud främst användas för att uppmärksamma på att något hänt. Ljudinformation ska inte användas i onödan. Det finns stor risk att ljud, och framför allt tal, maskeras av buller och andra ljudkällor i omgivningen. Då styrs tolkningen mer av begreppsdriven bearbetning, vilket kan få allvarliga konsekvenser. Talad information måste kunna repeteras, eftersom ljud är transient (kortvarigt) och försvinner direkt, till skillnad från visuell information som är konstant och kan visas under längre tid. Ljudsignaler som distraherar mer än de har informationsvärde ska undvikas. Hörselsinnet försämras med åldern, vilket medför att begreppsdriven bearbetning blir mer påtaglig, det vill säga att förväntningar och tidigare erfarenheter i högre grad påverkar det individen upplever sig höra.

### **7.2.4 Balanssinnet**

Balanssinnet, eller det vestibulära sinnet, fastställer kroppens riktning i förhållande till tyngdkraften så att en gynnsam kroppsställning kan bibehållas. Balansorganet finns i innerörat och består av två hinnsäckar och tre bäggångar som innehåller vätska. Vid lägesförändring av huvudet kommer vätskan i rörelse och retar hårcellerna som sänder signaler till hjärnan om olika kroppsrorelser och om huvudets läge. Det som registreras är dels rätlinjig acceleration, dels vinkelacceleration. Informationen från balansorganen i örat samordnas också med information från synen och från rörelser i leder och muskler.

Personer med normal syn märker att de genast får problem med balansen om de täcker för ögonen. Detta drabbar också många äldre som ofta har betydligt sämre syn än tidigare. En person som föds blind har inte sämre balans, utan kan kompensera bristen på visuell information på ett helt annat sätt än en person som är van att registrera omgivningen via synen.

Balanssinnets funktion påverkar speciellt människor som agerar i ett människa-maskinsystem som är i rörelse, till exempel i fordon eller på fartyg, samt i simulatorer med virtuella system. Störningar i balansen kan tydligt påverka prestationen. Om människan aktivt måste tänka på att hålla balansen sjunker arbetsinsatsen avsevärt. Människans balans måste alltså beaktas vid utformning av verktyg och arbetsställningar.

Två yttringar som kan uppkomma och som är kopplade till balansen är illusioner och åksjuka. *Illusioner* kan till exempel uppstå i ett flygplan då accelerationer uppkommer samtidigt som ingen horisontell eller vertikal orienteringspunkt finns. Ett exempel är när segelflygare flyger i moln och inte ser marken eller horisonten. Då kan balanssinnet ibland bli lurat att tro att uppåt är i en annan riktning än vad det i verkligheten är. En sådan illusion innebär spatial (rumslig) desorientering och kan medföra risk för att segelflygaren förlorar kontrollen över planet.

Normalt överför både synsinnet och balanssinnet information till hjärnan om hur kroppen är orienterad i rymden, som stämmer överens och är redundant. Ibland skiljer sig informationen åt, genom att synen överför budskapet att världen är stilla medan balanssinnet säger att kroppen är i rörelse. Detta kan innebära att olustkänslor uppstår och *åksjuka* kan utvecklas, speciellt då synfältet inte visar på någon rörelse.

Ett exempel på när synsinnets och balanssinnets informationsöverföring kommer i konflikt med varandra är då en fartygspassagerare befinner sig under däck utan fönster. Åksjuka kan också uppkomma vid den omvända situationen då synen visar på rörelse medan kroppen inte känner av någon acceleration. Detta fenomen uppstår till exempel i fordonssimulatorer, vid videospel eller i virtuella miljöer, både när viss rörelse finns inbyggt i plattformen och när systemet är helt stilla.

### 7.2.5 Muskelsinnet

Muskelsinnet består av *proprioceptionen* och det kinestetiska sinnet. Proprioceptionen medför att människan varseblir var kroppen och speciellt extremiteterna (armar och ben) befinner sig i rymden, medan det *kinestetiska sinnet* fortplantar information om rörelser i lederna. Systemen är mycket nära sammankopplade och tillsammans överför de omfattande information om kroppens position och rörelser som är nödvändig för människans interaktion med omgivningen. Människan lär sig också att träna upp ett fysiskt beteende via muskelsinnet, till exempel att utveckla en teknik så att arbetsuppgifter kan utföras med handhållna verktyg med hög precision och stor noggrannhet.

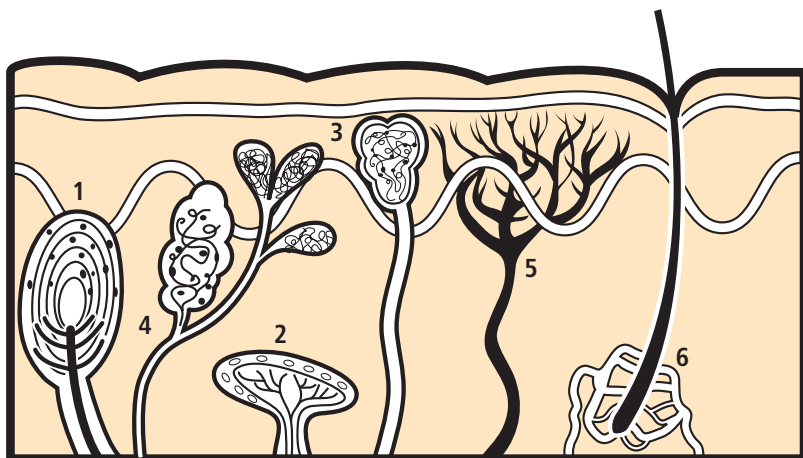
Signalöverföringen till hjärnan sker från receptorer som återfinns i hud, muskler, leder och senor. Dessa registrerar kontinuerligt töjning, sträckning och spänning i vävnaderna så att hjärnan, både medvetet och omedvetet, får information om förändringar och aktivitet i rörelse- och balansorganen.

Det finns tre typer av proprioceptorer: Golgis senorgan som registrerar spänningen i skelettmusklernas sensor, muskelspolar som uppfattar längdförändring i musklerna och hastigheten av längdförändringen samt tryckreceptorer som mäter ledernas lägen och rörelser. Informationen från proprioceptionen är också nödvändig för att hålla balansen.

Proprioceptionen är en väsentlig del av vårt delvis medvetna och delvis omedvetna rörelsemönster. Utan denna förmåga skulle en aktivitet som att fylla ett glas med kranvatten vara förknippat med en enorm koncentration. En frisk människa kompenserar automatiskt för viktökningen i glaset till följd av vattnet och slipper samtidigt tänka ut var hon ska placera fötterna för bästa balans. Proprioceptionen gör det också möjligt för en människa att röra sig genom ett rum där det är helt mörkt.

### 7.2.6 Känslsinnet

Känsl, som också benämns det *taktila sinnet*, handlar i första hand om varseblivning av mekanisk beröring och tryck på huden, men även uppfattning av värme, kyla och smärta, samt kliande och kittlande känslor. Känslsinnet har stor betydelse för människans välbefinnande. Känslen är ett samlingsuttryck för information från ett stort antal receptorer i hudlagren, och benämns därför ibland även för hudsinnen. Känslsinnet kan tränas så att ett finger kan känna av en 0,0005 mm upphöjning på en yta. I hudlagren finns tre olika typer av receptorer (figur 7.5): termoreceptorer som reagerar på förändring av hudtemperatur, mekanoreceptorer som reagerar på mekaniska belastningar (beröring, tryck, vibrationer) och fria nervändor som förnimmer smärta eller rörelser då håren på huden böjs. Hårlös hud, som finns på fingertopparna och under fotsulorna, är mycket känslig för taktil stimuli och respons.



**Figur 7.5.** Olika receptorer för registrering av känsel (Seow, 1988). **1.** Känslkroppar som registrerar tryck mot huden. **2.** Känslkroppar som reagerar för värme. **3.** Känslkroppar som registrerar kyla. **4.** Känslkroppar som uppfattar beröring. **5.** Nervändor som är känsliga för smärta. **6.** Nervändor som stimuleras då håren böjs.

### 7.2.7 Haptiska sinnet

*Haptik* är en term som innefattar läran om effekterna av beröring och kroppsrörelser. Haptisk information underlättar vardagen i många situationer och är ibland direkt nödvändig som en informationskanal när de övriga sinnen inte räcker till. Det kan vara enkla saker som att ljuset inte är tillräckligt för att man med synen kan avgöra om det är halt på marken. Då överför det haptiska sinnet istället nödvändig information så individen kan göra en korrekt bedömning av underlaget.

Haptik kommer från grekiskan *haptesthai* och betyder möjlig att lägga sin hand på och känna av, att vidröra, och därmed göra livet begripligt. Det haptiska sinnet består av två komponenter, taktila och kinestetiska. Dessa innefattar både beröring och tryck på huden samt kroppsrörelser i muskler, leder, senor och extremiteter. Haptisk information refererar dels till passiv, men framför allt till aktiv och medveten undersökning av saker i omgivningen, genom statiska och dynamiska känselstimuli. Statika stimuli är vikt, form, storlek och ytstruktur medan dynamiska stimuli är vibrationer, vågform och rytm. Lust och olustkänslor kan också skapas via det haptiska sinnet. Sammanfattningsvis kan sägas att haptisk interaktion med produkter och system relaterar till alla aspekter av känsel och kroppsrörelser.

Haptiken handlar oftast om hur människan lär känna sin omgivning genom att använda sina händer till att känna på och manipulera objekt. Ett haptiskt gränssnitt är ett verktyg som registrerar och mäter händernas rörelser och som stimulerar känselsensorerna i händerna. Haptiska användargränssnitt ger, med hjälp av kraftåterkoppling, användaren en känsla av att objekten på en datorskärm har fysisk massa och tyngd. De haptiska gränssnittens födelse initierades av behovet att inte behöva hantera farliga material med händerna och utföra operationer med radioaktiva ämnen eller farliga kemikalier. Robotar skapades med armar och händer som efterliknade människans. Haptisk återkoppling är idag vanligt inom tithålskirurgi, robotik, rymdapplikationer och CAD-system. Ett exempel på en enkel teknisk produkt som använder sig av haptisk överföring av information är handkontroller för dataspel utrustade med kraftåterkoppling.

### Sammanfattning design för haptisk information

Det haptiska sinnet kan med fördel användas då andra sinneskanaler är överbelastade. Ofta används det som komplement till synen för att öka prestation och förståelsen. Vid undersökning av en produkt kan de visuella ledtrådarna form, storlek, djup och rörelse kompletteras med de haptiska ledtrådarna temperatur, tyngd, ytstruktur, storlek, fasthet, greppomfång och vridstyvhet hos materialet. Haptisk information kan också överföras till händerna eller till hela kroppen via vibrationer, friktion eller som drag- och tryckkrafter.

Om haptisk information finns tillgänglig i ett gränssnitt ska det hjälpa användaren genom att öka effektiviteten och noggrannheten vid hanteringen och inte fördröja slutresultatet. Det är viktigt att haptisk information kan tolkas även om användaren är ovan vid signalerna. I vissa fall kan inläring och träning behövas för att förstå haptiska gränssnitt.



### 7.2.8 Psykofysik

Studiet av överensstämmelsen mellan den fysiska verklighetens karakteristiska och de perceptuella förmågorna hos människan kallas *psykofysik*. Inom psykofysiken studeras varaktighet hos stimuli för varseblivning samt två olika typer av sensibilitet (känslighet): den absoluta gränsen för förnimmelse (absoluta tröskelvärdet) och den minsta skillnaden mellan stimuli (relativa tröskelvärdet). Det handlar till exempel om det svagaste ljudet som kan uppfattas eller hur stor skillnaden måste vara mellan två toner så de kan särskiljas. Människan sätter ofta egna beslutskriterier för hur starka stimuli ska vara för att hon ska vara säker på att de är närvarande och har detekterats. Beslutskriteriet kan ändra sig från tid till annan beroende på trötthet, förväntningar och rimlighet.

Det *absoluta tröskelvärdet* är den lägsta intensitet som krävs för att människan ska uppfatta informationen medvetet. Mättekniskt definieras detta som den intensitet där människor i hälften av fallen korrekt kan bedöma att en signal har sänts. Det absoluta tröskelvärdet varierar mellan människor och även för samma individ vid olika tidpunkter. Tabell 7.1 visar uppskattade tröskelvärden för stimuli för de olika sinnen.

**Tabell 7.1** Tröskelnivå för de fem sinnen. Känsligheten står för den lägsta nivå där stimuli upptäcks i minst 50 procent av fallen (Galanter, 1962).

Sinne	Tröskelnivå (känslighet)
Syn	En ljusflamma kan ses på 48 000 m avstånd under en klar natt.
Hörsel	En klocka kan under tystnad höras på 610 cm avstånd.
Smak	En tesked socker kan uppfattas i 9 l vatten.
Lukt	En parfymdroppe utspridd i en 6-rumslägenhet.
Känsel	En flugvinge som faller på en kind från 1 cm höjd.

Webers lag säger att det *relativa tröskelvärdet* är en konstant andel av den absoluta intensiteten på den först givna signalen. Webers lag följer en logaritmisk skala, och skillnaden mellan två stimuli är alltså direkt proportionell mot storleksnivån på stimuli. För synsinnet är den förändring som krävs ungefär 1/60 av luminansen och för hörselsinnet 1/10 av ljudtrycksnivån. De angivna värdena kan variera något beroende på omständigheterna och är olika för olika sinnesmodaliteter. För en 50 grams vikt måste avvikelsen vara 1 gram för att det ska vara möjligt att känna skillnad mellan en vikt på 50 grams och en på 51 gram. För en 500 grams vikt måste vikten som jämförs med minst väga 510 gram för möjlighet till nyansering. Pianostämmare, vinprovare och konstnärer är yrkesgrupper som ofta har utvecklat en förmåga att särskilja mellan närliggande stimuli. Vissa människor har en mer utvecklad känslighet för något sinne, men denna förmåga måste tränas upp.

Inom signaldetektionsteorin tas hänsyn till att det finns ovidkommande brus i människans omgivning och att detta brus kan variera i styrka. Denna ansats är mer



realistisk i många praktiska sammanhang, men gör det svårare att på ett enkelt sätt formulera precisa värden för det relativa tröskelvärdet. Inom psykofysiken behandlas endast frågor där informationen uppmärksammas av människan på upplevelsenivån. Det har dock visat sig att information kan påverka en individ även om hon inte uppfattar den upplevelsemässigt. Detta kallas subliminal perception.

*Subliminala stimuli* är intryck som sinnesorganen uppfångar men som inte medvetet registreras. De exponeras under för kort tid och har för svag intensitet för att uppfattas på medveten nivå. Om individen ändå påverkas har effekter inte kunnat spåras efter längre tid än en halvtimme efter exponeringen. Det är lättare att genom subliminala stimuli påverka en persons känslor än att påverka ett visst beteende. I ett människa-maskinsystem kan subliminal perception ha effekt vid till exempel avsökning av skärmbilder.

*Habituering*, tillvänjning av ett sinne, kan också uppstå. Detta betyder att sinnesreceptorerna får minskad känslighet för oförändrade stimuli, det vill säga stimuli som ligger på samma nivå under en längre tid. Det kan vara svagt bakgrundsljud från en fläkt som människan efter en stund inte reagerar på, trots att hon initialt blev väldigt störd av ljudet. Det kan vara klädernas kontakt med huden eller värmen från ett element. Alla dessa stimuli försvinner eller får mindre betydelse efter ett tag, tillvänjning har skett. Detta är en mycket viktig skyddsmekanism för att människan ska fungera i vardagsmiljön, eftersom individer hela tiden överöses med konstanta stimuli. Sinnena är bäst på att upptäcka förändringar och reagerar inte på konstant information, vilket är viktigt att tänka på vid design, speciellt om uppmärksamheten ska fångas.

## 7.2.9 Multimodalitet

Multimodalitet står för att flera sinnen involveras samtidigt vid överföring av information från omgivningen. Varje sinnesmodalitet uppvisar både styrkor och svagheter i olika sammanhang, men när flera modaliteter aktiveras samtidigt kompenserar detta för enskilda problem. Ofta sker alltså en samverkan mellan intryck från olika sinnen för att smala in, bearbeta och respondera på information. Speciellt synen spelar en stor roll för känselupplevelsen av olika strukturer.

I en del situationer kan vissa sinnesintryck dominera och därmed försvaga andra intryck. Kortikal konkurrens står för att en slags kamp finns mellan sinnena om utrymmet i hjärnan. Visuell dominans förekommer, vilket medför att synen ibland motverkar en naturlig tendens för individen att förlita sig mer på hörsel- eller känselintryck, som alltid är öppna och inte kan stängas av. Visuell dominans uppstår främst om den visuella informationen är av samma karaktär som den auditiva eller den haptiska. Om den visuella informationen särskiljer sig från övriga intryck, blir individen mer uppmärksam på övriga sinneskanaler. Om ett sinne försvagas eller slås ut helt kan andra sinnena tränas upp och skärpas, till exempel om individen har dålig syn kan informationen förmedlas via en mer aktiv känsel och hörsel.

Användning av multimodalitet vid design av användargränssnitt är viktigast när redundant information ska överföras. Med detta menas att flera sinnen samtidigt förmedlar information som pekar på samma budskap. Detta medför dels att informationen förtydligas och är lättare att upptäcka, dels att snabbheten vid bearbetning av inkommande data ökas.

### 7.2.10 Sensorisk informationsbuffert

Sinnena har en enorm kapacitet att ta in en mängd stimuli. Synsinnet kan behandla 10 miljoner enheter per sekund, hörseln 0.1 miljoner medan känseln bara kan behandla 5 enheter per sekund. Men det är bara en ytterst liten del av dessa sinnesintryck, ca 50 enheter per sekund som slutligen når medvetandet. Först sker en sällning (reducering av data) på ett omedvetet plan. Sällningen styrs till exempel av intresse, intensitet på stimuli, förväntningar och behov, nyhetsvärde och jämförelse.

Reducerad data registreras i en *sensorisk informationsbuffert* (SIB), som innehåller otolkad information. Denna information bearbetas sedan vidare och blir medveten, men ytterligare datareduktion sker via uppmärksamhet, mönsterigenkänning och tolkning i minnet, alltså via de så kallade kognitiva processerna.

Stimulis tillgänglighet i SIB för möjlighet till vidare bearbetning ligger mellan 0,25-2 sekunder för visuella stimuli (*ikoniskt minne*), 1-5 sekunder för audiella stimuli (*ekoiskt minne*) och 1 sekund för beröringsstimuli (*haptiskt minne*). Detta gör det möjligt att spara stimuli som inte längre existerar ytterligare en kort stund. Ny inkommande sinnesinformation kan dock störa hämtningen och tolkningen av redan befintlig information i SIB. Gammal information försvinner genom att den skjuts undan av nya stimuli. Starka stimuli tar större plats och väcker lättare uppmärksamhet.

### 7.2.11 Sammanfattning sinnesintag

Sammanfattningsvis kan informationsintag via sinnena beskrivas som att fysisk energi från omgivningen stimulerar receptorer i sinnesorganen som skickar signaler till hjärnan för vidare mental bearbetning till meningsfull information. Processen från sinnesförnimmelse till medveten varseblivning (perception) går otroligt snabbt. Svarstiden för hörseln är 150 ms, för synen 200 ms och för smärta 700 ms. Sinnesuppgift är alltså att fånga in information och perceptionens är att göra mening av det som sinnena säger. Detta är en aktiv och kreativ process. Samma stimuli tolkas ofta på olika sätt av olika individer beroende på tidigare erfarenhet, behov, önskemål och känslor. Samma stimuli kan också tolkas på olika sätt vid olika tillfällen av samma person. Eftersom människans mentala tillgångar är begränsade sker kontinuerligt en datareduktion av inkommande stimuli. Vid design kopplat till stimuli är det viktigt att tänka på att stimuli måste särskilja sig och ha rätt viktning i förhållande till övriga stimuli. De måste också överstiga tröskelnivån och vara tillgängliga en viss tid för att kunna uppfattas medvetet.

## 7.3 Uppmärksamhet och perception

I föregående avsnitt beskrevs hur stimuli registreras av människans olika sinnen. En reducerad mängd otolkad stimulidata lagras mycket kortvarigt i den *sensoriska informationsbufferten* som bearbetas vidare och medvetandegörs via de kognitiva processerna. Detta avsnitt beskriver hur människor varseblir informationen som sinnena registrerat och vilka faktorer som avgör vad som uppmärksammas. Uppmärksamhet och perception innebär att människan riktar sina mentala resurser mot det som bedöms som viktigast i den aktuella situationen. Hur kunskapen om uppmärksamhet och perception ska utnyttjas vid utformning av användargränssnitt beskrivs i avsnitt 7.6.

### 7.3.1 Uppmärksamhet

*Uppmärksamhet* är den aktivitet som fördelar människans mentala resurser i den aktuella situationen. Uppmärksamhetsresurserna är starkt begränsade. Ju mer vi sprider ut uppmärksamheten desto mer sjunker kvalitén på förståelsen av vad som händer i omgivningen. Beroende på stimulus egenskaper, individens intresse, tidigare erfarenheter och motiv kan uppmärksamheten styras mot det som är viktigast.

I princip handlar uppmärksamhet om två saker: att fokusera vissa stimuli och att utestänga andra stimuli. Vigilans står för vakenhetsgrad och handlar om upprätthållande av uppmärksamhet under längre tid. Hög vigilans är speciellt viktigt vid alla former av övervakningsarbete. Det finns två krav på uppmärksamhet, den ska vara selektiv eller delad.

### 7.3.2 Selektiv uppmärksamhet

*Selektiv uppmärksamhet*, eller riktad uppmärksamhet, handlar om att kunna fördela den mentala kapaciteten genom att för korta stunder välja ut vad som ska fokuseras. Här gäller det att optimera uppmärksamheten. Selektiv uppmärksamhet utnyttjas till exempel vid bilkörning då uppmärksamheten snabbt måste förflyttas mellan vägen, backspegeln, hastighetsmätaren och tillbaka till vägen igen. Uppmärksamheten förflyttas mycket snabbt mellan de informationskällor som föraren väljer. Fokuserad uppmärksamhet är ett specialfall av selektiv uppmärksamhet där endast en informationskälla fokuseras och distraherande stimuli utestängs. Vilken information som ska väljas och vilka sinnen som ska aktiveras bestäms främst av fyra olika faktorer:

- **Hur framträdande och tydlig en signal är.** Ett plötsligt ljud, något som blinkar eller en knock på axeln är mycket tydliga signaler som är svåra att bortse ifrån.
- **Vad individen förväntar sig ska hända.** Förväntan bygger på tidigare erfarenheter och kunskap. Människor letar efter information där de förväntar sig att hitta den.
- **Informationens värde.** Värdet av det som presenteras måste vara så viktigt, relevant och användbart att individen har nytta av det.
- **Hur ansträngande det är att skaffa informationen.** Om det är mycket insatskrävande att hitta informationen är det inte säkert att individen vill göra denna in-

sats. Sökning av information beror på urvalets storlek, säregenhet hos stimuli och erfarenhet. Att hitta 1 bland 3 är lätt i vilken stressad situation som helst, men att hitta 1 av 50 är betydligt mer ansträngande.

### 7.3.3 Delad uppmärksamhet

*Delad uppmärksamhet* handlar om att människan kan följa information från två eller flera källor parallellt, utan att någon information blir lidande. Det är inte givet att två olika källor alltid kan kombineras. Att köra bil och prata samtidigt går ofta bra, men det är svårt att lyssna på en radiodebatt och prata med en annan person samtidigt. Med ökad erfarenhet och träning kan fler uppgifter utföras parallellt. De primära uppgifterna kräver då inte lika stor mental kapacitet, vilket frigör resurser för att hantera nya uppgifter. Jämför till exempel en van bilförare som kan framföra bilen och prata med passagerare även i dåligt väder och rusningstrafik, medan en ovan bilskoleelev har full uppmärksamhet och koncentration på omgivningen, med att avläsa instrument och framföra fordonet säkert.

De faktorer som styr hur enkelt eller svårt det är att utföra parallella uppgifter är:

- Resurskrav – hur stora mentala resurser som krävs för att hantera den primära uppgiften.
- Resurslikhet – om uppgifterna kräver aktivering av samma typ av sinnesrespons.
- Växling mellan uppgifter.

#### Resurskrav

En krävande uppgift kommer att lämna mindre resurser över till att hantera en parallell uppgift. Det finns dock uppgifter som utan att bli lidande till stor del tillåter att en parallell uppgift tar mer och mer resurser. Detta är när uppgift A är så inlärdd och tränad att den kan utföras automatiskt utan att nästan inte kräva några mentala resurser alls. Detta tillåter uppgift B att tillta i svårighet utan att resultatet av genomförandet av uppgift A påverkas. Ju bättre en person behärskar ett beteende, desto mindre sårbart är beteendet av störningar. Automatiserat beteende stöds av den perceptuella funktionen som hanterar redan kända enheter av information.

#### Resurslikhet

En annan faktor som påverkar delad uppmärksamhet är om resurserna som krävs för att utföra två olika uppgifter är lika eller närliggande. Till exempel är det svårt att utföra två uppgifter som båda kräver visuell uppmärksamhet på olika håll. Att lyssna på två musikstycken samtidigt eller att läsa av två datorskrmar samtidigt är omöjligt om utbytet ska vara optimalt. Att utnyttja flera sinnesmodaliteter för att överföra information är därför att föredra. En teori menar att människan kan ta flera resurser i anspråk så räcker de längre. Ju större likhet som finns mellan två uppgifter, desto svårare är det att hålla isär dem. Försök har visat att personer som uppmanas följa ett talat meddelande i den ena uppgiften, har litet minne av den ouppmärksamade uppgiften, när den presenterades som talade ord. Dock är minnet av den ouppmärsk-

sammade uppgiften bra när den presenteras som bilder och inte talade ord. Ju mer resurser som kommer från samma källa desto mer kommer uppgifter att störa varandra. Prestationen kommer också att försämrast när uppgifterna tilltar i svårighet. Om individen lyckas hålla isär resurskravens dimensioner kommer detta att underlätta att göra två saker samtidigt och en uppgifts ökade svårighet kommer i mindre utsträckning att påverka en annan. Det går inte att lyssna på röstmeddelanden och samtidigt avge verbal information som svar. Det är lättare att titta på vägen vid bilkörning och få instruktioner verbalt, än att titta på en karta och köra.

### Växling mellan uppgifter

För att optimera våra chanser till att göra flera saker samtidigt, kan tiden fördelas mellan olika uppgifter. Flera uppgifter kan utföras samtidigt genom växling mellan en pågående primär uppgift och en parallellt pågående sekundär uppgift. Om detta görs effektivt kan ett fullgott resultat uppnås och två uppgifter kan utföras helt eller delvis parallellt.

### 7.3.4 Perception

Människans varseblivning, *perception*, innebär att hon blir medveten om information från omvärlden. Perception står för hur vi tänker och förstår vår omvärld och hur vi minns saker. Det är en process som organiserar de stimuli som uppmärksammas och ger dessa stimuli en mening. Perception är mycket kontextberoende, det vill säga var och i vilket sammanhang olika stimuli befinner sig. Människan bygger upp och konstruerar sin perception själv, förstärker, förvränger och kasserar information. Vad varje enskild individ ser är inte en kopia av omvärlden utan en egen uppbyggd modell. Människan fungerar mer som än kartritare än en kamera.

Urvalet och tolkningen av information beror på inre och yttre faktorer. De inre faktorerna är våra behov, erfarenheter, känslor och förväntningar. De yttre faktorerna är stimulus storlek, kontrast, intensitet och frekvens. I figur 7.6 visas en bild som egentligen består av svarta fält på en vit bakgrund. Men via vår erfarenhet och önskan om att få en meningsfull helhet av det som visas, konstruerar vi att detta föreställer en hund, en dalmatiner, som befinner sig i en park, och kanske dricker vatten i en liten bäck. Vad vi tycker bilden föreställer är mycket baserat på vår tidigare kunskap om hundar och miljöer de brukar vistas i.



**Figur 7.6.** Vad föreställer figuren?

Människan utgår i sin uppfattning av omvärlden i hög grad från tidigare erfarenheter. Detta illustreras av *konstansfenomenet*, vilket visar sig i vår upplevelse av att storleken på ett föremål är konstant när vi successivt närmar oss det. Eftersom reflektionen av ljus från föremålet påverkar fler receptorer i ögat ju närmare vi befinner oss är det rimligt att tänka sig att föremålet skulle upplevas som ökande i storlek. Emellertid medför vår erfarenhet att föremålets storlek upplevs som konstant hela tiden.

Två människor kan uppfatta ett och samma händelseförlopp olika beroende på att deras tidigare erfarenheter skiljer sig åt. Att människan använder sig av tidigare erhållen förståelse innebär att varseblivningen effektiviseras. Emellertid kan varseblivningen snedvridas om individen förlitar sig för mycket på vad hon själv tror.

Varseblivning kan också gälla känslor. De processer som genererar känslor använder både fysiologisk och kognitiv information. Med kognitiv information menas här människans föreställningar och kunskaper om verkligheten. Information om att ett mål uppnåtts är ett exempel på relevant kognitiv information i samband med känslor. Vi blir glada när vi lyckas med något vi föresatt oss och ledsna när vi misslyckas.

### 7.3.5 Kategoriseringsprocessen

Kategorisering innebär att information från omvärlden relateras till betraktarens begrepp via mallar för specifika delar av större objekt. Ett exempel är *särdragsmodellerna* för bokstavsperception, där varje bokstav analyseras via streck och kurvor. Ett V analyseras med två streck, vart och ett med en viss vinkel. När en kurva eller ett streck av viss storlek eller vinkel identifieras i denna modell signaleras detta till högre nivåer i perceptionsprocessen. På högre nivå finns allmänna bokstavsenheter vilka signalerar olika mycket beroende på hur många av deras särdrag som blivit identifierade. Högst i systemet finns en beslutsprocess som identifierar ett visst fysiskt bokstavsstimuli med den bokstavsenhet som signalerar högst. I figur 7.7 visas olika representationsformer för bokstaven A, som vi kan tolka rätt tack vare vår mall för hur bokstaven ska se ut.



**Figur 7.7.** Olika representationsformer för bokstaven A.

En fördel med särdragsmodeller är att felklassificeringar av bokstäver i viss utsträckning kan förklaras av likheter mellan bokstäver. Det tar längre tid att särskilja bokstäver som är mer lika när det gäller ingående särdrag.

Särdragsmodellen kan verka rimlig i samband med varseblivning av bokstäver, men för andra typer av varseblivning är den för enkel. För många objekt (till exempel moln och berg) är det oklart vilka särdrag de består av. Även när det gäller bokstäver måste teorin kompletteras med krav på vilka relationer som ska råda mellan särdragen för att en viss bokstav ska identifieras, annars blir det svårt att skilja mellan b och p.

### 7.3.6 Förväntningar

Utifrån det sammanhang människan anser sig befinna sig i utvecklar hon förväntningar på vad som ska komma, det vill säga begreppsdriven varseblivning. Dessa förväntningar härrör från individens tidigare kunskaper om liknande situationer och påverkar vad hon sedan upplever. I miljöer som är nya för en individ kan det därför underlätta om hon får information om vilken tidigare situation det aktuella sammanhanget liknar. Ett enkelt exempel på sammanhangets betydelse är följande två sekvenser: A-13-C och 12-13-14, där 13 i det första fallet något mer framstår som ett B än i det andra fallet (figur 7.8). Begreppsdrivna varseblivningsprocesser är enbart genererade av individens förkunskaper. Vanligtvis består varseblivningsprocessen både av datadrivna och begreppsdrivna processer.

De begreppsdrivna processerna utgör ett komplement till de datadrivna processerna och underlättar därmed varseblivningen. När människan använder sina förkunskaper visar det sig att varseblivningssituationen i allmänhet innehåller mycket överflödigt, eller redundant, information. Vi k a r a t t e r i s t i k e r a t t , det vill säga vi kan läsa en text där 25 procent av bokstäverna är borta. Den redundant informationen gör varseblivningen mer robust, och mindre känslig för feltolkningar och brus i miljön. Goda bakgrundskunskaper hos individen gör med andra ord varseblivningsprocessen mindre känslig för brister i informationen från omgivningen.



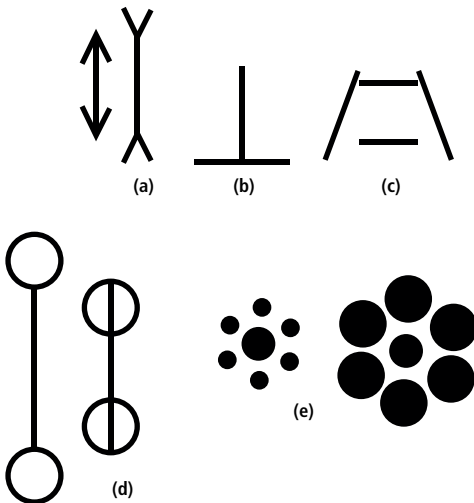
**Figur 7.8.** Exempel på tolkning via sammanhang.



### 7.3.7 Illusioner

*Illusioner* innebär att resultatet i varseblivningsprocessen, det vill säga den slutgiltiga kategoriseringen av den inkommande informationen, är grovt missvisande mot verkligheten. Den främsta anledningen till illusioner är att iakttagaren fyller i betydligt mer av varseblivningens betydelse än vad det finns underlag för i den inkommande informationen. Ett exempel på en illusion är när en mörkrädd person upplever granarna i skogen som spöken.

Figur 7.9 visar några illusioner som grundar sig på enkel visuell information. Effekten av de flesta av dessa illusioner verkar kunna förklaras genom påverkan av våra förväntningar och bakgrundskunskaper. Muller-Lyer-illusionen i (a) går ut på att de två vertikala linjerna ser olika långa ut trots att de i verkligheten är lika långa. I (b) upplevs den horisontella linjen kortare än den vertikala, i (c) upplevs den övre linjen som längre än den nedre och i (d) upplevs den vänstra linjen som längre än den högra. I alla fallen är linjerna objektivt sett lika långa. I (e) upplevs den inre cirkeln i figuren till vänster som större än den inre cirkeln i figuren till höger, trots att de objektivt sett är lika stora. En förklaring av Muller-Lyer-illusionen är att iakttagaren spontant lägger på en tredimensionell tolkning på den tvådimensionella figuren. I den tredimensionella tolkningen används ledtrådar för att konstanthålla storleken hos ett objekt som syns på olika avstånd.



**Figur 7.9.** Exempel på perceptuella illusioner.

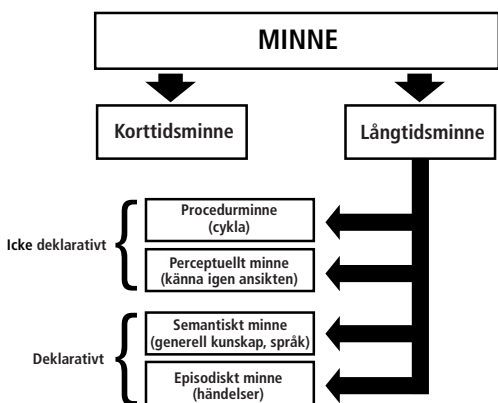
## 7.4 Minnet

Minnet är nödvändigt för att lära, tänka och handla. Minnet gör det möjligt för människan att dra nytta av tidigare erfarenheter vid senare tillfällen. Minnessystemet har tre grundläggande funktioner: inkodning av information, lagerhållning och framtagning av information.

Minnet delas ofta grovt upp i ett *korttidsminne* (KTM) och ett *långtidsminne* (LTM). Långtidsminnet innehåller i sin tur flera olika minnen. I figur 7.10 visas en schematisk bild över hur människans minne kan beskrivas. Korttidsminnet kallas också arbetsminnet för att förtydliga att det är mer aktivt i bearbetningsprocessen. Det håller aktivt kvar information under en kort tid. Människan använder sitt minne för att fatta beslut och respondera genom att stödja sig på den aktuella informationen som finns i korttidsminnet. Informationen är aktiv genom uppmärksamhet och perception av stimuliintag från våra sinnen. En del av de data som finns medvetet i korttidsminnet kodas in i långtidsminnet. Denna process sker inte automatiskt utan aktiv inkodning måste ske. Inkodningen påverkas bland annat av yttre påfrestningar som stress eller störningar av olika slag, samt av ålder.

Människans minneskapacitet är omfattande, vi kan lagra enorma mängder data i långtidsminnet under hela vår livstid. Det svåra är att hitta och ta fram data när den behövs. Vid framtagning av data från långtidsminnet görs detta via *igenkänning* (hitta en sak bland flera) eller *återgivning* (ange något exakt). För att hitta data behövs *ledtrådar* eller nycklar (cues) som hjälp för att hitta rätt i organisationsstrukturen i långtidsminnet. Personliga och unika saker är oftast lättast att hitta. Ofta nämns minnets paradox – för att komma ihåg något måste man veta att man kan det.

God minnesförmåga sägs motsvara framgång. Dock finns många knep att ta till för att minnas bättre. Vissa människor tror att vi minns information genom att fånga den som en videokamera, men detta stämmer inte. Vad vi ser och minns beror mer på vad vi redan vet än på vad som presenteras för oss, det vill säga vi försöker plocka in data som presenteras från våra sinnen i ett logiskt sammanhang. Människan är alltså mer en kartritare än en fotograf som statiskt fångar in omgivningen.



Figur 7.10. Minnets uppdelning.

### 7.4.1 Korttidsminnet

*Korttidsminnet* (KTM) fungerar som ett minne för nuet. Det används för att temporärt lagra information. Det är detta minne som är aktivt när de olika sinnesintrycken som blivit medvetna bearbetas och varseblivits ur den enorma datamängd av sinnesstimuli som finns tillgänglig i omgivningen. Korttidsminnet används också vid allmän reflektion över något eller när individen mer fokuserat försöker lösa ett problem. Ofta sätts likhetstecken mellan korttidsminnet och medvetandets fokus. Där befinner sig information som just nu är i medvetandet eller som precis har varit det. Data är oftast endast tillgänglig och aktiv där under begränsad tid, cirka 30 sekunder, om den inte repeteras.

Korttidsminnet anses vara en flaskhals i informationsbearbetningsprocessen. Aktiv information kan lätt störas av ny inkommande information. Känslor och stress påverkar kapaciteten, och i vissa kritiska situationer kan bara en enda aktivitet bearbetas. Det är alltså stor risk för överbelastning av korttidsminnet. Den mesta av informationen som finns där ett kort ögonblick kastas bort utan att lagras vidare i långtidsminnet.

En amerikansk psykolog, George Miller, föreslog 1956 att korttidsminnets kapacitet bör mätas i *chunks* (sammansatta enheter). Miller fann i sina studier att en vuxen person kan hålla ungefär  $7 \pm 2$  enheter aktiva i KTM samtidigt. Detta resultat fås genom att mäta en individs minnesspann, vilket kan göras till exempel genom att visa siffror med en sekunds mellanrum för en person och sedan be personen upprepa siffrorna. I denna situation klarar personer med någon siffervana i allmänhet att återge 5–9 siffror korrekt. Upprepas samma försök med bokstäver fås ungefär samma resultat, trots att mängden information per bokstav, 1 av 28, är mycket större än mängden information per siffra, 1 på 10. Används ord sjunker resultatet något men inte mycket, med tanke på vilken stor mängd ord det finns i språket. Om vi i ett minnesspanntest ger ordspråk istället för siffror sjunker resultatet. Ännu sämre resultat får vi om vi ger satser med lika många ord som ordspråken, men utan inbördes relation eller betydelse. Ett bra sätt är att beskriva de aktiva enheterna i KTM är som psykologiska enheter, det vill säga funktionellt mer eller mindre integrerade enheter. Ord är förmodligen sämre integrerade än siffror, och ordspråk och satser är ännu sämre integrerade.

Ett exempel på chunking kan beskrivas enligt följande. En amerikansk manlig student med normal intelligens tränades i att öka sitt minnesspann till över 80 siffror. Denna prestation uppnåddes efter 250 träningspass på vardera en timme. Efter träning kunde han alltså omedelbart efter presentationen återge över 80 entalssiffror i samma ordning som de presenterats. Hur var detta möjligt? Analyser visar att tre saker hände i träningen.

För det första lärde han sig att kombinera de givna siffrorna till löpartider, det vill säga han integrerade flera ental till enheter. På detta sätt kunde han ha snabb tillgång till betydligt fler siffror i KTM. För det andra lärde han sig att kombinera kluster av enheter till en ny enhet och till och med kluster av dessa högre ordningens enheter till enheter på en ännu högre nivå. Genom att vid återgivningen packa upp enheter på högre nivå kom han till slut åt de konkreta siffrorna på den lägsta nivån. Studenten hade

alltså vid inkodningen skapat pekare in i sitt minne som han sedan kunde använda vid återgivningen. För det tredje lärde sig studenten att genomföra inkodningen av siffrorna allt fortare, hans inkodningsprocesser blev allt effektivare.

Detta resultat kan öka vår förståelse för vad det innebär att vara expert på ett område. Experter skiljer sig från nybörjare bland annat genom den typ av enheter de använder när de representerar innehållet i sitt expertområde. Experternas enheter är ofta mer abstrakta än nybörjarens och varje större enhet innehåller många enheter på lägre nivå. Detta innebär att experters representation av komplicerade begrepp är mer välintegrerade än nybörjares, vilket i sin tur innebär att det är lättare för experten att bolla med flera begrepp samtidigt.

Genom att experten kan representera begreppen mer ekonomiskt kan han eller hon hålla fler begrepp aktiva samtidigt i KTM och därmed få bättre överblick över området. En liknelse är att experten ser skogen, medan nybörjaren bara ser trädstammarna. Ett exempel på en negativ konsekvens av detta är att experter i programmering har visat sig ha svårt att upptäcka små specifika programmeringsfel, ibland till och med svårare än nybörjare som mer fokuserar på små enskilda detaljer.

En konsekvens av dessa förhållanden för arbetslivet är att personer som arbetat länge i ett visst sammanhang ofta har bättre överblick över både innehållet och arbetsformerna, jämfört med personer med samma jobb som inte varit anställda lika länge. Tack vare bättre överblick kan dessa erfarna personer ofta ha värdefulla synpunkter i samband med förslag till förändring av teknik, arbetsuppgifter och arbetsrutiner.

## 7.4.2 Långtidsminnet

*Långtidsminnet* har en praktiskt taget obegränsad kapacitet för att lagra data. Långtidsminnet fungerar som en förvaringsplats för människans erfarenheter. Information kodas in i långtidsminnet genom inläring och träning. Informationen lagras i termer av de kategorier och begrepp individen hade tillgång till när perceptionen skedde.

*Kunskapsorganisationen* i LTM är unik hos varje individ. Organisationen och lagringen av kunskapen anses ske enligt två modeller som existerar samtidigt, nätverk och associationer. Dessa modeller skiljer sig åt för varje individ. Det som en gång lagrats finns kvar hela livet, men det svåra är att hitta det. Informationen i långtidsminnet bygger mer på mening än på information. Lyckat lärande är beroende på hur bra den nya kunskapen länkats in i nätverken. Inläringen är långsam just på grund av att informationen ska länkas in på rätt ställen.

Precis som för varseblivning är människans mentala representation av ett sakförhållande inte alltid helt rättvisande gentemot det faktiska förhållandet. Dessutom är det naturligtvis inte bara fysiska sakförhållanden som kan representeras utan även sociala och psykiska förhållanden. Det finns olika slag av representationsformat. En uppdelning är mellan sensoriska och icke-sensoriska representationer. Bland de sensoriska finns de visuella och auditiva. Vi kan föreställa oss hur ett björkträd ser ut och vi kan föreställa oss hur det låter när vinden susar i björkens löv eller hur en maskin låter när den fungerar respektive när den är trasig. Även känslor som glädje och ilska

betraktas ibland som ett sorts representationsformat. Uppenbarligen kan vi minnas känslor vi haft vid ett tidigare tillfälle liksom vi varseblir våra känslor i stunden.

Långtidsminnet delas in i det deklarativa och det icke-deklarativa minnet. Det *deklarativa minnet* lägger grunden för en medveten påstötning av fakta som individen tidigare har lärt in och händelser som hon har varit med om. Det kallas deklarativt eftersom dess innehåll kan deklarerars, alltså uttryckas verbalt. Detta minnessystem består av två komponenter, semantiskt minne och episodiskt minne. Det icke-deklarativa minnet består också av två komponenter, procedurminne och perceptuellt minne.

*Semantiskt minne* är namnet på människans kunskapsminne. Det semantiska minnet svarar för de faktakunskaper som varje individ besitter, till exempel konkret fakta och språk. Till exempel ingår kunskapen om att NaCl är den kemiska formeln för vanligt bordssalt och att Canberra är Australiens huvudstad. Det semantiska minnet inkluderar också begrepp och relationer mellan begrepp. Vi vet till exempel hur en stol ser ut och när vi ser en ovanlig modell av en stol kan vi ändå relatera detta till begreppet stol.

*Episodiskt minne* innehåller konkreta händelser som är relaterade till varje persons egna upplevelser. Med hjälp av det episodiska minnet vi kan komma ihåg vad vi själva varit med om. Det är starkt beroende av kontext och det är tydligt definierat i tid och rum. Det kan uttryckas så att vi mentalt reser bakåt i tiden till det tillfälle då en händelse inträffade, det vill säga till platsen och/eller tiden för händelsen. Dessa rumsliga och tidsmässiga ledtrådar gör det möjligt att komma ihåg själva händelsen. Vittnesutsagor efter olyckor och andra situationer som personer varit med om handlar om att försöka verbalisera det som det episodiska minnet kommer ihåg. Detta minne kräver att människan var medveten om vad som hände.

*Procedurminnet*, det äldsta minnet, kommer till uttryck i utförandet av välinlärd motorik, som till exempel att gå, cykla, simma, dansa eller borsta tänderna. Det är ett automatiserat minne. Har en människa en gång lärt sig simma, är det inte sannolikt att hon glömmer hur man gör. Det krävs alltså ingen medveten erinring av den gång man lärde sig att simma för att klara sig i en situation då man hamnar i vattnet.

*Perceptuellt minne* innehåller kunskap för identifiering av objekt, omgivning, ord och uttryck. Det är med hjälp av detta minne som det lilla barnet börjar bygga upp sin kunskap om omvärlden. Det krävs ingen medveten erinring om vad alla objekt i vår omgivning är till för. Vi kan röra oss fritt och navigera i tillvaron utan att behöva reflektera över vad tingen har för funktion.

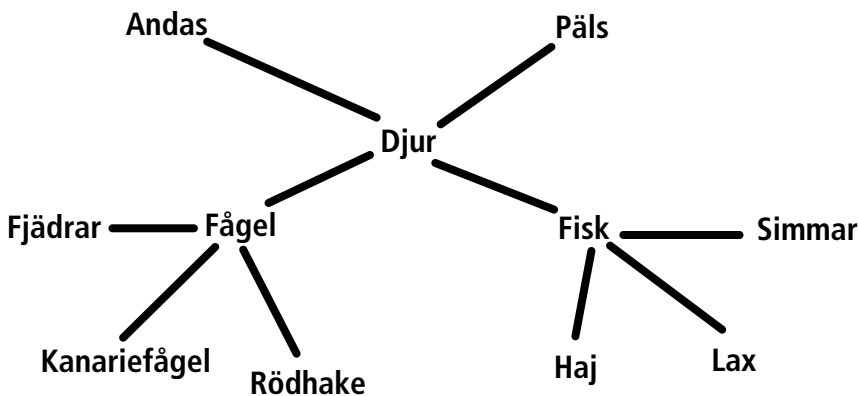
### 7.4.3 Långtidsminnets funktion

Långtidsminnet spelar en central roll vid perceptionen. De stimuli sinnesorganen tar in jämförs med tidigare känd information lagrad i långtidsminnet för att förstå och tolka den inkommande informationen. Detta är speciellt viktigt då den detaljstyrda perceptuella processen (datadriven bearbetning) inte ger tillförlitlig information på grund av bristfällig kvalitet på stimuli, till exempel när det är för suddigt, för smått eller för bullrigt.

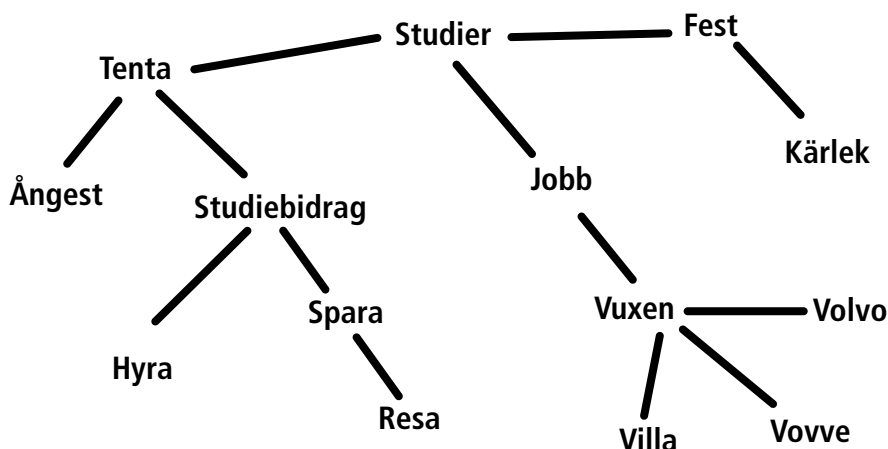
När det gäller långtidsminnet är det framför allt tre begrepp som är viktiga: inkodning, lagring och framtagning.

Till skillnad från korttidsminnet som vi använder aktivt i nuet, förlitar vi oss på långtidsminnet när det gäller information som vi vill ha tillgång till vid ett senare tillfälle. Att lära något är att lyckas lagra något, det vill säga inkoda det i långtidsminnet. Utrymmet i LTM är i praktiken obegränsat. De allra flesta forskare anser dessutom att inget som en gång blivit inkodat i LTM glöms bort. Svårigheten är istället att hitta lagrad information när den behövs. Det gäller med andra ord att ge minnet tillräckligt fullständiga ledtrådar för att den önskade informationen ska kunna hittas.

*Inkodad* information lagras i LTM främst med hjälp av *nätverk*. Där är kunskapen organiserad efter innebörd. Innehållet finns i knutpunkterna, de så kallade noderna. Den deklarativa delen av LTM antas vara ett nätverk där innehållet finns i knutpunkterna. Ofta utgår nätverken från olika huvudkategorier, som till exempel djur. Djur delas sedan upp i undergrupper som flygande eller fyrfota, och därunder katter och hundar. Samtidigt kanske undergruppen flygande associeras till flygplan eller luftballong. Ett exempel på hur ett nätverk kan vara uppbyggt illustreras i figur 7.11. Associationer mellan noderna förmedlas via länkar i nätverket. *Associationer* ger olika starka och långa band mellan noderna. Kunskapsorganisationen är då mera kopplad till samband (figur 7.12).



**Figur 7.11.** Kunskapsorganisation i långtidsminnet ordnad i nätverk. Informationen kopplad efter innebörd.



**Figur 7.12.** Kunskapsorganisation i långtidsminnet enligt associationer. Informationen kopplad enligt samband.

När en nod är högt aktiverad antas dess innehåll nå KTM, men även lägre grader av aktivering i en nod kan medföra att aktivitet sprids vidare i nätverket. Efterhand antas aktiviteten dö ut om den inte fylls på. Detta sker när individen repeterar innehållet medvetet i KTM, eller när hon på nytt varseblir det objekt som den första noden representerar. En nod med en viss grad av aktivering, men otillräcklig för att innehållet ska hamna i KTM, kallas för en primad nod. Aktivering som sprids i primade noder är ett exempel på omedvetna mentala processer.

De ledtrådar som används vid *framtagning* av information från LTM kan vara mer eller mindre välspecificerade. All information som är aktiverad i minnet i en aktuell situation fungerar, i större eller mindre utsträckning, som ledtrådar för minnet. Denna egenskap hos minnet innebär att det är kontextberoende. Ledtrådar inkluderar information både om det fysiska rummet och om människans aktuella sinnestillstånd. Ju mer ledtrådarna är samstämmiga med den information som kodades in vid inlagringstillfället, desto högre är sannolikheten att det inkodade innehållet aktiveras. De aspekter av situationen som människan fokuserar på vid framtagningen har större betydelse som framtagningsledtrådar än andra aspekter av situationen. Sinnesstämning och den fysiska lokalens egenskaper fungerar ofta endast som bakgrundsinformation. *Glömska* handlar om oförmåga att plocka fram önskad information. Glömska beror inte enbart på att det var länge sedan informationen sist användes eller på för få associationer, utan också på hopblandning av associationer från liknande material.

Till hjälp för att ytterligare beskriva långtidsminnets uppbyggnad används begreppen schema, mentala modeller och kognitiva kartor. Precis som vid perception av information är människans mentala representation av ett sakförhållande inte alltid helt rättvisande gentemot det faktiska förhållandet. Dessutom är det naturligtvis inte bara fysiska sakförhållanden som kan representeras utan även sociala och psykiska förhållanden.

*Scheman* och mentala modeller påminner mycket om varandra. Schema används för kunskap kring ett visst övergripande ämne, till exempel sommaren 2008, hästar eller mobiltelefoner. Scheman som innebär sekvenser av vad som ska utföras kallas ibland för script eller manus.

En *mental modell* är en intern representation av ett system eller en helhet, där de viktiga egenskaperna i systemet och deras inbördes förhållande är sparade i minnet. En mental modell är alltså en bild över hur något är uppbyggt och fungerar samt vad som kan förutses hända i modellen. Menta modeller används för att förenkla och förutsäga olika beteenden i omvärlden vilka inkluderar dynamiska förlopp. Menta modeller kan skapas spontant eller formas genom träning. Ibland kan den mentala modellen inte tillräckligt bra, vilket försämrar prestation och kan leda till felbedömningar. Menta modeller kan skifta i hur tillförlitliga eller kompletta de är beroende på hur pålitlig informationen som de är baserade på är.

*Kognitiva kartor* är minnen över *spatial*, rumslig information, som används till exempel när en enkel karta ritas över vägen från punkt A till B. Ofta bortser vi då från detaljer i verkligheten såsom vinklingar och böjningar, och ritar istället vägen rak med rätta vinklar vid förändring. Ibland har människan problem med att tolka informationen genom att hon behöver använda mental rotation för att avläsa till exempel sjökort eller orienteringskartor. Dock är detta en färdighet som kan tränas upp.

*Generisk kunskap* är ytterligare ett begrepp som kopplas ihop med långtidsminnet. Generisk kunskap står för allmängiltig kunskap, något som alla vet och som inte behöver förklaras. Antingen kan det vara kunskap som det förutsätts att alla människor känner till (beroende på ålder), eller så kan det vara specifik kunskap som alla som jobbar inom en viss domän har, till exempel bilförare, läkare eller piloter. Generisk kunskap skaffar individer sig redan i unga år, och kunskapen byggs upp med tiden genom erfarenhet. Följande enkla exempel visar på generisk kunskap:

Maria ville ge Jonas en present. Hon skakade sin spargris.  
Det lät inget om den. Hon gick och letade efter sin mamma.

Vår generiska kunskap medför att vi kan utläsa så mycket mer än vad som står här för att sätta in oss i situationen. Det vi vet är:

- Presenter är något som ofta inhandlas inför ett speciellt tillfälle.
- Presenter kostar pengar.
- I spargrisar förvaras pengar, men ofta vet man inte hur mycket pengar som finns i.
- Spargrisar används oftast av barn.
- Barn får pengar av sina föräldrar.

#### **7.4.4 Riktlinjer för att stödja minnesprocesser**

Information som presenteras i ett människa-maskinsystem ska vara meningsfull och lätt kunna associeras till annan tillhörande information så att den passar in i nätverket. Därför är det viktigt att använda konkreta beskrivningar snarare än abstrakta,



att utnyttja vedertagna begrepp och generisk kunskap, och att dela upp informationen i kategorier för att undvika hopblandning.

Information som sällan används kommer att glömmas, det vill säga vi kan inte hitta den. Därför ska ett tekniskt system uppmuntra till att då och då använda lagrad informationen. Om lösenordet alltid läggs in automatiskt vid inloggning på ett system har operatören glömt det när han eller hon kommer tillbaka från en tids frånvaro, vilket kan skapa problem.

Uppmuntra och möjliggör aktiv formulering i ord eller sammanfattande övningar för att bättre skapa en förståelse och mening med information som presenteras. Då är det lättare för individen att stoppa in informationen i nätverk och associationslinjer. Att föra anteckningar samtidigt som en text läses eller att upprepa en given instruktion flera gånger förbättrar inlärningen.

För att underlätta användning av nya modeller av en produkt, eller liknande produkter från olika tillverkare, är det viktigt att hålla sig till gängse standard för gränssnittsutformning och utnyttja generisk kunskap. På så sätt stöttas igenkänning baserad på tidigare erfarenhet hos individer. Jämför till exempel olika bilmodeller. Ofta är det relativt enkelt att köra en bilmodell, som föraren inte är van vid, genom att standardinstrument som varvräknare och hastighetsmätare finns på samma plats och att reglage som koppling, gas och broms hanteras på likartat sätt.

Att utnyttja minneshjälpmedel som checklistor eller skrivna procedurer vid kritiska händelser fungerar som bra stöd för minnet.

## 7.5 Beslutsfattande och problemlösning

Ibland fattar människan beslut i ögonblicket och ibland kan hon hålla på med avancerade analyser innan ett slutligt beslut tas. Skillnaden beror på att det finns en mängd olika typer av beslut, men också att det finns olika strategier inom beslutsfattande. Inte minst beror olika beslut på vem beslutsfattaren är. Det kan till exempel vara första gången individen fattar ett liknande beslut, eller så är det beslut som tas varje dag. Individen har dessutom erfarenhet av vad som kommer att hända. Beslutsfattande är centralt inom människa-maskinsystem. Kunskap om människans kognitiva processer är av stor vikt för att förstå hur beslutsfattande går till. För att kunna utforma system som stöttar relevanta beslut måste designern ha kunskap om vad det är som begränsar och underlättar operatörens beslutsfattande. Detta avsnitt beskriver inledningsvis en modell för olika nivåer av beslutsfattande och problemlösning som förekommer då människan samverkar med tekniken. Avsnittet fokuserar därefter på den hösta nivån i denna modell genom att gå igenom vanliga beslutsteorier och beskriva beslutsfattande utifrån informationsbehandlingsmodellen i figur 7.2. Avsnittet avslutas med att beskriva skillnader och likheter mellan nybörjare och experter vad gäller beslutsfattande.

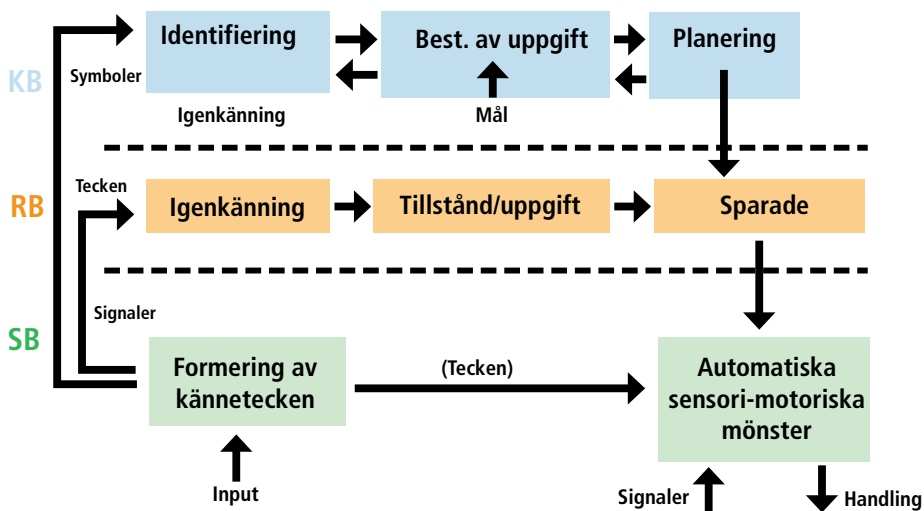
Enkelt uttryckt är beslutsfattande ett val i en rymd av olika möjligheter. Ofta finns det viss information tillgänglig som är relevant för någon eller flera valmöjligheter. För att beslutet inte ska räknas som en reflexmässig reaktion krävs att det finns relativt mycket tid till förfogande. I dessa sammanhang innebär mycket tid mer än 1 sekund. I beslutsfattande är det aldrig självklart vilket val som är det bästa och därför innefattar ett beslut alltid en viss risk. Risker är att det beslut som tas inte är det bästa beslutet för den givna situationen och kan därmed medföra negativa och oönskade konsekvenser. Inom människa-maskinsystem kan beslut handla om att fördela luftrum mellan flera flygplan vid flygtrafikledning eller att bestämma sig för att bromsa eller inte bromsa bilen när trafikljuset lyser gult och det finns bilar bakom.

### 7.5.1 SRK-modellen

De handlingar som människor utför dagligen varierar från helt automatiska handlingar utanför medvetandet till fullständigt medvetna handlingar och beslut. Människan reagerar alltså på omgivningen med olika nivåer av medvetande. Olika former av mer eller mindre medvetna beslut är av intresse för interaktionen i ett människa-maskinsystem. *SRK-modellen*, som presenterades av den välkände danske professorn Jens Rasmussen (1983), beskriver tre nivåer av beteende som i sin tur används för att beskriva tre olika typer av beslutsfattande. Dessa tre nivåer kallas färdighetsbaserat, regelbaserat och kunskapsbaserat beteende (skill-, rule- and knowledgebased behaviour).

- **Färdighetsbaserat beteende (SB):** Handlingar utan aktivt medvetande och rutinmässiga handlingar som att öppna en dörr.
- **Regelbaserat beteende (RB):** Handlingar som styrs av regler, rutiner och gammal kunskap, till exempel trafikregler och hur ett vanligt ordbehandlingsprogram hanteras i datorn.
- **Kunskapsbaserat beteende (KB):** Handlingar som kräver aktivt tänkande och problemlösning, till exempel när människan befinner sig i nya eller okända situationer.

Figur 7.13 är en schematisk skiss över SRK-modellen som visar på hur människan fattar beslut från inkommande stimuli och responderar på dessa genom en fysisk handling. De aktiviteter som människan gör i det dagliga livet består av beslut och respons på många olika medvetandenivåer mer eller mindre samtidigt. För att utföra en handling på regelbaserad nivå behöver ofta även handlingar på färdighetsbaserad nivå inkluderas. För att utföra en handling på kunskapsbaserad nivå krävs ofta också både regel- och färdighetsbaserade handlingar.



**Figur 7.13.** SRK-modellen (Rasmussen, 1983).

*Färdighetsbaserat beteende* innebär i stort sett automatiserade beteenden där människan reagerar med en handling direkt på perceptuella signaler. Färdighetsbaserat beteende återfinns i många av våra dagliga aktiviteter, till exempel att öppna dörrar, cykla, simma eller manövrera bilen om vi är vana bilförare.

Färdighetsbaserat beteende återfinns alltså när människan utan aktivt medvetande utför högt automatiserade uppgifter snabbt, lätt och utantill i mycket bekanta situationer och vid tränade rutinuppgifter. För att handlingar ska kunna utföras på färdighetsbaserad nivå behöver följaktligen människan ha erfarenhet och träning. Vid färdighetsbaserat beteende finns ingen medveten kontroll över hur uppgifterna utförs och det finns mycket kapacitet kvar i korttidsminnet för att utföra andra saker samtidigt. Människan behöver alltså inte tolka och integrera den inkommande informationen på ett medvetet plan.

*Regelbaserat beteende* uppstår i bekanta situationer och vid problem som människan har tränats för eller har erfarenhet av och därmed har utvecklat regler för. Ett exempel på regelbaserat beteende är bilföraren som ser stoppskylten framme vid vägkorsningen. Genom denna ledtråd associerar föraren att stopp betyder stanna och beslutar sig för att göra så. Själva bromsandet som utförs genom att bromspedalen trycks ner sker dock på färdighetsbaserad nivå, föraren behöver inte belasta KTM med att söka efter rätt pedal eller fundera på hur bilen ska stoppas. Samtidigt som föraren beslutar sig för att bromsa kan han eller hon sätta på radion eller prata med medpassagerare och därmed belasta KTM med ytterligare enheter.

Regelbaserat beteende återfinns när människan har varit med om situationen tidigare och har lagrade regler för hur hon ska agera. Om ett visst tillstånd råder så ska en viss handling utföras. Till exempel om A välj C, om B välj D. Det finns alltså ett färdigt fungerande handlingsmönster kopplat till reglerna som finns lagrade i långtidsminnet. Vid agerande på regelbaserad nivå identifierar människan först statuts på tekniken i systemet till ett visst läge och därefter utförs de handlingar som krävs. Regelbaserat beteende är en ganska snabb process eftersom människan känner igen de ledtrådar som presenteras. Detta är tillräckligt för att rätt information ska hittas i långtidsminnet. Vid regelbaserat beteende finns det kvar en viss extra kapacitet i korttidsminnet så att människan kan uppmärksamma även ytterligare information under beslutsprocessen.

*Kunskapsbaserat beteende* inträffar när människan befinner sig i en ny, obekant situation där inga färdiga regler finns att falla tillbaka på. Här måste människan ägna sig åt problemlösning och beslutsfattande. Ett exempel på detta är när en ny mobiltelefon eller ett nytt handverktyg ska användas. Användaren vet då inte vilka funktioner som finns och hur produkten ska hanteras. För att reda ut detta måste användaren utföra aktivt mentalt arbete som att läsa manualen, försöka minnas hur tidigare produkter hanterats eller testa sig fram för att reda ut vilka funktioner som gör vad. I nya okända trafiksituationer, till exempel vid bilkörning i rusningstid som turist i en okänd storstad, krävs kunskapsbaserat beteende. Föraren kan då inte bli störd genom konversation med övriga medpassagerare eller genom att svara i mobiltelefonen, utan

måste använda hela sin mentala kapacitet till att studera trafiken och ta beslut om åtgärder för att undvika incidenter eller att köra fel väg. Kunskapsbaserat beteende kräver mycket mental kapacitet och det finns inte samtidigt kapacitet över till andra handlingar på regel- eller kunskapsbaserad nivå. Däremot kan automatiserade handlingar utföras samtidigt.

Kunskapsbaserat beteende återfinns alltså när människan behöver använda sin problemlösningsförmåga för att utföra uppgiften. Aktivt problemlösande är långsamt och belastande, och ingen extra kapacitet finns kvar i KTM. Uppmärksamheten på nya inkommande stimuli är starkt begränsad. Det kunskapsbaserade beteendet är ett målstyrt handlande där människan själv måste sätta upp ett explicit formulerat mål för sin problemlösning. En tänkbar plan för problemlösning sätts ihop genom urval och provas gentemot målet, både i tanke och genom fysiska handlingar. Vid framgång skapas en ny regel som kan användas om individen blir utsatt för samma uppgift igen.

Det finns ingen distinkt gräns mellan de tre nivåerna i SRK-modellen utan de beror på den enskilda individens träning och uppmärksamhet. Uppgifter som en individ kan utföra på färdighetsbaserad nivå kan en annan individ behöva utföra på kunskapsbaserad nivå. Efter att en individ har utfört en uppgift ett antal gånger, så har hon förhoppningsvis skapat sig en regel för detta. Ju oftare en person sedan utför en regelbaserad handling, desto mer färdighetsbaserad blir handlingen. Människan kan med träning utföra mycket komplicerade handlingsmönster på färdighetsbaserad nivå. Transformationen från regelbaserat till färdighetsbaserat beteende görs alltså för att frigöra mentala resurser. När sedan uppgiften har utförts, ofta på färdighetsbaserad nivå, tappar människan ofta reglerna som utnyttjats tidigare. När det gäller färdighetsbaserat beteende är det svårt att beskriva i ord vad som görs och vilken information som används. Däremot är regelbaserat beteende lättare att beskriva, eftersom det mer handlar om explicit kunnande och individen minns reglerna som utnyttjats vid bedömningen. De kommande delarna i avsnittet beskriver mer i detalj beslutsfattande som pågår främst på den kunskapsbaserade nivån.

### 7.5.2 Vanliga modeller för beslutsfattande

De två vanligaste övergripande modellerna över beslutsfattande på kunskapsbaserad nivå är normativt och deskriptivt beslutsfattande. Historiskt sett har rationellt eller *normativt beslutsfattande* fokuserats. Detta är teorier om hur människan bör fatta beslut, och normen är att beslut ska fattas rationellt. Normativt beslutsfattande utgår från att det finns ett sätt att värdera olika argument och alternativ i en beslutsfattande-process, så att det optimala valet kan räknas ut matematiskt genom att dessa värden maximeras. Det bygger på antaganden att människor har obegränsat med mentala resurser och tid att värdera en obegränsad mängd alternativ. Då människan har kognitiva begränsningar är det mer relevant att inom människa-maskinsystem tillämpa teorier som studerar och beskriver hur människor i olika situationer faktiskt fattar beslut. Detta har resulterat i en mängd modeller för *deskriptivt beslutsfattande*. Mycket av detta arbete begränsar sig dock till laboratoriestudier, vilka inte innefattar hela vidden av beslutsfattande i verkliga situationer.

## Normativt beslutsfattande

En vanlig modell som bygger på normativt beslutsfattande är en beslutsmatris. Den går ut på att olika argument för ett beslut är värt olika mycket för beslutsfattaren och därför kommer olika alternativ med varierande egenskaper att viktas olika högt. Vid ett bilköp kan ett antal viktiga egenskaper identifieras för att grunda beslutet på, till exempel pris, färg, prestanda, storlek och bränsleförbrukning. Säg att du ska köpa en bil och du har en bestämd uppfattning om att du önskar en ganska stor röd bil som du ska köra väldigt lite och du har en begränsad köpesumma undanlagt för detta. Nästa steg är att vikta egenskaperna. I detta fall kanske priset är avgörande och viktas därför högt, 8 av 10. Storleken är också ganska viktigt och viktas 7 av 10. Färg är roligt men inget som i detta fall kommer tillåtas vara avgörande i jämförelse med de föregående två egenskaperna. Färg viktas därför endast till 3 av 10. Till sist är bränsleförbrukning inte så viktigt så den viktas till 4 av 10. Olika bilar kommer då sammanlagt att viktas olika enligt formeln:

$$U(v) = \sum_I^n (a_i \times u_i)$$

där  $a$  är bilens värde baserat på de viktade egenskaperna.

Med tre alternativ, bil A, B och C så skulle i detta fall bil C införskaffas enligt beslutsmatrisen i tabell 7.2 eftersom totalsumman 143 är störst av de tre.

**Tabell 7.2.** Exempel på värdematrix för beslutsfattande (Wickens med flera, 2004).

	Pris	Storlek	Färg	Bränsle	$U(v) =$
	$8 = u_1$	$7 = u_2$	$3 = u_3$	$4 = u_4$	$\sum_I^n (a_i \times u_i)$
<b>Bil A</b>	$9 = a_1$ (40 000 kr)	$5 = a_2$ (medium)	$6 = a_3$ (blå)	$1 = a_4$ (2,0)	$9 \times 8 + 5 \times 7 + 6 \times 3 + 1 \times 4 = 129$
<b>Bil B</b>	$2 = a_1$ (100 000 kr)	$2 = a_2$ (liten)	$10 = a_3$ (röd)	$7 = a_4$ (0,9)	$2 \times 8 + 2 \times 7 + 10 \times 3 + 7 \times 4 = 88$
<b>Bil C</b>	$5 = a_1$ (70 000 kr)	$9 = a_2$ (stor)	$4 = a_3$ (svart)	$7 = a_4$ (0,9)	$5 \times 8 + 9 \times 7 + 4 \times 3 + 7 \times 4 = 143$

Detta är en metod som är tillämpbar i designfrågor där ofta argument som står mot varandra uppkommer och kräver kompromisser. Detta exempel ger också en bild av hur matriser som ligger till grund för beslutsstöd i system kan skapas. Det är viktigt att beakta att det finns värderingar inbyggda även i automatiska system.

En annan modell är väntevärde som bygger på ett förväntat värde baserat på sannolikhetsteori. Ett klassiskt exempel är val mellan två lotterier med olika utformning.

Lotteri 1: vinn 500 kr med en sannolikhet på 0,20.

Lotteri 2: vinn 200 kr med en sannolikhet på 0,60.

Statistiskt sett (genom beräkning) ger lotteri 1 i genomsnitt 100 kr medan lotteri 2 ger 120 kr. I experiment har det dock visat sig att människor istället chansar för en högre vinst. Det finns alltså en subjektiv komponent som beslutsfattaren värderar högre.

### Deskriptivt beslutsfattande

Att i enlighet med normativt beslutsfattande alltid överväga alla faktorer för alla valmöjligheter är helt enkelt alldeles för krävande och tidsödande. Det är också, med tanke på våra kognitiva begränsningar, omöjligt i verkliga beslutsfattandesituationer. Modeller över deskriptivt beslutsfattande beskriver hur vi faktiskt går tillväga när vi fattar beslut. Här beskrivs hur vi använder enklare och inte fullständiga tillvägagångssätt för att välja alternativ ur en mängd möjligheter. Det som tillämpas är så kallad bias, vilket kan översättas med att genvägar och tumregler används vid beslutsfattande. Ett exempel på en genväg är satisfiering (Simon, 1957). Detta innebär att människor inte nödvändigtvis är ute efter den bästa lösningen utan att den första lösningen som visar sig bra nog accepteras. Därefter är det inte värt besväret att söka vidare efter en något bättre eller en mycket bättre lösning.

I verkliga dynamiska situationer, till exempel inom processindustrin, förändras förhållanden snabbt. Det finns för denna typ av situationer en modell kring dynamiskt beslutsfattande (Brehmer, 1992). Utmärkande för dynamiskt beslutsfattande är att (1) många beslut beror av varandra, (2) att uppgiften ändrar tillstånd, dels så att säga spontant på grund av sin egen inneboende dynamik, dels på grund av operatörens egna åtgärder, och (3) att besluten sker mer eller mindre i realtid.

I de fall då mängden information är relativt begränsad och användaren har o begränsat med tid så kan metoder för noggrann analys av olika valmöjligheters värde för utfallet utnyttjas, vilket är både önskvärt och möjligt. Men då mängden information överskrider människans kognitiva förmågor och tiden är begränsad byter hon strategi och utnyttjar genvägar och förenklingar.

### 7.5.3 Mentala begränsningar för beslutsfattande

Beslutsfattande på kunskapsbaserad nivå kan i stort delas in i tre faser som upprepas tills beslut fattats. Först samlas fakta och bakgrundsinformation in från omgivningen. Kritiskt här är att det måste vara relevant information och inte bara den information som finns närmast till hands. Därefter tolkas indikationer och informationen som beskriver situationen. Senare genereras hypoteser, föreställningar och uppslag på hur olika val skulle påverka den nuvarande situationen och vilka konsekvenser det ena eller andra alternativet skulle få. Till slut planeras ett tillvägagångssätt utifrån de val

som just gjorts. Efter agerande återstår att utvärdera utfallet och göra ändringar om utrymme finns för detta.

I tidigare avsnitt har begränsningar i människans förmåga för informationsbehandling presenterats. Framförallt är problemet att vi inte kan hålla så mycket information aktuellt i korttidsminnet samtidigt. Vi har inte heller alltid lätt att ur långtidsminnet plocka fram den information som vi bäst behöver. Vid beslutsfattande påverkar dessa begränsningar oss. Vi skulle egentligen behöva hålla kanske tio möjliga beslutsalternativ och hypoteser aktiva samtidigt i korttidsminnet för att effektivt kunna jämföra dessa i en beslutssituation. Men eftersom korttidsminnet i genomsnitt bara mäktar med cirka sju enheter med information åt gången klarar vi inte detta. I bästa fall är varje enhet en beprövad hypotes, men i en ny situation kan hypoteserna vara fragmentariska och det ryms mindre information i varje enhet. Dessutom ska vi i beslutsögonblicket kunna plocka fram just de tio mest relevanta hypoteserna ur långtidsminnet, vilket ytterligare visar på det orimliga. Trots detta så fattar människor många kvalificerade beslut som oftast faller väl ut. Detta klarar vi tack vare att vi utarbetar genvägar och tumregler som leder fram till beslut. Detta handlar i grunden om förenklingar och medför därför eventuellt svagheter i besluten. Om de utarbetade genvägarna inte är baserade på sunda argument eller tillförlitlig information kan dessa fel bli systematiska och svåra att förutse.

### **Fas 1. Söka efter och inhämta information**

Vi begränsas och påverkas redan vid datainsamlingen av vad som kommer att styra vårt beslut. Detta kan vara både en fördel och nackdel vid utformning av människa-maskinsystem.

Till att börja med kan vi bara hålla ett visst antal enheter av information aktivt i korttidsminnet. Vi kan alltså inte samla på oss alla bevis i en given situation som kan vara till stöd för vårt beslut. Detta utnyttjas vid utformning av information på bildskärmar där integrering av data överförs till helheter som kanske visar trender istället för att en stor mängd data visas som användaren själv måste integrera.

Vid en förändring är det vanligt att större vikt läggs vid den information som först når fram. Även om efterkommande information skiljer sig kraftig från den förra eller till och med visar på motsatta förhållanden är det första intrycket redan förankrat och svårt att ändra på.

Det kan krävas flera påföljande bevis på att den första informationen skulle vara felaktig innan användaren är villig att förkasta den. Med andra ord väger efterföljande och senare information mindre tungt även om den faktiskt är mer uppdaterad och mer korrekt beskriver nuläget av situationen.

Starka och tydliga signaler påkallar uppmärksamhet. Detta kan vara information som finns presenterad längst upp på skärmbilden eller det larm som låter högst. Detta kan utnyttjas om användaren på förhand vet vilken information som är mest kritisk och bör framhävas, men det kan på samma gång få motsatt effekt om användaren uppmärksammar ett larm för att det hörs mest men inte är relevant för tillfället.



En svårighet är att veta om de indikationer och den information som användaren tar del av är relevant, eller hur tillförlitlig och sann den är. Till exempel finns ibland en övertro på digitala siffror, till synes exakta siffror med kanske två decimaler. Det ifrågasätts inte alltid vad dessa siffror är baserade på jämfört med en analog motsvarande signal.

## Fas 2. Hypotesbildning

I den andra fasen som består av att välja ut några hypoteser ur långtidsminnet har vi också genvägar att ta till för att kunna fatta beslut i verkliga komplexa situationer.

Vid generering av arbetshypoteser är vi begränsade av arbetsminnets kapacitet att hålla ett mindre antal enheter aktiva i processen. Detta gör det omöjligt att pröva alla kända arbetshypoteser i en given situation. I extrema situationer under stor press är endast ett alternativ tillgängligt. För experter är detta ofta tillräckligt men för en nybörjare kan det vara mycket godtyckligt, och bero på mer tur än skicklighet om utfallet skulle bli lyckat.

Om användaren har viss erfarenhet och därför kan ha ett antal hypoteser samlade i långtidsminnet som enheter, och inte spridda fragment, finns förutsättningar för att kunna hålla några hypoteser aktuella i arbetsminnet samtidigt medan beslut fattas. Eftersom det som finns i långtidsminnet är mer eller mindre åtkomligt beroende på hur starkt minnet är och när det senast användes, kommer inte alla hypoteser att ligga lika nära till hands. För att hålla lämpliga hypoteser lättåtkomliga ska de aktiveras ofta och ju närmare inpå det kommande användningstillfället som möjligt.

Ibland baseras valet av hypoteser på igenkänning av ett händelseförlopp eller mönster. Detta kan leda till snabbare val av hypotes, men det förutsätter att det inte är en annorlunda situation som uppstått som kräver en helt annan åtgärd.

Precis som vid inhämtning av information gäller det även vid val av hypoteser att den hypotes användaren först plockat anses lite bättre än de efterkommande.

I likhet med insamling av indikationer och information, håller användaren gärna fast vid den första hypotesen som aktiverats i arbetsminnet. Om inga hypoteser förkastats finns inte heller plats för några nya. Ett känt fall av så kallat kognitivt tunnelseende uppstod vid kärnkraftsolyckan på Three Mile Island i USA. Där höll operatörerna i timmar fast vid idén att det läckte kylarvatten och därför stängde de av vattnet. Denna åtgärd orsakade istället en hardsmälta på grund av för lite kylarvatten. Vetskapen om att tunnelseende uppkommer i pressade situationer har medfört att säkerhetskritiska system idag tillämpar kreativa problemlösningsmetoder som brainstorming och simulerade händelser vid träning av scenario.

På liknande sätt som vid kognitivt tunnelseende kan en hypotes som fortfarande är under prövning förstärkas genom att användaren lyssnar till omgivningens indikationer på att rätt beslut tagits, men bortser från allt som tyder på att han eller hon har fel. Vid kognitivt tunnelseende har människan redan valt hypotes och omprövar den inte längre, hon tror sig vara på rätt spår.

### Fas 3. Planering och agerande

Vi utnyttjar genvägar på gott och ont när det gäller att utarbeta en plan för hur vi ska gå tillväga när vi beslutar om vilka åtgärder som ska utföras.

Ofta kommer vi att tänka på handlingar vi utfört nyligen eller väldigt ofta när vi möter en given situation. Även om människan har utvärderat situationen, och kommit fram till vad som ska göras, kanske det fortfarande kräver korttidsminneskapacitet att komma ihåg i vilken ordning en sekvens av åtgärder ska göras. I många system finns checklistor för att operatören inte ska glömma något steg. På så sätt finns åtgärderna tillgängliga i externa minnen istället för i vårt interna.

Vi tar gärna något som nyligen hänt för mer troligt vilket kan påverka vårt val av agerande. Om vi till exempel dagligen ser många människor cykla utan hjälm och aldrig ser någon ta skada, är det troligare att vi bortser från möjligheten att själva råka illa ut utan hjälm. Om vi ser en cykelolycka, där någon förolyckats utan hjälm, kanske vi under en tid är mer noga med att sätta på oss cykelhjälm. Det är alltid lätt att i efterhand se hur olyckor hade kunnat undvikas. Det är betydligt svårare att försöka se vad som försiggick i operatörens huvud när det avgörande beslutet att göra på ett visst sätt fattades. Först då förståelse finns kan problem åtgärdas och förebyggas innan de inträffar.

#### 7.5.4 Utveckling av expertis

En hel del studier har utförts för att bättre förstå vad som utmärker *experter* och *nybörjare* (noviser) inom ett område. Studier av mycket framgångsrika vetenskapsmän och konstnärer genom historien har visat att det tagit minst tio år innan de producerat arbeten som bedömts som geniala. Detta gäller områden som musik, schack och vetenskapliga ämnen, till exempel fysik. Ingen blir expert på ett område utan hårt arbete. Förutom att ha tillgång till mer omfattande enheter i korttidsminnet har experter också, allmänt sett, mer av sina kunskaper proceduraliserade jämfört med nybörjare, vilka istället har mer kunskap i deklarativ form. Bägge dessa förhållanden medför att experter, jämfört med nybörjare, har mer friställda resurser att tillgå i sitt korttidsminne.

Experternas proceduraliserade representationer har visat sig vara mycket sammanhangsspecifika, det vill säga väldigt finjusterade i relation till enskilda uppgifters krav. Schackmästare har till exempel visat sig ha procedurella kunskaper om ett mycket stort antal specifika schacksituationer. Vid schackspel gör schackmästare inte långa planeringar dussintals drag framåt i spelet. Istället har de stor förmåga att omedelbart aktivera kunskaper om en schacksituation som nära liknar den aktuella situationen. Till denna situation finns kopplat kunskaper om bra svarsdrag. På så sätt har schackexperter visat sig snabbt kunna identifiera relevanta komponenter i en schacksituation. Utöver detta har schackexperter mer adekvata beslutskriterier vid val av drag, vilket bidrar till deras framgång.

Det faktum att experter till stor del arbetar i proceduraliserad representation får konsekvenser vid utveckling av så kallade expertsystem. En förutsättning för dessa

system är att programmeraren vet vilka expertkunskaperna inom det aktuella området är. Detta kan åstadkommas genom omfattande intervjuer med experter på området. Det har emellertid visat sig att det ofta är svårt för experter att verbalisera sina kunskaper. En anledning till detta är att experter i hög utsträckning har de aktuella kunskaperna representerade i procedurell och inte i deklarativ form. Procedurella kunskaper är svåra att verbalisera.

Den amerikanske psykologen Lesgold och hans kollegor gjorde på 1980-talet expertstudier av radiologer som tolkar röntgenbilder. Resultaten visar att radiologexperterna lägger ner proportionellt mer tid på att utveckla sin förståelse av bilden jämfört med nybörjare. Experter i radiologi är, jämfört med nybörjare, mer flexibla, utreder fler alternativ och försöker i högre utsträckning väga in och integrera fakta som talar emot den tolkning av bilden som de för stunden håller för mest sannolik.

En jämförelse mellan radiologer som var nybörjare, de med kompetens på mellannivå och experter visade att nybörjarna ofta fastnade i detaljer och alltför ofta förbisåg ovanliga alternativ. Radiologer på mellannivå kände till de ovanliga alternativen och visade en tendens att alltför ofta välja en lösning som byggde på ett sådant alternativ. Experterna klarade balansgången mellan det frekventa och möjligheten av en ovanlig lösning genom att skapa en mer integrerad abstrakt helhetsrepresentation av röntgenbilden.

Samma skillnader som finns mellan experter och nybörjare kommer igen i samband med lösandet av designproblem. Experter i olika faser i designprocessen har bättre förmåga än nybörjare att omedelbart ta fram och använda relevanta minneskunskaper. Detta beror på att experter har bättre överblick och mer effektiv organisation i sin kunskapsbas. Det har också visat sig att experter har en större repertoar av problemlösningstrategier och att de är bättre på att utnyttja gamla lösningar jämfört med nybörjare. Slutligen har experter visat sig beakta fler alternativa lösningar till ett problem samt anstränger sig mer att förstå problemet. Denna ansträngning inkluderar bland annat att försöka klargöra olika typer av begränsningar på den sökta lösningen.

En expert kan röra sig mellan samtliga tre nivåer i Rasmussens modell beroende på de situationer som uppstår. I normalfall, och i på förhand kända och vanliga störningar, kan experten styra systemet automatiskt genom färdighetsbaserat beteende. Vid kända men inte så vanliga störningar tillämpas regler ur huvudet eller beslutsstöd (regelbaserat beteende). I helt nya situationer får experten förlita sig på liknande fall, och söka information och signaler som bygger på grundkunskaper om systemet för att försöka analysera situationen (kunskapsbaserat beteende).

### **7.5.5 Att förbättra beslutsfattande i ett människa-maskinsystem**

Det är viktigt att ha förståelse för att olika nivåer av beslutsstrategier kan komma att behövas i ett och samma system med flera användare. De resurser som finns att tillgå i systemet måste hjälpa till att förbättra samtliga nivåer. Det som kan göras för att förbättra beslutsfattande är dels att ändra utformningen på uppgiften eller göra systemen mer tillförlitliga, dels utarbeta väl anpassade beslutsstöd och att träna operatörerna så att de får relevanta kunskaper och färdigheter.

Beslutsstöd kan vara allt från en kom-ihåg-lapp eller checklistor till ett avancerat prediktivt beslutsstödssystem för simuleringar, som snabbt kan ge information om vilka konsekvenser olika beslut skulle få för systemet. En annan variant av beslutsstöd är att utforma displayer så att den information som presenteras framställs på ett sätt som inte kräver onödig analys.

Träning kan utformas för olika typer av beslutsfattande. Att upprepa och öva in regelbaserade handlingar tills de blir automatiska, att simulera olika möjliga krissituationer för att skapa mentala modeller över systemet, eller att studera grundläggande handhavande av systemet för att kunna använda detta när automatiken fallerar är olika former av träning som ger utdelning i goda beslut.

## 7.6 Utformning av displayer och reglage

I detta avsnitt skiftas fokus från människan till tekniken, närmare bestämt till utformningen av användargränssnittet i ett människa-maskinsystem. Idag har teknikcentrerad utveckling av produkter/system mer och mer gett vika för operatörscentrerad utveckling, vilket medför att användarens förmågor och begränsningar sätts i fokus när användargränssnittet utformas. Användargränssnitt består dels av informationsdon som presenterar olika typer av information om produkten/systemet, dels av manöverdon som används för att manövrera produkten/systemet. Det är alltså via dessa som operatören dels kan förstå, dels kan hantera tekniken för att lösa olika uppgifter på ett tryggt och säkert sätt.

Informationsdon, eller displayer, förser operatören med information och är ett samlingsbegrepp för bildskärmar, visarinstrument, lampor et cetera. Informationsdon kan förutom visuell information också presentera audiell och/eller haptisk information. Manöverdon, eller reglage, är ett samlingsnamn för tangentbord, datormöss, knappar, spakar, omkopplare, rattar, vevar och pedaler.

Vid utformning av användargränssnitt ska informationen som presenteras via informationsdonen hjälpa operatören med relevanta data som underlättar för mental bearbetning och beslut om hur produkten/systemet ska hanteras och styras vidare. Manöverdonen medför sedan att operatören kan genomföra dessa beslut i form av fysiska handlingar. Operatörens mentala och fysiska egenskaper måste vara vägledande för utformningen av användargränssnittet.

Detta avsnitt inleds med en beskrivning av interaktionen mellan operatör och teknik, för att sedan visa på olika typer av kommunikation som sker mellan dessa. Därefter redogörs för designprinciper för utformning av informations- och manöverdon, för visuell, auditiv och haptisk presentation. Designprinciperna kopplas främst till människans kognitiva förutsättningar men också till fysiska villkor som räckvidd och kraftöverföring. Avsnittet avslutas med grundläggande riktlinjer och checklistor över hur användargränssnitt bör utformas för att skapa ett bra samspel mellan operatör och teknik.

### 7.6.1 Interaktionen mellan operatör och teknik

I figur 7.1 i inledningen av kapitlet beskrivs interaktionen mellan operatör och tekniskt system som ett cykliskt förlopp. Detta samspel kan beskrivas på flera sätt. De två vanligaste modellerna om hur interaktionen fungerar är 7-stegsmodellen (Norman, 1986) och explorativ inlärning (Lewis och Polson, 1990). Explorativ inlärning kan ses som ett förenklat specialfall av 7-stegsmodellen. I tabell 7.3 beskrivs Normans 7-stegsmodell för hur en användare går till väga för att lösa en uppgift, och i tabell 7.4 redovisas hur en användare utnyttjar utforskande inlärning för att lösa en uppgift.

**Tabell 7.3.** *Normans 7-stegsmodell.*

1	Användaren formulerar ett mål.	Användaren vill ha det ljusare i rummet.
2	Användaren har för avsikt att uppnå målet.	Användaren bestämmer sig för att tända belysningen.
3	Användaren skapar en sekvens av handlingar för att uppnå målet.	Användaren planerar handlingar för att kunna tända belysningen.
4	Användaren utför handlingssekvensen.	Användaren utför de planerade handlingarna genom att trycka på strömbrytaren.
5	Användaren mottar status efter utförd handlingssekvens.	Användaren uppfattar hur rummet ser ut efter att strömbrytaren har aktiveras.
6	Användaren varseblir resultatet utifrån sina förväntningar.	Användaren varseblir att belysningen har tänts enligt förväntningarna.
7	Användaren utvärderar resultatet mot vad som förväntades skulle hända.	Användaren utvärderar om belysningen är som förväntat.

**Tabell 7.4.** *Hur utforskande inläring kan användas för att lösa en uppgift.*

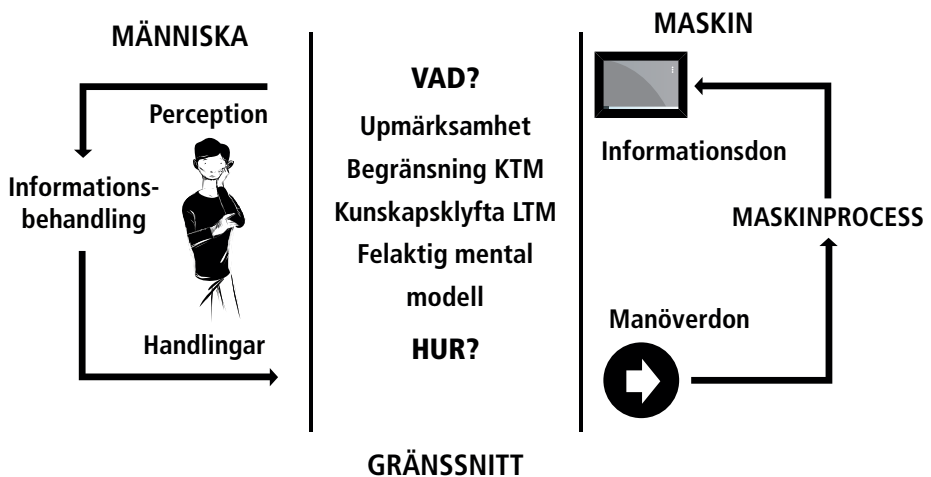
1	Användaren sätter upp ett mål som ska nås med hjälp av systemet.	Användaren vill tända belysningen i rummet.
2	Användaren granskar gränssnittet efter tillgängliga ledtrådar för att kunna utföra en handling som leder mot målet.	Användaren söker efter en strömbrytare i rummet.
3	Användaren väljer en handling som ser ut att leda mot målet.	Användaren väljer den strömbrytare som antas tända belysningen.
4	Användaren utför den valda handlingen och söker återkoppling från systemet för att avgöra om framsteg gjorts.	Användaren trycker på strömbrytaren och ser om ljuset tänds.

### **Svårigheter i interaktionen mellan operatör och teknik**

I takt med teknikutvecklingen och utnyttjandet av mer komplicerade tekniska system med bakomliggande automation, ökar avståndet mellan operatör och funktionerna som systemet utför. I många fall finns en känsla av att operatörer känner sig distanserade till tekniken. All kommunikation mellan operatör och teknik sker via användargränssnittet, där det tekniska systemets status och funktion presenteras. Därför är det av största vikt för en designer att veta vilken information som ska presenteras och hur den ska presenteras för att uppnå hög användarvänlighet. Den som utvecklar produkten/systemet bör ha viss kännedom om hur användarens mentala modell över produkten/systemet ser ut.

Oförståelse för tekniken kan leda till mänskliga felhandlingar med incidenter och olyckor som följd. Uppgifter finns om att 60-80 procent av alla olyckor i komplexa tekniska system är orsakade av den så kallade mänskliga faktorn. Detta gäller tekniska system som till exempel flyg och flygledning, fartygsnavigering, processövervakning, medicinsk teknik och olika mark- och spårbundna transportsystem. Vid studier av de olyckor som skett kan konstateras att orsaken till felhandlingarna berodde på bristande kommunikation i interaktionen mellan människan och tekniken. Detta innebär att många felhandlingar helt enkelt beror på ofullständig och bristfällig utformning av användargränssnitten.

Norman (1986) betecknar de problem som kan uppstå i interaktionen mellan människa och teknik som en kunskapsklyfta. Denna måste överbryggas på två ställen för att interaktionen ska fungera (figur 7.14). Han beskriver att en bro måste byggas över utförandets kunskapsklyfta (Gulf of Execution) och en annan bro måste byggas över utvärderingens kunskapsklyfta (Gulf of Evaluation).



**Figur 7.14.** Ett människa-maskinsystem som visar på Normans (1986) kunskapsklyftor.

De två kunskapsklyftorna påverkar operatörens beslutsfattande och handlande i människa-maskinsystemet. De kan beskrivas enligt följande:

#### Problem i utförandet

- Svårigheten för en operatör att översätta ett mentalt mål till ett fysiskt handlande.
- Operatören vet vad hon eller han vill göra, men inte hur han eller hon ska göra det.
- Frågor operatören ställer sig är:
  - Vad kan jag göra och vad händer om jag gör något?
  - Vad finns det för möjliga handlingar som kan utföras i operatörsgränssnittet?
  - Medför mina handlingar att jag kommer närmare målet?

## Problem i utvärderingen

- Svårigheten för en operatör att utvärdera om maskinens svar överensstämmer med det önskade målet.
- Operatören ser, hör eller känner något, men vet inte vad.
- Frågor som designern bör ställa är:
  - Är det som visas i operatörsgränssnittet begripligt?
  - Ger operatörsgränssnittet en bra bild av maskinens status?
  - Stämmer informationen som visas i operatörsgränssnittet överens med verkligheten?

Om inte broar byggs över kunskapsklyftorna kan detta leda till att operatören utför inkorrekta handlingar vid interaktionen med tekniken via gränssnittet, vilket medför risk för felhandlingar. Genom att utforma kognitionsergonomiska gränssnitt, det vill säga se till att gränssnittet kräver utnyttjande av så få mentala resurser som möjligt, kan känslan av närhet till tekniken ökas. Om interaktionen inte fungerar i något av stegen i 7-stegsmodellen eller i modellen för explorativ inlärning, innebär det problem vid användningen av tekniken. Hela människa-maskinsystemet kan därmed inte utföra sin uppgift. En metod för att utvärdera användarvänlighet i ett gränssnitt som just bygger på explorativ inlärning är Cognitive Walkthrough (CW), vilken beskrivs i kapitel 9 under metoder för interaktionsanalys. 7-stegsmodellen kan också användas som hjälp vid utformning av ett gränssnitt.

Utförandets kunskapsklyfta är främst kopplad till manöverdonens utformning medan utvärderandets kunskapsklyfta främst är kopplad till informationsdonens utformning. Den kommunikation som sker mellan människa och teknik via produktens/systemets gränssnitt är främst kopplad till tre sinneskanaler: visuell, audiell och haptisk kommunikation. I tabell 7.5 visas de viktigaste designparametrarna för dessa tre sinnen.

**Tabell 7.5.** Designparametrar för sinnesstimuli.

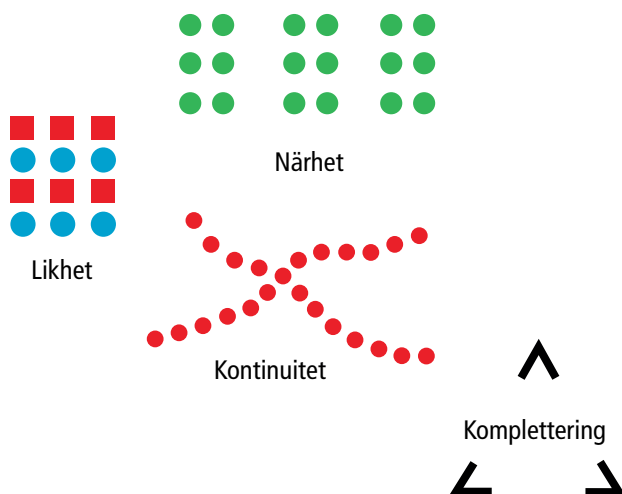
Syn	Hörsel	Känsel
Storlek	Ljudnivå	Temperatur, värmeinnehåll, värmeöverföring
Kontrast	Tonhöjd	Tyngd
Färg	Frekvens	Ytstruktur
Luminans	Språk	Helhetsform
Form	Melodi	Storlek
Rörelse		Greppomfång
		Vridstyvhet
		Vibration
		Friktion
		Kraft
		Tryck



### Kommunikation mellan operatör och användargränssnitt

Väsentliga områden som underlättar god kommunikation mellan operatör och användargränssnitt i ett människa-maskinsystem är gestaltning, färg, riktning och symboler.

I figur 7.15 visas de klassiska *gestaltlagarna* som utnyttjas inom all form av design. De visar på principer för närhet, likhet, kontinuitet och komplettering. På en skärmbild eller i en panel med många reglage bör saker som hör ihop placeras nära varandra. Vidare bör saker som har samma betydelse eller funktion likna varandra. Kontinuitet står för att människan ofta kopplar ihop saker som följer efter varandra med en rät linje, och att linjen sedan följs. Komplettering, eller slutningsprincipen, innebär att människan i perceptionsprocessen ofta försöker utläsa en mening i det som visas genom att hon fyller i bitar som saknas i en figur, så det föreställer något som hon känner igen.



**Figur 7.15.** Gestaltlagarna; närhet, likhet, kontinuitet och komplettering.

Färger är något som är väldigt svårt att använda rätt vid design. Valet av färg påverkas ofta av designerns egna önskningar och smak. Men det är oerhört viktigt att utnyttja färg varsamt, och framför allt att använda samma färgkodning genom hela gränssnittet. Generellt ska inte mer än fyra olika färger utnyttjas i ett gränssnitt. Framför allt ska rött och grönt inte användas i kombination med tanke på färgblindhet. I tabell 7.6. visas några egenskaper för färger. Vissa färger bär med sig ett inneboende budskap, alltså något som de flesta associerar till när en viss färg visas i ett gränssnitt. Färgens budskap är delvis kulturellt betingat, både vad gäller företagskultur och etnisk kultur.

I västvärlden brukar följande stereotyper (inlärda betydelser) utnyttjas för färgkodning:

- symboliserar stopp, fara, varmt, eld.
- symboliserar varning, sakta, testning.
- symboliserar OK, kör, fortsatt, på.
- symboliserar kallt, vatten, lugnt.

**Tabell 7.6.** Karakteristika för färger (Bridger, 2003).

Fördelar	Nackdelar
Uppmärksammar på specifik data	8 % av männen är färgblinda (rött/grönt)
Snabbare intag av information	Kan orsaka osäkerhet
Kan reducera fel	Kan orsaka trötthet
Kan separera objekt som ligger nära	Kan medföra oönskad gruppering av objekt
Kan snabba upp reaktionstiden	Kan orsaka fel
Lägger till ytterligare en dimension	Kan orsaka efterbilder
Mer naturligt	Kan uppfattas som lekfullt, ytligt

När det gäller att beskriva riktning bör också kulturella stereotyper användas. Normalt tolkar människan uppåt som ett ökat värde och nedåt som ett minskat värde. Riktning åt höger motsvarar också ökning, medan riktning åt vänster medför minskning. Detta stämmer överens med det traditionella koordinatsystemet. Medurs står för ökning eller vridning åt höger, medan moturs representerar minskning eller vridning åt vänster. Detta stämmer dock ofta inte vid reglering av vätskor och gaser, vanligtvis är det här tvärtom, det vill säga en ökning av vatten- och gasflöde när reglaget vrids motsols. Detta kan medföra problem till exempel inom processindustri, om operatören inte har klart för sig vad som regleras.

Symboler kan med fördel användas i ett användargränssnitt, men det förutsätter att symbolen är välkänd och otvetydig i sin tolkning av operatören. Ofta förekommer symboler på olika abstraktionsnivå: dels representativa symboler som är grafiska och liknar verkligheten den företräder på något vis, dels abstrakta symboler som bygger på begrepp. En representativ symbol är till exempel ett kretsschema, medan en abstrakt

symbol kan vara en pil som visar riktning eller återvändsgränd. Symboler kan också vara godtyckliga för den som inte lärt sig dess betydelse, men för den insatte har den ett viktigt budskap, som till exempel en företagslogotyp.

Bokstäver och siffror är också en sorts symboler, som även kallas alfanumerisk information. Dessa kan presenteras enskilt eller sättas samman till text i gränssnittet för att kommunicera med operatören. Texter behöver ingen tolkning om de är presenterade på ett språk som operatören behärskar. När det gäller förkortningar måste dessa vara vedertagna inom domänen och förstås av operatören. Det är viktigt att text är tillräckligt stor så den kan uppfattas av operatören på olika avstånd och i varierande ljusmiljöer. I tabell 7.7 finns några riktlinjer för hur textinformation ska presenteras.

Om en lämplig symbol används har den följande fördelar gentemot text:

- Symbolen syns på ett större avstånd.
- Informationen kommer att upptäckas snabbare och med mindre felmargin.
- Om symbolen blir delvis förstörd eller är dold kommer den ändå att kunna upptäckas och tolkas.
- Symboler fungerar ofta internationellt oberoende av språk.

**Tabell 7.7.** Rekommenderad höjd på bokstäver och siffror för olika ljusförhållanden och vid avläsning på 71 cm avstånd (Sanders and McCormick, 1993).

Teckenhöjd = $1/200$ läsavstånd
Teckenhöjd hos gemener = $2/3$ teckenhöjd hos versaler
Teckenbredd = $2/3$ teckenhöjd
Stapeltjocklek = $1/6$ teckenhöjd
Avstånd mellan två bokstäver = $1/5$ teckenhöjd
Avstånd mellan ord och sifferuttryck = $2/3$ teckenhöjd

### 7.6.2 Informationsdon

Informationsdon, så kallade displayer eller skärmbilder, består främst av bildskärmar som inkluderar text och grafik. Grafik kan vara i form av bilder, figurer, symboler, diagram och flödesscheman. Principerna för hur information ska presenteras på skärmbilder är emellertid desamma även om det handlar om visarinstrument eller paneler med lampor. Informationsdon kan också innehålla audiell information. Informationsdon kan vara allt från hastighetsmätaren eller varvräknaren i bilen, skärmen på mobiltelefonen eller i bankomaten, till EKG-signalen över patientens hjärtfunktion eller larmlistorna i kontrollrummet på kärnkraftverket. Ett informationsdon fungerar som ett medium mellan ett antal aktuella aspekter från teknisksystemet och operatörens medvetenhet om vad systemet gör för tillfället, vad som behöver göras och hur systemet fungerar. Informationen kan delas in i kvalitativ, kvantitativ och representativ information.

### **Kvalitativa informationsdon**

Kvalitativa informationsdon är lämpliga att använda när endast ett litet antal tillstånd ska indikeras. I allmänhet visar ett kvalitativt informationsdon översiktligt status hos systemet, till exempel om en ventil är stängd eller öppen, eller att nivåerna kallt, normalt och varmt används i stället för att visa den exakta temperaturen. Vid utformningen av kvalitativ information är det viktigt att indikatorerna för de olika kategorierna skiljer sig åt så mycket som möjligt. Auditiva indikatorer används genom att inget ljud innebär normaltillstånd medan ljudsignal innebär varning. Fördelen med auditiva informationsdon är att de pockar på uppmärksamhet även om donet inte kan observeras, vilket är speciellt viktigt när varningar ska förmedlas. Om tre eller fler tillstånd ska visas är visuella don lämpligast. Informationen kan förmedlas genom läge, färg, form och storlek. Oftast är det nödvändigt att använda mer än en av dessa egenskaper.

### **Kvantitativa informationsdon**

Kvantitativa informationsdon används när operatören behöver numerisk information från systemet. Informationen visas antingen i digital eller analog form eller för auditiva don i form av talljud. Digital visning är bäst om informationen behöver visas med hög precision. Analog visning är att föredra när förändringar ska visas och när det krävs snabba avläsningar. Snabba avläsningar kan också göras om den digitala visningen är tillräckligt tydlig. För ett armbandsur med både analog och digital visning utnyttjas den analoga visningen för att få en snabb uppfattning om vad klockan är, medan den digitala delen kan användas för noggrann tidtagning. Analog visning är fördelaktigast när avvikelser från normalområden ska indikeras. För digitala visuella informationsdon är det viktigast att siffrorna är tydliga och lätt avläsbara.

Målsättningen vid utformning av analoga visuella informationsdon ska vara att göra skalan så tydlig som möjligt. Flera skalor på samma don bör undvikas. Skalor bör utformas enligt vedertagen praxis, det vill säga ökande värde innebär medurs rörelse hos visaren längs en cirkulär skala, uppåt på en vertikal skala och åt höger på en horisontell skala. Rörliga skalor kan också användas, men bör undvikas när snabba förändringar ska observeras. Siffror och skalstreck bör inte täckas av visaren.

### **Representativa informationsdon**

Representativa informationsdon förser operatören med en modell av maskinen eller processen. Dessa används mest i stora fjärrkontrollerade tekniska system där funktionen hos varje del måste bedömas utifrån helheten. Exempel där denna typ av informationsdon används är i ställverk vid järnvägen eller i kontrollrum inom processindustrin. Vid utformning ska symbolerna vara så logiska och enkla som möjligt och undvika ovidkommande information. Representativ, alfanumerisk, kvalitativ och kvantitativ information visas ofta samtidigt i en gemensam skärmbild.

### Generella designkriterier för informationsdon

Utifrån de funktionella krav som kan ställas på informationsdon finns tre viktiga kriterier som måste uppfyllas. Informationen måste kunna upptäckas, igenkännas och förstås. Det är meningslöst att presentera visuell information som inte upptäcks för att den skymms av annan utrustning eller inte kan avläsas på grund av bländning. Att uppmärksamma ljudsignalen i ett brus av toner är inte heller möjligt. Informationen måste också kunna uppfattas snabbt och noggrant. Möjligheten att snabbt läsa av information är speciellt viktigt i ett fordon, där uppmärksamheten på vägen endast får brytas under korta stunder. Dessutom måste vedertagna tecken, symboler och ljudsignaler som operatören förstår användas. Långa ord, ovanliga uttryck och förkortningar, komplicerade symboler och ikoner ska undvikas.

### 7.6.3 Designprinciper för visuella displayer och audiell information

Vid design av displayer är det viktigt att ha kunskap om människans kognitiva förmågor och begränsningar i olika situationer, så att designen stödjer användaren med relevant information och ledtrådar för de uppgifter som ska lösas. Detta gäller både för utformning av visuell och audiell information. En av grundsatserna inom design är att presentera rätt information på rätt sätt vid rätt tillfälle. Dessutom är det viktigt att minimera och organisera den information som presenteras för användaren, eftersom det är svårt att minnas och bearbeta mer än  $7 \pm 2$  enheter samtidigt. Nedan följer en lista på 13 designprinciper för visuella displayer och audiell information. Principerna är indelade i fyra kategorier som stödjer:

- Uppmärksamhet.
- Perception.
- Minnesfunktioner.
- Mentala modeller.

Det är viktigt att vara medveten om risken att designprinciperna kan komma i konflikt med varandra i det totala användargränssnittet för teknisksystemet. Det är inte heller lätt att förutsäga vilka principer som är viktigast att ta hänsyn till i olika sammanhang.

### Designprinciper som stödjer uppmärksamhet

Vid design för uppmärksamhet är det viktigt att ta hänsyn till att olika grad av uppmärksamhet förekommer hos människan beroende på situation. Via selektiv uppmärksamhet väljer operatören ut vad som ska uppmärksammas i det stora informationsflödet, vid fokuserad uppmärksamhet fokuseras vissa stimuli medan andra utestängs. Vid delad uppmärksamhet kan operatören följa information från två eller flera källor samtidigt utan att någon information blir lidande. Följande fyra designprinciper för design utnyttjar styrkor och minimerar svagheter i människans uppmärksamhetsförmåga.

## 1. Minimera tiden och ansträngningen för att hitta information

**Visuella displayer:** Att behöva leta efter information på olika skärmbilder, i menyer eller på olika displayer lokaliserade i rummet medför både tröttnande, tidskrävande och lågeffektivt arbete. Utforma displayer så att information som används ofta är lätt att hitta och att individen inte i onödan behöver förflytta sig i rummet eller byta fokus genom att titta på andra skärmbilder för att samla information. Information som hör ihop ska grupperas så att den återfinns på samma ställe i rummet.

**Audiell representation:** Ljud uppmärksammas direkt. Ljudet är alltid närvarande och lättillgängligt förutsatt att det är hörbart i omgivningen.

## 2. Närhet

**Visuella displayer:** Ibland behöver två eller flera informationskällor på samma skärmbild integreras. För att en uppgift ska kunna lösas måste till exempel en graf relateras till en text, eller att systemets aktuella processtatus integreras med varningsindikatorerna för att full förståelse ska uppnås. Detta innebär att uppmärksamheten måste delas mellan två närbesläktade informationskällor av data. Närhet på samma skärmbild kan lösas genom att saker som hör ihop får samma färg och markeras med linjer och pilar med samma mönster. Men att utnyttja närhet mellan objekt är inte alltid till fördel vid fokuserad uppmärksamhet. Ett virrvarr av sammanfogade objekt medför svårigheter att fokusera och hitta enskilda objekt snabbt, utan stödjer istället delad uppmärksamhet.

**Audiell representation:** Ett vanligt problem i varningssystem med flera signaler är att de ofta låter lika. Ljud som är lätta att särskilja bör användas. Förutom att frekvens och styrka kan varieras, kan även repetitionstakt och rytm användas, samt olika melodier, inte bara pip-signaler. Ljud kan blandas med röstmeddelanden. Under förutsättning att ljuden är hörbara kan ljudikoner användas. Dessa ljud har fördelen att de är lätta att urskilja från andra ljud och kan associeras till specifika funktioner i systemet.

## 3. Utnyttja multipla informationskällor

**Visuella displayer:** Om mycket information ska uppmärksammas kan detta underlättas genom att informationen delas upp och överförs via flera sinneskanaler. Det är alltså lättare att uppmärksamma en större mängd information om den presenteras både med visuella och auditiva stimuli, än om all data presenteras enbart visuellt.

**Audiell representation:** Det är lättare att uppmärksamma en större mängd information om den presenteras både med visuella och auditiva stimuli.

## Designprinciper som stödjer perception

Perceptionen är en process som organiserar de stimuli som har uppmärksamats och som ger dem en mening. Människan bygger upp och konstruerar sin perception genom att förstärka, förvränga och kassera information.

### 4. Utforma displays med god läslighet

**Visuella displayer:** Läsbarhet innebär hög kontrast, god belysning och rätt betraktningssvinkel. God läsbarhet är nödvändigt, men medför inte automatiskt att detta är tillräckligt för att presentera användbar information.

**Audiell representation:** Utforma ljud med god hörbarhet. Frekvensintervallen måste anpassas för att undvika maskering, då ljud kan suddas ut andra ljud om de ligger i samma frekvensområde. Dessvärre är varningsljud oftare överdimensionerade i intensitet. Mycket sällan finns det någon nytta med varningsljud som skrämmer och överraskar operatören. Det är också svårt att koncentrera sig och tänka i en kakofoni av ljud. Dessutom kan operatören bära head-set eller sitta nära ljudkällan och då är det i första hand information som behövs, inte distraherande, stressande ljud. Det finns dock larm, som inbrottslarm och billarm, där ljudet i sig ska vara avskräckande och väcka uppmärksamhet på långt håll.

### 5. Undvik för många nivåer för absolut bedömning av information

**Visuella displayer:** Det är oerhört svårt att bedöma till exempel storlek, tjocklek eller färg på en presenterad variabel om antalet möjliga nivåer som variabeln kan anta överstiger fler än fem. Ofta rekommenderas att enbart utnyttja tre nivåer. När det gäller färg bör enbart rött eller grönt, gult eller blått utnyttjas för god design även för färgblinda.

**Audiell representation:** När det gäller ljud kan inte flera nivåer på signalen presenteras samtidigt, eftersom de är transienta och därmed inte kan jämföras med varandra. Endast det eko människan har kvar från förra signalen kan utnyttjas, men det klingar ofta bort efter en kort tid, cirka 30 sekunder.

### 6. Undvik endast begreppsdriven bearbetning av data

**Visuella displayer:** Människor varseblir och tolkar ofta signaler efter vad de tror ska visas, baserat på tidigare erfarenhet. Om en signal presenteras vars budskap är tvärtemot vad som förväntas – till exempel information om en oförutsedd händelse – måste informationen tydligt förstärkas fysiskt genom att den blinkar, lyser rött, intar central position i gränssnittet eller ökar i storlek. Detta innebär att signalen kan upptäckas och tolkas lättare.

**Audiell representation:** Vid vanlig kommunikation finns till exempel så kallad read-back, vilket innebär att mottagaren av information upprepar det denne har hört. Förstärkning kan ske genom läsning av A, B, C med Alfa, Beta, Charlie.

### 7. Utnyttja redundans

**Visuella displayer:** Det finns stor chans att information tolkas mer korrekt om samma meddelande presenteras på mer än ett sätt. Informationen blir speciellt tydlig om olika modaliteter utnyttjas, till exempel att ett meddelande presenteras

både visuellt och audiellt samtidigt. Olika fysiska former av visuell presentation stärker också tydligheten, till exempel att både text och bilder används eller att både färg och form utnyttjas. Trafikljussignalen är ett bra exempel på redundant presentationsform, både läge och färg visar vilken lampa som är aktiv.

**Audiell representation:** Olika fysiska former av ljud som ljudikoner, pip och röster stärker tydligheten. Inte minst kan läge poängteras med 3D-ljud och att information som hör till den högra motorn i en maskin placeras till höger. Alternativt kan ljud användas endast i syfte att rikta uppmärksamheten mot en visuell display.

## 8. Undvik likhet mellan objekt

**Visuella displayer:** Objekt som uppfattas som likartade medför både förvirring och risk för förväxling och feltolkning. Objekt ska tydligt kunna särskiljas oavsett om de ska tolkas direkt eller om signalens utseende aktivt ska hållas kvar i korttidsminnet för att jämföras med kommande signaler. När risken för förväxling är stor, måste designen framhäva skillnaderna och tona ner likheterna i det som presenteras. Detta gäller speciellt skriven text och nummerserier. Jämför de två bilnumren AJB648 och AJB658. De ser mer lika ut än 48 jämfört med 58. I båda fallen har bara en siffra ändrats, men i det senare fallet är det mycket lättare att upptäcka skillnaden eftersom skillnaderna har lyfts fram.

**Audiell representation:** Ljud som används som varningsfunktioner måste vara lätta att associera till funktionen eller vara lätta att särskilja från andra ljud i systemet. Ljudikoner och röster kan underlätta mångfalden.

## Designprinciper som stödjer minnesfunktioner

Människans minne är känsligt, speciellt korttidsminnet med sin begränsade kapacitet. Där kan bara ytterst lite information hållas aktiv och bearbetas samtidigt. Även att snabbt hitta nödvändig information i långtidsminnet vid rätt tidpunkt är svårt, speciellt vid avsaknad av ledtrådar i gränssnittet. Vissa saker minns vi dessutom alltför bra och envisas med att utnyttja när vi har behov av dem.

## 9. Kunskap i världen

**Visuella displayer:** Gränssnittets utformning ska generellt inte kräva att operatören ska hålla viktig information aktiv i korttidsminnet eller använda lagrad data i långtidsminnet för att lösa en uppgift. Därför bör aktuell information, till exempel siffer- och bokstavskombinationer, checklistor och referensvärden presenteras på skärmen. Då behöver inte korttidsminnet belastas med dessa data utan hela korttidsminnets kapacitet kan användas till problemlösning. Om för mycket information presenteras samtidigt på skärmen kan detta dock medföra att den blir svår att hitta och tolka. System som är beroende av att lagrad minneskunskap (kunskap i huvudet) används är dock inte alltid dåliga. Experter som använder ett datasystem vill ofta kunna arbeta med systemet genom att utnyttja kortkommandon som de kan utantill istället för att stega sig fram i menyer och leta efter funktionerna. En god design måste uppvisa en balans mellan att operatören utnyttjar



kunskap i omvärlden och kunskap i huvudet (Norman, 1988).

**Audiell representation:** Varningsljud presenteras i bästa fall inte så ofta och därför tränas operatören inte frekvent på ljud. Därför är det viktigt att ljud är intuitiva och lätta att associera till dess varningsfunktion (Ulfvengren, 2003). Röstmeddelanden kan påminna eller kontinuerligt hålla operatören informerad under en procedur.

## 10. Förutse systemstatus

**Visuella displayer:** Människan är inte speciellt duktig på att utifrån ett stort antal processparametrar förutse vad som kommer att hända i ett system. Detta är en svår kognitiv uppgift, som kräver bearbetning av många informationskällor samtidigt i korttidsminnet. Vi behöver både tänka på nuvarande status i systemet och möjliga framtida scenarier, och bearbeta detta i vår mentala modell över systemets funktion. När våra mentala resurser dessutom används till att fokusera på andra uppgifter och nya stimuli har vi svårt att fokusera på vad som kan hända framöver. Vi blir reaktiva i vårt beteende och koncentrerar oss på vad som redan har hänt eller händer just nu, och inte proaktiva och agerar på vad vi förväntar oss ska hända i systemet. Eftersom proaktivt beteende är mer effektivt än reaktivt, måste gränssnittet stödja operatören med information som tydligt visar på förväntad systemstatus baserad på nuvarande och tidigare förhållanden. Denna typ av informationsbeskrivning tar bort en resurskrävande kognitiv uppgift från operatören och ersätter den med enklare perceptuell information.

**Audiell representation:** Ljud som är föränderliga, så kallade *trendsons* eller trendljud, kan designas att informera om att något ökar i hastighet genom att öka i tonhöjd, eller påvisa att varvtalet är på väg ner genom att tonhöjden sjunker. Detta är motsvarigheten till uppåtgående och neråtgående visuella trendkurvor. Här kan också ljud från olika vinklar och 3D-ljud utnyttjas.

## 11. Konsekvent presentation

**Visuella displayer:** När långtidsminnet fungerar för bra, kan operatören instinktivt och automatiskt fortsätta att utföra inlärd handlingar som inte är lämpliga i det aktuella systemet. Gamla vanor är mycket svåra att få bort. Vid design av nya gränssnitt, till exempel för styrdon, är det viktigt att så stor överensstämmelse som möjligt kan uppnås jämfört med de gränssnitt som operatören är van vid sedan tidigare. Att behålla samma färgkodning som tidigare när nya system införs är viktigt. Färgkodning ska vara konsistent inom hela systemet.

**Audiell representation:** I många system finns naturliga ljud som användaren är bekant med, antingen varningsljud, förstärkta signaler eller omgivningsljud. Om ljud tillförs eller reduceras är det viktigt att informationen inte försvinner samt att hänsyn tas till det ljud användaren är van vid. Sammanblandning av ljud ska undvikas.

## Designprinciper som stödjer operatörens mentala modell

En mental modell är en intern representation av ett system där de viktigaste egenskaperna i systemet och dess inbördes förhållande är sparade i minnet hos operatören. Mentala modeller skapas för att förenkla och förutsäga olika beteenden i omvärlden.

### 12. Illustrerad realism

**Visuella displayer:** Exemplifiering av verkligheten. Informationen på skärmbilden ska om möjligt likna den variabel som beskrivs. Till exempel, om en temperatur ska presenteras, kan detta illustreras med en termometer som visar data vertikalt, med plusvärdena högst upp och minusvärdena längst ner. Vid utformning av en processskärmbild, som visar många olika enheter samtidigt, ska bilden konfigureras så att enheterna placeras på samma sätt som i verkligheten. Detta medför att operatören lättare kan tolka den presenterade informationen genom att relatera den till sin mentala modell, eller sin föreställning av hur systemet är uppbyggt och fungerar.

**Audiell representation:** Informationen ska om möjligt likna den variabel som beskrivs. Hur kritiskt en varning eller ett larm låter, anses vara en egenskap hos ljud. Intensitet är det som i första hand förmedlar fara. Nu kan inte denna parameter användas i så stor utsträckning vid utformning av ergonomiska varningsljud eftersom risken att öka ljudets intensitet tills ljudet blir störande, för högt eller för obehagligt är stor. Ett ljuds repetitionsfrekvens och oförutsägbarhet ökar också känslan av allvar i varningen. Detta kan utnyttjas vid utformning av två lika kritiska varningar, till exempel med hjälp av olika rytmer.

### 13. Visning av rörliga objekt

**Visuella displayer:** Rörliga objekt på en skärmbild som visar dynamisk information ska röra sig i den riktning som stämmer överens med användarens mentala modell över hur det verkliga systemet fungerar. Det rörliga objektet på en höjdmätare i ett flygplan ska röra sig uppåt då planet stiger och nedåt då planet sjunker för att piloten lätt ska kunna associera informationen med sin mentala modell över hur flygplanet och omvärlden interagerar.

**Audiell representation:** Ljud lämpar sig väl för att representera dynamisk information och kan röra sig i den riktning som stämmer överens med användarens mentala modell över hur det verkliga systemet fungerar. Här kan 3D och trendsons utnyttjas. Ljud som ska lokaliseras bör innehålla frekvenser både under 1 500 Hz samt över 3 000 Hz. Undvik att endast ha komponenter i mellanintervallet 1 500–3 000 Hz där hörseln inte är optimerad för lokalisering.

### 7.6.4 Audiella displayer

Utan tvekan har ljud och tystnad ett stort inflytande på människans tillvaro. Vårt hörselsystem är uppbyggt för att passivt och aktivt söka information i omgivningen. Att lyssna efter förändringar eller varningar är en viktig funktion och det faktum att naturen inte försett oss med öronlock talar för att just hörseln ska vara en öppen kanal, ständigt lyssnande. Därför är det naturligt att lägga till och använda ljud i tekniska system som information eller varningar för att uppmärksamma operatören.

En fördel med att använda ljud är att människan inte kan bortse helt från ljud, och ljud uppmärksammas även om individen inte direkt lyssnar efter det. Alla operatörer i ett kontrollrum får på så sätt samma information oavsett vad de gör och missar därmed inte viktig information. Nackdelen med ljud är att det kan vara distraherande och störa kommunikationen i övrigt. Ofta är det situationen som avgör när en varning stör mer än ger relevant information.

Människan kan filtrera bort ovidkommande ljud men ändå uppmärksamma om det är något viktigt i den totala ljudinformationen. Detta kan beskrivas genom ett begrepp som kallas *cocktailpartyfenomenet*. I en stor folksamling på ett cocktailparty fokuserar vi ofta på en av de pågående konversationerna. Men om någon nämner vårt namn, eller något annat som är personligt och viktigt för oss, pockar detta ändå på vår uppmärksamhet. Omedvetet har vi upptäckt att något som berör oss nära och personligen har presenterats i bruset.

Om vi vill koncentrera oss på ljud som presenteras vrider vi oss ofta mot ljudkällan för att höra bättre. Även visuell information kan utnyttjas för att förstärka ljudet, till exempel läppars rörelse och kroppsspråk, eller textremsan på TV-skärmen. Det kan vara svårt att stänga ute störande ljud, till exempel en surrande fläkt eller en droppande kran.

Det är svårt att i text beskriva ljud. Audiella displayer presenterar signaler i form av pip, toner, andra ljud och röstmeddelanden. De mest grundläggande perceptuella variablerna är ljudets styrka (intensitet), tonhöjd (frekvens) och lokalisering (riktning). Ljud har även andra kvaliteter såsom ljudklang, vilken är olika i till exempel ett piano och i en fiol.

Varningsljud ska uppmärksamma operatören och möjliggöra en bedömning av allvarlighetsgrad, problemidentifiering och lämplig åtgärd. Informationsbehandlingen inkluderar både att perceptuellt uppfatta varningsljudet och att kognitivt förstå dess betydelse i sammanhanget. Varningsljud ska vara lätta att lära sig och lätta att komma ihåg. I en varningssituation krävs alla de mentala resurser som finns att tillgå hos operatören för att lösa det uppkomna problemet. Att irritera sig på ljud eller bli störd är onödig informationsbehandling och slöseri med de mentala resurserna. Sammanfattningsvis ska varningar vara relevanta och presenteras i ett lämpligt format beroende på informationsmängd och kanal. De ska höras väl men inte vara för högljudda eller upprepas i onödan då detta kan upplevas distraherande eller störande. Det är lämpligt att ljud kan stängas av om det stör informationsbehandlingen i situationen i övrigt (Ulfvengren, 2003).

## Röstmeddelanden

Det finns många fördelar med att använda röster i audiella varningssystem. De behöver ingen inlärning och de är inte beroende av visuella displayer utan kan förmedla explicit information direkt. En nackdel är att i system med flera människor kan förvirring uppstå om vem som säger vad. Experiment har visat att röstsyntes inte ska låta för mänskligt (Simpson och Williams, 1980). Samma forskare har också visat att det inte är mer effektivt att uppfatta ett meddelande om det föregås av en signal som ska kalla på uppmärksamhet till det efterföljande meddelandet. En annan nackdel med röstmeddelanden är att det är svårt att kommunicera med andra samtidigt som operatören lyssnar på röstmeddelanden. Detta är väsentligt i en krissituation när kommunikationen ökar mellan människorna i systemet. Ljudsignaler uppfattas snabbare än ett talat meddelande som måste höras färdigt för att man säkert ska veta hur det slutar. Språk är givetvis en parameter som måste beaktas vid val av röstmeddelanden.

### 7.6.5 Larmsystem

Det primära syftet med ett *larmsystem* är att uppmärksamma operatören på en avvikelse i människa-maskinsystemet. Larmsystem innehåller ofta både visuella och auditiva komponenter, det vill säga att ett ljudlarm ofta åtföljs av visuell information i larmlistor på skärmbilder. Larmsystem är vanliga i komplexa tekniska system, som i kontrollrum på kärnkraftverk, raffinaderier, pappers- och massaindustri, trafik- och flygledningscentraler samt i bevakningscentraler. Speciellt i processkontrollrum förlitar sig operatörerna på larmsystemet, eftersom de bakomliggande tekniska systemen är dolda för operatören. I vissa typer av lednings- och bevakningscentraler kan operatörerna få ytterligare information om varför systemet larmar genom att det bakomliggande tekniska systemet också kan betraktas visuellt, som till exempel i flygledartornet. I andra teknikintensiva branscher som medicinsk teknik och flyg, har operatören möjlighet att också skaffa sig information från en sekundär informationskälla. Piloten kan i vissa situationer se ut genom fönstren och själv bedöma situationen medan sjuksköterskan på intensivvårdsavdelningen kan bedöma patientens tillstånd genom direkt observation av hudfärg, hudtemperatur, pupillstorlek, rörelser och talförmåga.

Larmsystemets roll är att hjälpa operatören att upptäcka avvikelser, korrigera fel-tillstånd och hantera störningar. Larmsystemet ska dock inte användas för att uppmärksamma operatören på planerade händelser utan sparas till det oväntade, icke förutsedda. Syftet med ett optimalt larmsystem är att varna för en onormal situation, informera om vad som hänt, vägleda operatören för att identifiera och korrigera situationen samt bekräfta att den utförda responsen är korrekt (Thunberg och Osvalder, 2008). De larm som systemet presenterar ska alltid vara relevanta och mängden larm som uppkommer ska vara hanterbar.

Genom att spela med variablerna ljudstyrka, tonhöjd och intensitet kan ljudlarmen utnyttjas till att direkt informera operatören om avvikelstens typ och prioritetsgrad. Ljudlarm ska prioriteras i maximalt tre nivåer eftersom människan har svårt att särskilja ljud på fler nivåer än detta. Ett riktmärke för att den lägsta prioriteringsnivån

på ett ljudlarm ska uppmärksammas är att larmet ska vara 10 dB över den normala ljudnivån från maskinen.

Det är viktigt att larmsystemet inte bara informerar om att något hänt utan också påkallar någon form av åtgärd från operatören, fysisk och/eller mental. Systemet måste också larma i tillräcklig god tid för att operatören ska kunna respondera innan det är för sent, samt bekräfta i rimlig tid om operatörens respons åtgärdade avvikelser. Beroende på vilket människa-maskinsystem det handlar om ska ett högprioriterat larm ha en tidsangivelse som säger att det måste åtgärdas inom till exempel två minuter, annars kan person-, material eller miljöskador uppkomma. Tid och konsekvens är de parametrar som ska styra hur larmet prioriteras.

Om larmet ej åtgärdats korrekt, bör larmsystemet beskriva vad som nu händer. Istället för, eller som komplement till visuell information på skärmbilder, kan tal användas för att leda operatören rätt i sin respons på larmet.

De egenskaper som utmärker ett bra larm är (Thunberg och Osvalder, 2008):

- Relevant – inte vara ett falsklarm eller ett larm av lågt nyttovärde.
- Unikt – larmet ska inte vara duplikat av annat larm.
- Lägligt – larmet ska komma i rätt tid, inte långt innan en respons krävs och inte för sent då operatören inte hinner respondera.
- Prioriterat – larmets vikt ska påvisas så att operatören kan prioritera sin insats om det behövs.
- Förståeligt – larmet ska ha ett tydligt och lättförståeligt meddelande.
- Diagnostiserande – identifiera det problem som har inträffat.
- Rådgivande – indikera vilken åtgärd som ska utföras.
- Fokuserande – rikta uppmärksamheten på de viktigaste aspekterna.

### 7.6.6 Manöverdon

Manöverdon, eller reglage, har utvecklats för att öka människans förmåga att utöva kraft på omgivningen, att nå längre med händer och fötter, att minska ansträngningen och riskerna vid utförandet av olika arbeten, samt att kommunicera med det tekniska systemet. Från början bestod människans hjälpmedel mest av enkla handverktyg, för att sedan utformas till mer komplicerade tekniska produkter och system. Idag sker kontrollen av maskinerna genom överföring av kommandon från operatören till maskinen. Effektiviteten i denna överföring beror till stor del på hur väl utformningen av reglagen är anpassad till operatörens förmågor och begränsningar att hantera dessa. De flesta manöverdon är haptiska, men det förekommer även manöverdon som styrs av ljud eller ljus. Exempel på ett audiellt manöverdon är röststyrning av datorer och på ett visuellt manöverdon är användning av infrarött ljus för att öppna dörrar eller tända ljus.

Vid alla typer av manöverdon är responsen viktig. En enkel respons på en förväntad signal kan startas inom 0,2 sekunder. Reaktionstiden förlängs om signalen kommer slumpmässigt eller om det finns flera alternativ till respons. Tiden för att stoppa en manövrerörelse är beroende av noggrannheten i regleringen och om ändläget kan

förutsägas. Noggrannheten i en manöverdonsrörelse beror i hög grad på vilken information som ges om rörelsens påverkan på systemet. Betydelsen av informationsåterkoppling när ett objekt ska manövreras mot ett förutbestämt mål har studerats noggrant inom bland annat den militära forskningen. Där är viktigt att operatören för att kunna styra mot målet får noggranna instruktioner om hur manöversystemet fungerar. En annan viktig faktor är hur manöverdonet känns, det vill säga vilken återkoppling av mekaniskt motstånd och tryck som donet ger när det hanteras. I ett modernt flygplan används styrspaken till att elektroniskt kontrollera hydraulcylindrar som i sin tur manövrerar bland annat vingklaffarna. Det åtgår alltså en mycket liten kraft för att manövrera flygplanet. Detta har emellertid inneburit att återkopplingen i spaken i form av mekaniskt motstånd har gått förlorad, vilket har medfört att piloterna klagat över att flygkänslan försvinner. Därför experimenteras med att skapa ett lämpligt motstånd i spaken via elektromagnetiska krafter.

### **Generella designprinciper för manöverdon**

Manöverdon måste vara åtkomliga, identifierbara och förståeliga. Operatören måste alltså kunna nå manöverdonet, upptäcka det och förstå hur det ska hanteras. Funktionen hos ett manöverdon bestämmer placering, identifiering och utformning oberoende om det sitter i en truck, vid en datorarbetsplats eller i ett flygplan.

Följande frågor är viktiga att ställa vid val och utformning av manöverdon:

- Vad är manöverdonets uppgift och vilken betydelse har denna uppgift för hanteringen av hela maskinen eller det tekniska systemet?
- Ska manöverdonet utformas för snabba eller noggranna operationer eller för att manövreras med stora krafter?
- För vem ska donet utformas och under vilka förutsättningar ska det användas?
- Vilka fysiska och kognitiva förmågor krävs av användaren?
- Vilka övergripande krav ställer arbetsuppgiften?
- Vilka andra uppgifter ska utföras av operatören samtidigt med hanteringen av manöverdonet?

### Kraft och precision

Kraften som en användare kan utveckla i ett manöverdon beror på kroppsställningen och under hur lång tid kraften måste verka. Manöverdonets placering i förhållande till leder och muskler som används är en av de viktigaste faktorerna som bestämmer hur länge en kraft kan upprätthållas. Som exempel kan nämnas att den kraft som en förare kan använda till pedalerna är direkt beroende av läget på stolens ryggstöd och knävinkeln. Om manöverdonet är placerat gynnsamt för maximal kraftutveckling undviks också uttröttnings vid användning av låg kraft under lång tid.

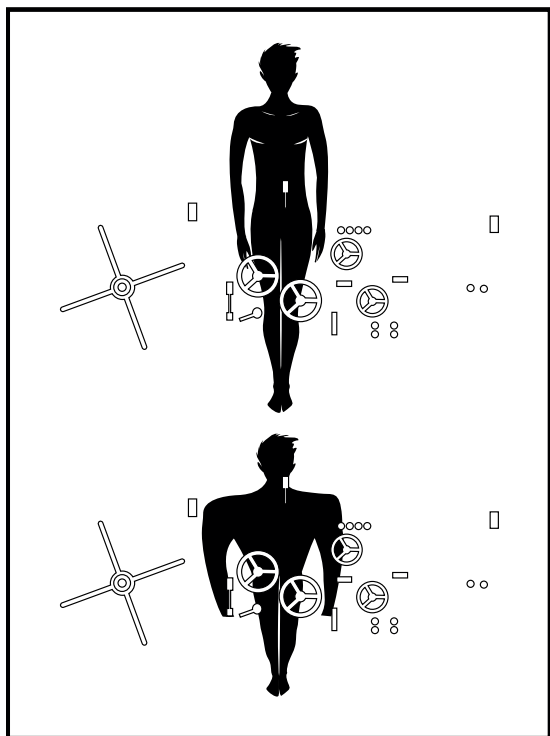
En handvev eller spak är bäst för snabb och kontinuerlig manövrering över ett stort rörelseintervall. En ratt eller knapp fungerar bäst när rörelseintervallet är litet och kravet på precision är högt. Det flesta handreglage kan hanteras snabbast om de är placerade strax under armbågshöjd, både i sittande och stående ställning. Vid komplexa rörelsemönster, som vid hantering av tangentbord, är det viktigare med kopplingen mellan tangentnedslagen än rörelsen vid själva tangentnedslaget.

Stor kraftutveckling i ett manöverdon ska endast förekomma i något av följande fall:

- I nödsituationer när till exempel kraftförsörjningen försvinner.
- När manöverdonet används vid enstaka tillfällen.
- Vid underhållsarbete, då donet hanteras med handverktyg.

### 7.6.7 Designprinciper för kombination av informations- och manöverdon

Ofta finns det många informationsdon och manöverdon placerade tillsammans i ett människa-maskinsystem. Dessa måste ses som ett användargränssnitt och beaktas tillsammans, inte enskilt. Placeringen av don på en panel eller maskin är viktig ur flera aspekter, inte minst ur antropometrisk synvinkel. Figur 7.16 visar en klassisk bild från ergonomin som illustrerar hur en operatör bör se ut för att tillfredställande nå alla manöverdon på en svarv. Som framgår av figuren måste operatören ha en mycket onormal kroppsform för att kunna manövrera svarven.



**Figur 7.16.** Nedre bilden visar ett idealiskt utseende hos en operatör för att han ska kunna nå alla manöverdon på en svarv (Galer, 1987).

Följande principer bör beaktas vid den inbördes placeringen av don på en panel eller maskin:

- Donen bör placeras i en bestämd ordning efter hur de används, från vänster till höger.
- De mest använda donen bör placeras närmast användaren.
- Don som har en viktig funktion, bör placeras nära användaren.
- Don med gemensam funktion bör placeras tillsammans i grupper. Som exempel kan nämnas tangenterna på ett tangentbord till en dator, där bokstavs-, siffer- och funktionstangenter placeras i olika grupper.



Det är ofta omöjligt att beakta alla principerna samtidigt och ibland kommer de i konflikt med varandra. Ergonomiska kompromisser måste göras. Problemet kan lösas genom att donen delas upp i undergrupper enligt en princip medan donen inom varje undergrupp placeras efter en annan princip. Det absolut viktigaste är att arbetsuppgifterna som ska utföras med donen är noggrant kartlagda och beskrivna. Utifrån denna beskrivning kan arbetsoperationerna klassificeras efter viktighetsgrad och användningsfrekvens. Denna klassificering kan sedan användas för att gruppera och inbördes placera donen.

Informationsdon och manöverdon som har något samband med varandra bör placeras nära varandra, och helst bör manöverdonet placeras till höger om eller under informationsdonet så att handen inte skymmer. Om denna nära placering inte kan uppfyllas bör ordningen mellan informationsdonen och manöverdonen på de olika panelerna vara densamma. Märkningar av text eller symboler bör placeras ovanför donen, för att inte skymmas av handen när donen används. Vid utformning av säkerhetssystem omkring maskiner, till exempel nödstopp, är det mycket viktigt att ovanstående principer följs.

Nedan följer en lista på övergripande designprinciper för utformning av användargränssnitt som innehåller både informations- och manöverdon:

- Bra koppling mellan layout och produktens/systemets funktioner.
- Undvik spatial transformation.
- Ordning mellan don densamma för olika paneler.
- Använd redundans för viktig information.
- Märkning med text och symboler ovanför donen.
- Placera donen i bestämd ordning efter användning.
- Mest användbara don närmast användaren.
- Varningslampor nära användaren.
- Gruppera don med gemensam information.
- Informations- och manöverdon som hör ihop placeras tillsammans.
- Manöverdonen ska placeras till höger om informationsdonen.

*Woods designprinciper* (Woods med flera, 1996) har främst utvecklats för kontrollrumsdesign, men är applicerbara på många domäner där mycket data ska analyseras av operatören för hantering av teknisksystemet.

1. Avbilda relationsförhållanden i en referensram.
  - Vilka referensramar är relevanta?
  - Härled ur olika perspektiv på problemet.
  - Kan olika referensramar koordineras?
2. Presentera data i sitt sammanhang.
  - I samband med beslätade data.
  - Integrera data avseende viktiga domäner.
3. Lyft fram förändringar, händelser, processens dynamik.
  - Operativt intressanta förändringar.
  - Identifiera objektet och dess förändringar.
  - Relationen till gränser.
4. Lyft fram kontraster.
  - Avvikelser från referensvärden eller förväntad utveckling.
  - Visa vad och inte bara att.

### 7.6.8 Utformning av det kompletta människa-maskinsystemet

De faktorer som tillkommer vid utformandet av det kompletta teknisksystemet är uppgifterna som ska utföras och omgivningen runt operatör och teknik. Ett användbart tekniskt system måste utvecklas. *Användbarhet* innehåller två komponenter: *funktionalitet* och *användarvänlighet*. För att användaren ska kunna utföra sina uppgifter är det av yttersta vikt att tekniken tillhandahåller all den funktionalitet som är relevant. God funktionalitet är dock inte tillräckligt för att hela systemet ska bli framgångsrikt. Användarvänlighet innefattar flera olika komponenter. Användarvänlighet för ett tekniskt system (eller en enskild produkt) kan definieras som hur bra tekniken hjälper användaren att utföra den för tekniken avsedda uppgiften. Häri ingår tillgänglighet till tekniken och rimliga svarstider, stöd för användarens mentala processer och fysiska handlingar, hjälpresurser samt individualisering.

Användaren måste också vilja och kunna utnyttja tekniken. Viktiga aspekter för att uppnå detta är *användaracceptans* och *användarkompetens*. Användaracceptans innebär att användaren känner sig motiverad att använda tekniken. Redan tidigt i utvecklingsprocessen är det viktigt att användaracceptans för produkten föreligger hos den tänkta målgruppen. Om så inte är fallet är det viktigt att sätta in åtgärder, till exempel information för att nå acceptans för produkten/systemet när det väl introduceras. Användarkompetens innebär att användaren har nödvändiga kunskaper för att kunna utnyttja tekniken. Många studier har visat att användare ofta endast utnyttjar en mindre del av en teknisk produkts funktioner, trots att de skulle ha dragit nytta av att utnyttja en större andel. Att inte utbilda användarna är alltså ofta ett slöseri med resurser, eftersom många användare inte anstränger sig på egen hand att lära sig mer om tekniken när de väl lärt sig att utföra sina uppgifter på grundläggande nivå.

### Generella designprinciper för det kompletta systemet

För att beakta hur uppgiften kommer in i människa-maskinsystemet går det att använda Normans (1986) 7-stegsmodell som riktlinje. För varje steg i de uppgifter som användaren ska utföra bör den som utvecklar systemet ställa sig följande frågor:

- Hur enkelt är det att förstå vad som ska göras med produkten/systemet?
- Hur enkelt är det att förstå vilka handlingar som är möjliga att utföra med produkten/systemet?
- Hur enkelt är det att bestämma en handlingssekvens för att uppnå målet?
- Hur enkelt är det att utföra handlingarna i sekvensen?
- Hur enkelt är det att förstå att systemet utfört handlingarna?
- Hur enkelt är det att förstå vad resultatet från handlingarna har utmynnat i?
- Hur enkelt är det att utvärdera slutresultatet mot det uppsatta förväntade målet?

Om svaren på dessa sju frågor pekar på att användargränssnittet inte är tillräckligt enkelt för den målgrupp som ska interagera med produkten/systemet är detta ett tecken på att vidare utveckling behövs. Om operatörsbaserad teknikutveckling används redan från början i en utvecklingsprocess bör systemet få en hög grad av användaranpassning direkt.

Sammanfattningsvis presenteras ett antal generella designprinciper (Jordan, 1998) som bör utnyttjas för att utforma en teknisk produkt, en maskin eller ett helt system så att det blir enkelt att använda med hög säkerhet, effektivitet och arbetstillfredsställelse.

En teknisk produkt eller ett system ska vara:

- Konsekvent i sin uppbyggnad.
- Kompatibelt med användarens förväntningar.
- Ta hänsyn till användarens mentala och fysiska resurser.
- Ge tydlig information.
- Ge tydliga ledtrådar.
- Ge god återkoppling.
- Konstruerat för att minimera felhandlingar och för korrigerande av fel.
- Låta användaren ha kontroll över det som sker.
- Prioritet av funktioner och information.
- Lämpligt teknologiövertagande.

## 7.7 Automation

Tunga, farliga, tråkiga och tidsödande uppgifter kan med fördel automatiseras. Automation bidrar också till säkrare, mer tillförlitliga och effektivare verksamheter. Det är också möjligt att med hjälp av automatiserade processer skapa till exempel mer flexibel tillverkning av produkter med högre kvalitet. Däremot återstår flera svårigheter med automation vilka påverkar användbarhet, arbetsinnehåll och arbetstillfredsställelse, som i sin tur medför negativa konsekvenser för operatörerna. Ju högre grad av automation som införs i ett människa-maskinsystem, desto större vikt bör läggas på de mänskliga aspekterna i systemet för att undvika oönskade konsekvenser. En definition på automation är ”automation existerar när en mänsklig aktivitet har ersatts med en maskinell aktivitet” (Satchell, 1998). Automation möjliggör att nya typer av system kan byggas med funktioner som överhuvudtaget aldrig utförts av människor. Automatiserade system kallas i regel alla tekniska system som styr industriell utrustning eller processer med hjälp av kontrollsystem såsom datorer.

### 7.7.1 Skäl till att automatisera

De vanligaste skälen till att automatisera är:

- Att öka produktiviteten och reducera kostnaderna.
- Att öka flexibiliteten och kvaliteten.
- Att möjliggöra att uppgifter utförs, som är omöjliga eller för riskfyllda för en människa.
- Att underlätta då det är mycket svårt eller obekvämt för en människa att utföra uppgiften.
- Att utföra fysiskt arbete med hög belastning eller utföra tidskritiska uppgifter där människan inte är stark eller snabb nog.
- Att det är tekniskt möjligt.

Viktigt att komma ihåg är att de mänskliga bidragen till att systemen över huvud taget kan vara i drift är stora. Fortfarande kan inte människans flexibla och kreativa förmågor automatiseras. Tänkvärt i detta sammanhang är uttalandet av en amerikansk industrichef: ”When things get out of hand in complex technical systems you always expect the human operator to save our day”.

### Automationens ironier

Automationens ironier (Bainbridge, 1983) ger uttryck för att försöken att automatisera bort den mänskliga operatören sannolikt kommer att misslyckas. ”We automate what we can and leave the rest to the operator”, som Sheridan (1992) påpekar. Detta påpekande är långt ifrån optimalt för hela systemet. Genom att automatisera enkla uppgifter kan de svåra uppgifterna, det vill säga de uppgifter som är för svåra eller inte värda att automatisera, bli ännu besvärligare för operatören. Eftersom de besvärliga uppgifterna förekommer sällan har operatören dåliga förutsättningar att behålla kunskapen och va-

nan att hantera dessa. Att övervaka ett system och kontrollera att allt fungerar kan vara understimulerande och påverka uppmärksamheten negativt. Om det inträffar en störning som måste hanteras kräver detta i många fall erfarenhet. Erfarenhet fås genom att utföra uppgifter kontinuerligt, men i ett tillförlitligt system sker sällan störningar. Sammantaget innebär detta att det finns sannolikhet för mänskligt felagerande vid oväntade och oförutsedda händelser. Det är en utmaning för utvecklare att avgöra var gränsen ligger för hur mycket automatik som är lämpligt att införa i ett tekniskt system.

### 7.7.2 Arbetsorganisation mellan människa och teknik

Att övervaka ett flertal siffervärden är ofta tröttande och ingen uppgift som är lämpad för människan. Det finns vissa generella teorier om vad människan kan utföra bättre än en automatiserad process eller vad automationen är bättre på än människan, samt hur arbetsuppgifterna ska fördelas mellan operatör och teknik. ”Assign to men those functions men perform best - Assign to machines those functions machines perform best” är ett känt uttalande redan från 1950-talet angående automation (Fitts, 1951) som delvis gäller än idag. I tabell 7.8 beskrivs Fitts lista på vad människan är bra på och vad automation är bra till.

**Tabell 7.8.** Fitts lista på vad människor är bra på och vad automation är bra till.

#### Människan är bättre på att:

- Upptäcka svaga visuella och audiella signaler.
- Upptäcka och integrera en mängd olika signaler samtidigt.
- Uppfatta mönster och kunna göra generaliseringar och se helheten.
- Upptäcka signaler i stort brus av annan information.
- Improvisera och lösa nya problem kreativt.
- Lagra information under lång tid och plocka fram relevanta delar när den behövs.
- Känna igen ett problem, resonera induktivt, ha slutledningsförmåga, utföra bedömningar.

#### Automation är bättre på att:

- Övervaka data, processer och varningssystem.
- Upptäcka signaler utanför människans toleransområde (höga/låga temperaturer, strålning).
- Bortse från störande moment och stressreaktioner.
- Reagera snabbt med jämn precision och stor kraft.
- Upprepa samma moment med bibehållen kvalitet.
- Lagra mycket information en kort tid som sedan kan raderas.
- Resonera deduktivt baserat på tillgänglig data.
- Utföra flera komplexa moment samtidigt.

En ytterligare beskrivning av operatörens och automationens styrkor beskrivs av Billings (1997):

Operatörens styrkor:

- flexibilitet, kreativitet, kunskap om helheten, det vill säga förmågan att använda alla tillgängliga källor till information,
- förmåga att hantera ofullständig kunskap och osäkerhet, vilket är helt avgörande i kritiska situationer.

Automationens styrkor:

- hantera information och presentera den lättfattligt, integrera processer,
- framlägga besluts- och handlingsalternativ, utan att begränsa den mänskliga förmågan att gå förbi dem när så behövs.

Utförliga arbets- och funktionsanalyser krävs för att utreda hur en väl fungerande fördelning av arbetsuppgifter och funktioner mellan människor och teknik ska se ut i automatiserade människa-maskinsystem. För att undvika att endast det som blivit över efter automationen tillfaller människan krävs att hela arbetsinnehållet studeras, även sociala konsekvenser, arbetstakt och att arbetet är utvecklande. I kapitel 2 finns en kravspecifikation på det goda arbetet. En liknande kravspecifikation som är anpassad för komplexa tillverkningsystem beskriver krav (K) och kriterier vid utformning av arbetets organisation (Mårtensson, 1995). Detta illustreras i figur 7.17.

<p><b>K1: Mångsidigt arbetsinnehåll</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individen utför planering, genomförande och kontroll för att skapa en sammanhängande del av processen</li> </ul> <p><b>K2: Ansvar och inflytande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individ eller grupp ansvarar för hela arbetet</li> <li>• kontroll av eget arbete</li> <li>• medverkan vid förändringar och utformning av arbetsplatsen</li> </ul> <p><b>K3: Informationsbehandling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• planering av eget arbete</li> <li>• tankeverksamhet i nya situationer till exempel vid störningar</li> <li>• beslutsfattande</li> </ul>	<p><b>K4: Inflytande på arbetets utförande</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbetstakten styrd av processen endast under kortare moment</li> <li>• möjligheter att påverka arbetsmetod</li> <li>• arbetet medger rörlighet inom avdelningen och variation i rörelse</li> <li>• möjlighet att kunna gå ifrån arbetsplatsen en kort stund</li> </ul> <p><b>K5: Kontakt och samarbete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tal- och synkontakt med andra</li> <li>• kontakt med kollegor på andra avdelningar</li> <li>• möjlighet till samarbete i grupp</li> </ul> <p><b>K6: Kompetensutveckling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• för individen acceptabel kompetensnivå</li> <li>• individens kompetens utnyttjas successivt i mer kvalificerade arbetsuppgifter</li> <li>• återkommande utbildning</li> </ul>
--	--

**Figur 7.17.** Krav (K) och kriterier för respektive krav på operatörens arbete i komplexa tillverkningsystem (Mårtensson, 1995).

### 7.7.3 Automationsnivåer

Ofta är det inte bara så enkelt att det handlar om hurvida automatisering ska ske eller inte, utan i hög utsträckning är det en fråga om i vilken grad systemet ska automatiseras. Teknikutvecklingen driver ständigt frågan om hur mänskligt arbete kan göras mer effektivt. Möjligheten att automatisera komplicerade uppgifter har ökat dramatiskt. Automationsnivån i ett system kan beskrivas i olika steg från helt manuellt till helt automatiserat enligt Sheridan (2002).

1. Automation erbjuder inget stöd, helt manuell kontroll.
2. Automationen föreslår ett antal alternativ och kanske till och med filtrerar och markerar de som anses vara de bästa.
3. Automationen väljer ut ett alternativ och föreslår detta för människan.
4. Automationen kommer att utföra den föreslagna åtgärden om människan aktivt instämmer.
5. Automationen kommer att utföra den föreslagna åtgärden inom ett visst tidsintervall ifall inte människan ger sitt veto emot detta.
6. Automationen utför åtgärden och informerar sedan människan om detta.
7. Automationen utför åtgärden och om tillfrågad så informerar den människan om detta.
8. Automationen väljer metod, utför åtgärd och ignorerar människan.

Med ökad grad av automation får operatörsarbetet en helt annan karaktär än tidigare, med mer övervakning och kontroll istället för styrning. Detta kan både bli mindre stimulerande och kännas mindre kvalificerat för operatören, vilket direkt kan påverka en tidigare yrkesstolthet. Processkunskap försvinner och blir svårare att tillgodogöra sig. Detta gör systemet mer sårbart för störningar när ingen kan rycka in om tekniken fallerar. Det krävs en speciell kompetens för störningshantering som kan beskrivas som en kombinerad kompetens av processkunskap och att kunna se vad som orsakar störningen. Störningshantering är kritiskt, eftersom det i bästa fall inte inträffar så ofta, vilket medför att kunskap om hur störningar ska hanteras glöms bort om inte återträning sker. Varningssystem och larm är en mycket viktig del av automationen, liksom övriga krav på informationspresentation för att tillhandahålla rätt information i rätt tid till operatören.

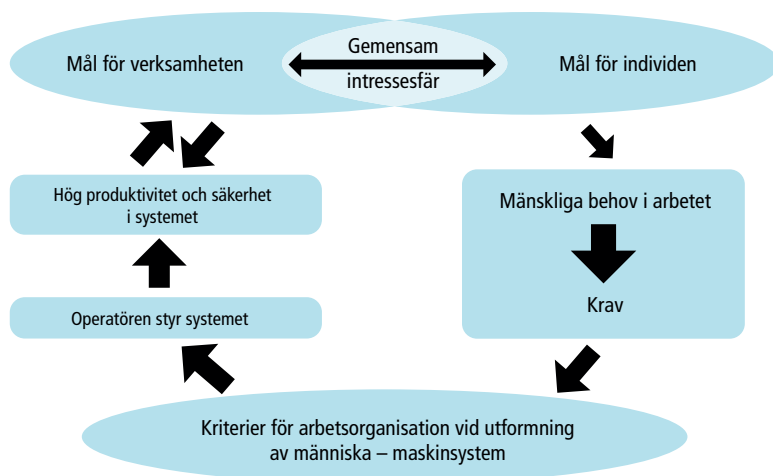
Om automation införs för att öka effektivitet, kvalitet och säkerhet innebär det ofta att systemet kan köras lite hårdare, men i praktiken förbrukas de tänkta säkerhetsmarginalerna med ökad produktion. Detta kommer att ge ännu mindre handlingsutrymme vid felhantering och mindre tid att undvika fel på. Detta är kopplat till den så kallade homeostasteorin. Ett annat belysande exempel på denna teori är att många fordonsförare kör fortare med vinterdäck trots samma hala underlag.

Mänskligt beslutsfattande kan förbättras med hjälp av träning och simulering av kritiska händelser. Detta är extra viktigt i automatiserade system för att vara förberedd på händelser som uppkommer mycket sällan. Att hålla operatören lagom insatt i processen är också väsentligt. Operatören ska vara avlastad men insatt och alltid

redo att agera om något går snett. Forskning (Endsley, 1995) har visat att genom att bibehålla människan som beslutsfattare eller åtminstone ha veto enligt automationsnivå 5 ovan, går det att finna en balans mellan arbetsbelastning och förmåga att läsa av situationen. Att anpassa ett system till individuella användare, som alla kräver eller har behov av olika nivåer av automation, är ett annat sätt att förbättra ett komplext system, vilket ofta faller på orimliga kostnader och svårigheter att få tillverkare att leverera system som måste underhållas med individuella lösningar.

Automation är också kopplat till ledningsfrågor. Ledningen för industrin som väljer att automatisera bör vara väl medveten om att införande av ny teknik, och dessutom teknik som i viss mån ersätter kvalificerad arbetskraft, ofta kan vara en känslig fråga som ska tas på allvar. Det kan bidra till operatörernas acceptering av förändringen om ledningen talar om varför automatisering ska ske. Relevant och tillräcklig träning av vad ett automatiserat system gör och inte gör är ett sätt att få operatörer att uppskatta fördelarna och utnyttja funktionerna effektivt.

Om automation införs med god kunskap om mänskliga krav i arbetet och dess kriterier, samt övriga arbetsvetenskapliga aspekter, finns det goda möjligheter till att uppnå en gemensam intressesfär mellan företagets mål och individens mål. Individens mål om uppfyllande av mänskliga behov i arbetet kan då förenas med företagets mål om hög produktivitet och hög säkerhet (figur 7.18).



**Figur 7.18.** Om man i större utsträckning beaktar människans behov vid arbete i ett människa-maskinsystem bidrar detta till ökad produktivitet och säkerhet, och en större gemensam intressesfär skapas mellan företagets mål och individens mål (Mårtensson, 1995).

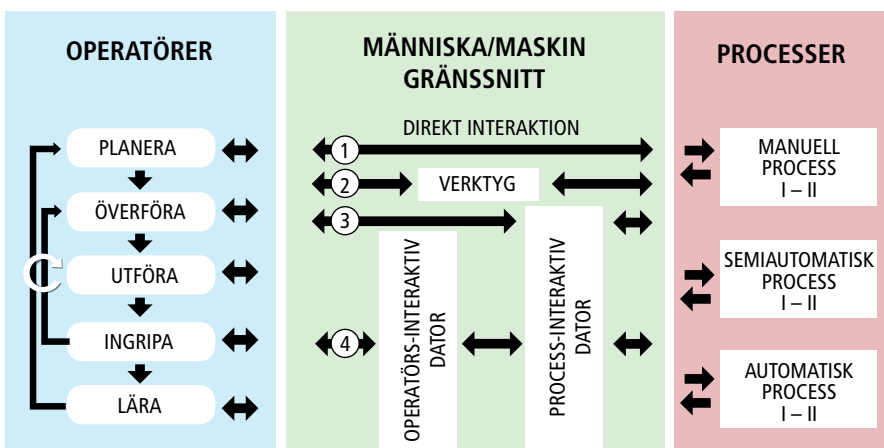


### 7.7.4 Övervakande styrning

Interaktionen mellan människa och teknik ser olika ut inom olika verksamheter, till exempel inom processindustri och verkstadsmiljö. En modell framtagen för just processindustrin är övervakande styrning (Sheridan, 1992). Jämfört med modellen i figur 7.1 som beskriver människa-maskinsystemet, finns i denna modell ytterligare lager i gränssnittet. Dels ett lager mellan systemet och människan, dels ytterligare ett lager som beskriver interaktionen mellan kontrollsystemet och de olika processerna som det styr. Människans roll i systemet kan beskrivas i fem steg:

1. Planera det som behöver göras innan operatören startar det tekniska systemet.
2. Överföra planen till systemet genom att programmera eller se till att verktyg och material finns tillgängligt för de planerade uppgifterna.
3. Starta upp systemet och utföra kontroll över eventuella avvikelser eller störningar.
4. Finns det avvikelser måste operatören ingripa och även besluta om justeringar för att korrigera automationen vilket många gånger är enkelt vid vanligt förekommande störningar.
5. Lära för varje ny uppgift operatören stöter på vid fel, eller när nya produkter införs, samt av utvärderingen som gjorts genom att systemet har observerats under drift.

I en vidareutvecklad modell (Stahre & Johansson, 1994) från verkstadsindustrin och komplexa tillverkningsystem har rollerna bibehållits, men en del kring interaktionen har lagts till (figur 7.19). Utöver att operatören endast interagerar med den operatörsinteraktiva datorn i en automatisk process, händer det att operatören går in och interagerar direkt med den processinteraktiva datorn i en semiautomatiserad process. Dessutom kan operatören interagera med verktyg eller med händerna direkt i en manuell process.



**Figur 7.19.** Modell över människa/maskininteraktion i komplexa tillverkningsystem (Stahre och Johansson, 1994).

Operatörens roller är alla en del av tre loopar. Den första loopen är ständigt pågående medan operatören utför kontroll och avgör om det är dags att ingripa eller inte. Den andra loopen är den mellan att ingripa och överföra. Så fort operatören börjat med ett ingripande i form av till exempel en justering, utbyte av något verktyg eller inställning, överför operatören detta agerande till systemet. Den tredje loopen är mellan det att operatören lärt något av den pågående processen tills det att han eller hon implementerar denna kunskap. Här finns utrymme för förbättring. Operatören kan ha lärt av tidigare körning och misstag och till exempel gjort ändringar i en checklista över ett delsystem som börjat krångla (figur 7.19).

För samtliga av de beskrivna rollerna som operatören har krävs det olika kvalificerat beteende beroende på erfarenhet och svårighetsgrad. Nivåerna i modellen motsvarar färdighetsbaserat, regelbaserat och kunskapsbaserat beteende (Rasmussen, 1986). Det har visat sig att operatören bäst stöttas på den färdighetsbaserade beteenivån genom upplärning, on-the-job training, antingen direkt i arbete eller vid simuleringar. På regelbaserad beteenivå är det effektivt att tillhandahålla beslutsstöd till operatören såsom checklistor, manualer och datorstöd. För kunskapsbaserat beteende krävs utbildning för att öka förutsättningarna för operatören i dennes olika roller (figur 7.20). SRK-modellen och beslutsstöd beskrivs mer omfattande i avsnittet 7.5.

Beteendenivåer Roller	Färdighets- baserat beteende	Regel- baserat beteende	Kunskaps- baserat beteende
Planera			
Överföra	UPPLÄRNING	BESLUTSSTÖD	UTBILDNING
Utföra	UPPGIFT 1		
Ingripa		DELUPPGIFT 3.2	
Lära			UPPGIFT n

**Figur 7.20.** Stahre och Johanssons (1993) utvärderingsmatris.

## 7.8 Prestationsstyrande faktorer

I ett människa-maskinsystem påverkas människan av ett antal faktorer som har inverkan på den sammantagna prestationen, så kallade *prestationsstyrande faktorer*, PSF (Performance Shaping Factors). Dessa faktorer innefattar allt som påverkar operatörens utförande av en uppgift i ett människa-maskinsystem. Faktorerna delas upp i tre delar: interna faktorer, externa faktorer och stressorer.

### 7.8.1 Interna faktorer

De interna prestationsstyrande faktorerna är de som operatörer bär med sig som unika individer till teknisksystemet. Här ingår både kroppsliga och mentala förutsättningar.

#### Kroppsliga förutsättningar

Ålder  
Fysisk kondition  
Hörsel  
Syn  
Allmän hälsa

#### Mentala förutsättningar

Personlighet  
Attityd  
Emotionellt tillstånd  
Motivation  
Stresstålighet  
Beteende  
Grupidentifikation

Genom träning och utbildning kan också kunskap, erfarenhet, skicklighet och problemlösningsförmåga påverkas. Om det finns särskilda krav på interna prestationsstyrande faktorer hos operatören, kan det krävas att det görs specifika urval av individer med speciella kvalifikationer.

### 7.8.2 Externa faktorer

De externa prestationsstyrande faktorerna som påverkar människan kan delas in i två grupper, dels latent faktorer (de som finns i omgivningen och i arbetets förutsättningar), dels operationella faktorer (de som beror på uppgift och process).

#### Latenta

Lokalernas utformning  
Omgivningsmiljön  
Arbetstider med raster  
Skiftrotation  
Bemanningsnivå  
Organisationsstruktur  
Ledarskap  
Lön och belöning  
Andras arbetsuppgifter i systemet

#### Operationella

Arbetsprocedurer  
Arbetsmetoder  
Uppgifternas vikt/risk/krav  
Instruktioner  
Kommunikationsmöjligheter Gruppsamverkan  
Utrustning och verktyg  
Operatörsgränssnitt

De interna och externa faktorerna, både latent och operationella, kan enskilt eller i kombination med varandra påverka människan i form av olika stressorer.

### 7.8.3 Stressorer

Stressorer kan ha direkt eller indirekt påverkan på interaktionen i människa-maskin-systemet, vilken i sin tur påverkar beslutsfattande och agerande. Ett exempel är att om en operatör utsätts för kraftiga vibrationer kan det vara svårare att styra systemet och avläsa displayer. Tidsbrist kan begränsa möjligheterna att beakta flera handlingsalternativ. Stressorerna delas in i psykologiska och fysiologiska stressorer.

#### Psykologiska stressorer

Hög arbetsbelastning  
Högt arbetstempo  
Överraskande händelser  
Hot och stora risker  
Distraction  
Sinnesavtrubning  
Avsaknad av återkoppling på utfört arbete  
Livsstress, hemförhållande

#### Fysiologiska stressorer

Långvarig stress  
Utmattning, sömnstörning  
Smärta, trötthet eller diskomfort  
Hunger och törst  
Extrema temperaturer  
Bristande ventilation  
Vibrationer  
Höga ljudnivåer  
Exponering för kemiska ämnen

Med denna uppdelning kan direkta samband ses mellan stressorer och interna och externa prestationsstyrande faktorer. Till exempel så kommer latent faktorer i omgivningsmiljön i hög utsträckning att innehålla fysiologiska stressorer, medan psykologiska stressorer som hög arbetsbelastning kan ha större effekt om en individ har låg stresstålighet. Många olika företeelser på en arbetsplats påverkar prestationen negativt. Exempel på detta kan vara:

- Otillräcklig separering av arbetsplatser, vilket stör utförandet av uppgifterna.
- Icke optimal placering av operatörsplatserna, vilket kan medföra bristande möjlighet till kommunikation.
- Belysningen medför att det inte är möjligt att läsa på skärm och papper samtidigt.
- Hög ljudnivå i rummet försvårar kommunikationen mellan människorna i systemet.
- Störande icke operativ personal vid operatörsplatser, till exempel reparatörer och underhållspersonal.

Kapitel 2 beskriver också stressorer i ett system sett ur ett fysiologiskt och organisatoriskt perspektiv.

### 7.8.4 Hur olika faktorer påverkar människan

Då en person utsätts för stressande faktorer påverkas bland annat förmågan till informationsbehandling. Ofta bygger stress på en uttalad känsla eller rädsla över något. Inre psykologiska definitioner av stress handlar ofta om upplevd tidspress. Olika individer kan känna olika stress i samma situation. Detta beror på att individer har olika förmåga och erfarenhet att hantera situationen, eller att individen har överdrivit risken eller är lyckligt ovetande om situationens risk. Generellt gäller att när människan pressas i en situation presterar hon först bättre i takt med att pressen ökar. På en viss nivå når hon sin begränsning och ökar pressen ytterligare kommer prestationen att försämrast. Detta uttrycks som Yerkes-Dodsons lag och kurvan beskrivs som en upp- och nervänd u-kurva. Att personer uppvisar en stigande prestationskurva initialt kan bero på att människan samlar resurserna och anstränger sig till sitt yttersta. Vad som är lagom press skiljer sig också åt mellan olika typer av uppgifter. Komplexa uppgifter som kräver visst nytänkande genomförs i allmänhet bättre på en lägre stressnivå. Automatiserade uppgifter som individen är van vid kan utföras på en högre stressnivå.

#### Påverkan på minnet

Vid stress minskar människans kapacitet i arbetsminnet och det är vanligt att uttryck som "nu står det alldeles stilla i huvudet" uttalas. I en stressad situation kan tunnelseende förekomma. Det innebär att individen bara fokuserar aktivt på en enda sak och inte klarar av att bearbeta ytterligare stimuli. Blir människan stressad över sin förmåga att klara av en situation kommer därmed chanserna för att lösa situationen att minska.

Långtidsminnet påverkas inte direkt av stress, men åtkomsten av relevant information kan påverkas indirekt genom korttidsminnets bristande funktion. Människan hämtar oftast information som ligger närmast till hands i långtidsminnet eller utnyttjar väldigt starka minnen och intränade beteenden. Människan kan alltså bli mer stresstålig om hon tränat in handlingssekvenser tills de är automatiserade och inte kräver arbetsminnesresurser när de ska utföras. Överinlärning bidrar till att agerande blir mindre resurskrävande och därmed ger utrymme till att hålla huvudet kallt i krissituationer.

#### Påverkan på uppmärksamhet

Att ha för lite att göra och att vara understimulerad är vanligt i många automatiserade system. Att ett system kräver ständig övervakning men att det sällan händer något som ska åtgärdas, medför att människans förmåga att uppfatta signaler som pockar på uppmärksamhet minskar.

- Ju längre tid vi måste hålla oss uppmärksamma desto större risk är det att signaler missas. Ett exempel på detta är flygtrafikledare som har schemalagda pauser efter 1-1½ timmes arbetspass för att orka vara uppmärksamma under hela sitt arbetspass.
- Perceptuellt starka signaler kommer att hålla oss vakna oavsett aktivitetsgrad, men om signaler, förändringar och avvikelser är små så kommer de att bli svåra att upptäcka.

- Så länge det händer saker med jämna mellanrum håller individen sig alert, men om frekvensen på aktivitet i systemet sjunker så sjunker också förväntningar och uppmärksamhet.
- För lite press och aktivitetsgrad är inte bra för prestationen. Om stimulansen är för låg brister uppmärksamheten.

### **Påverkan av sömnbrist**

Effekten av sömnbrist är, allmänt sett, sänkt aktiveringsnivå. Människan kan dock kompensera för detta genom ökad ansträngning. Sömnbrist kan bland annat påverka slutledningsförmågan negativt. Människan kan också påverkas av stress från sitt sociala liv, till exempel att man inte trivs på sin arbetsplats eller i sina privata sociala relationer, är deprimerad, har fysiska besvär eller dåliga ekonomiska förhållanden. Detta kan vara oerhört svårt att stänga ute under arbete och kan påverka både koncentrationsförmåga och prestation negativt.

## 7.9 Sammanfattning

I detta kapitel har människans kognitiva förutsättningar och begränsningar för interaktion med tekniska produkter och system beskrivits. Beskrivningen har utgått från en modell över ett människa-maskinsystem och ett antagande om att det är av stor vikt att minska upplevda och faktiska avstånd mellan operatör och teknikens användargränssnitt. Teknisksystem som utvecklas ska ha hög användarvänlighet och leda till ökad effektivitet och säkerhet, samt medföra en god arbetsmiljö. För att åstadkomma detta krävs att de som har inflytande över utveckling och utformning av ny eller befintlig teknik i så stor utsträckning som möjligt tar hänsyn till människans förmågor och begränsningar att hantera teknisksystemen.

Tyngdpunkten på teorin i kapitlet har lagts på informationsbehandlingsprocessen eftersom det ofta handlar om att designern av teknisksystemet har bristande kunskap om människans mentala förmågor och begränsningar. Det är oerhört viktigt att utforma tekniken efter de mål som ska uppnås och de uppgifter som ska utföras i systemet. Det är också centralt att beakta att samspelet ska utspelas i en miljö med många olika förutsättningar som påverkar den totala prestationen och upplevelsen.

Även om problemställningen varierar beroende på om människa-maskinsystemet är en del av människors arbetsmiljö eller om tekniken används i vardagen och på fritiden, så är samtliga avsnitt som presenterats i detta kapitel tillämpbara. Fokus kan skifta från effektivitet och säkerhet till att mer handla om att en produkt är enkel eller rolig att använda. Tillämpning av kognitiv teori kan utnyttjas för utformning av enskilda skärmbilder, knappar och reglage och till att utveckla avancerade beslutsstöd och träningsrutiner för komplexa och högautomatiserade system. För att utveckla en god arbetsmiljö med säkra, effektiva och tillfredsställande människa-maskinsystem krävs att övriga arbetsvetenskapliga bidrag också beaktas:

**Psykosocial och organisatorisk miljö:** Vid automation krävs ett bra ledarskap med en balanserad människo- och tekniksyn, som beaktar mänskliga aspekter vid införande av teknik eller förändring av teknik. Om inte hänsyn tas till detta riskerar medarbetare att känna sig överkörda av tekniken och risk finns för att de mister sin yrkesstolthet. Hur arbetet är organiserat påverkar arbetsinnehåll och uppgifternas karaktär, vilket i sin tur styr behovet av träning och teknisktöd. Sammantaget påverkas förutsättningarna för det goda arbetet.

**Fysisk miljö:** Det räcker inte att tekniken är anpassad till människans mentala förmågor. Även den fysiska utformningen av systemet måste anpassas till människans villkor, exempelvis till antropometriska mått, ålder, kön och fysisk arbetsförmåga. Flera prestationsstyrande faktorer är direkta bidrag från den omgivande fysiska miljön som inkluderar både fysisk belastning, utformning av verktyg och utrustning samt de fysikaliska omgivningsfaktorerna belysning, buller, vibrationer och klimat. Till exempel ska reglage som hanteras i kyla tillåta användandet av handskar, varningsljud får inte

bli störande omgivningsljud och en visuell display måste vara synlig även i dämpad belysning.

**Säkerhet och risk:** Ett människa-maskinsystem kan vara säkerhetskritiskt både på individ- och systemnivå. Gränssnittsutformning och förutsättningar för kommunikation i systemet påverkar säkerheten väsentligt. Genom att minska den kognitiva belastningen på operatören ökar förutsättningarna för att det finns mentala resurser över för att hantera en krissituation eller att klara av stress och tidspress när situationen så kräver. Missanpassad teknik eller olämplig automationsnivå kan också indirekt påverka individens mentala prestation. Detta kan leda till att operatörens motivation sjunker, vilket kan bidra till lägre uppmärksamhet och vakenhetsgrad, som ökar risken för felhandlingar.

**Metoder och utvecklingsprocesser:** Även om de mänskliga aspekterna beaktas till fullo och tekniken utformas och anpassas därefter, krävs god kunskap om metoder och utvecklingsprocesser anpassade för ämnesområdet. Att utföra datainsamling och analys av användare, teknik, arbetsuppgifter och miljö, samt att studera samspelet mellan dessa, leder till bättre förståelse för alla systemkomponenter i utvecklingsarbetet.

**Ekonomiska och juridiska villkor:** Ett ytterligare krav på ett människa-maskinsystem är att verksamheten är konkurrenskraftig. Kunskap om olika ekonomiska argument är viktig så att värdet av en arbetsmiljöinvestering, en utbildning eller investering i teknikförnyelse kan uppskattas. Självklart måste hänsyn tas till de lagar och förordningar som existerar för goda arbetsmiljöer och säker teknik.