

Optik

Perception

För att varsebli vår omgivning och för att kunna orientera oss i tillvaron, med syfte att t.ex. undvika hotande faror, behöver vi kunskaper om omvärlden. Dessa kunskaper förmedlas till oss genom våra fem sinnen, de delar av kroppen som är inrättade för att ta emot olika intryck.

Gemensamt för våra sinnen är att de reagerar på utifrån kommande retningar, *stimuli*, med ett svar, *respons*, och genom en neurofysiologisk process ger upphov till en förmimelse, ett *percept*. Stimuli kan antingen vara av arten fysiska eller kemiska enligt nedan:

<i>sinne</i>	<i>stimulusart</i>	<i>egenskap</i>	<i>förmimelse</i>
<i>hörseln</i>	<i>auditiva</i>	<i>fysiska</i>	<i>ljud</i>
<i>synen</i>	<i>visuella</i>	<i>fysiska</i>	<i>ljus och färg</i>
<i>känseln</i>	<i>taktila</i>	<i>mekaniska</i>	<i>form, temperatur, egenskap</i>
<i>smaken</i>	<i>gustativa</i>	<i>kemiska</i>	<i>smak</i>
<i>lukten</i>	<i>olfaktoriska</i>	<i>kemiska</i>	<i>lukt</i>

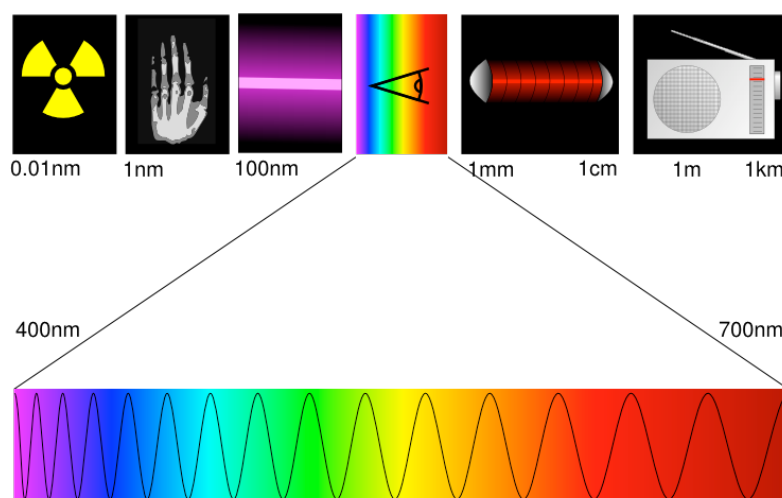
När ett sinne reagerar på en utifrån kommande retning som påverkar det aktuella sinnet pratar man om *adekvata stimuli*, men ett stimuli kan även påverka andra sinnen som stimuli normalt inte påverkar. Man pratar då om icke-adekvata stimuli. T.ex. kan ett hårt slag mot huvudet ge upphov till ljusförmimmelser, en s.k. stjärnsmäll. Vissa droger kan ge färgupplevelser utöver det vanliga eller så kan en total frånvaro av stimuli påverka exempelvis hörseln eller synen. En total frånvaro av stimuli för synsinnet rubbar systemets balans så att vi upplever ett svagt färgflimmer.

I fortsättningen behandlas enbart adekvata stimuli, och i det här kapitlet är det enbart visuella stimuli som tas upp.

Elektromagnetisk strålning & Ljus

Ljus är en form av elektromagnetisk strålning som teoretiskt sätt har ett oändligt spektra av våglängder. Men ljus, som vi känner det, brukar man syfta på den del av det elektromagnetiska spektret som vi kan uppfatta med våra ljuskänsliga receptorer, d.v.s. vårt synsinne. Underförstått är således betydelsen av ljus ”*för oss synligt ljus*”. För andra arter kan det vara helt andra våglängder av spektret som är synliga, d.v.s. som kan uppfattas av artens synsinne.

Det elektromagnetiska spektret kan i stigande frekvens (sjunkande våglängd) grovt delas in i följande delar:



<i>vågtyp</i>	<i>frekvens, [Hz]</i>
radiovågor	10^4 - 10^9
mikrovågor	10^9 - 10^{11}
infrarött ljus	10^{11} - 10^{14}
synligt ljus	10^{14} - 10^{15}
ultraviolet ljus	10^{15} - 10^{17}
röntgenstrålning	10^{17} - 10^{19}
gammastrålning	10^{19} - 10^{23}

Den synliga delen av det elektromagnetiska spektret utgör således endast en minimal del. Ultraviolet ljus (UV) och infrarött ljus (IR) är exempel på våglängder som det mänskliga ögat inte kan uppfatta. Däremot kan IR ljus uppfattas som värme när den träffar huden, medan UV ljus inte känns men lämnar spår efter sig i form av solbränd hud. Elektromagnetisk strålning innefattar som vi sett även radiovågor, mikrovågor, röntgen- och gammastrålning. Denna strålning har vi nytta av inom flera olika områden, dock inte som ljus. Förenklat kan man säga att för att strålningen skall fungera som färgstimulus för oss krävs våglängder mellan 380-780 nm, från blå, via grönt till rött. Det var Isaac Newton som på 1600-talet kom fram till att vitt ljus faktiskt

består av olika färger vilket enkelt kan bevisas genom att låta solljuset brytas genom ett prisma.

Vad ljus är har sedan långt tillbaka gett upphov till heta diskussioner. Under 1600-talet utvecklades två konkurrerande teorier som skulle förklara ljusets natur. *Isaac Newton (1642-1727)* funderade länge på om ljus var en våg- eller partikelrörelse. Till sist bestämde han sig för partikelteorin, bl.a. därför att ljusstrålar annars inte skulle kunna utbreda sig i ett elastiskt medium (den s.k. *etern*) utan att spridas ut. Newtons teori förklarade varför ljus, p.g.a. gravitationskraften, kunde böjas runt planeter och månar samt att ljusstrålar bryts i en gränsyta mellan två medier.

Trots att Newtons teori inte var perfekt och inte kunde förklara lika många ljusfenomen som vågteorin levde den kvar under lång tid p.g.a. hans enorma inflytande på fysiken under den här tiden. Efter att *Thomas Young (1773-1829)* redovisat sitt berömda dubbelspaltförsök (1802) övergavs partikelteorin successivt. År 1850 bevisade *Foucault* att ljushastigheten var lägre i vatten än i luft, vilket är helt i analogi med vågteorin, och partikelteorin övergavs helt.

Under 1900-talet har en tredje princip kommit fram, detta då båda tidigare teorier om ljusets natur visar på allvarliga brister. Denna teori går ut på att förklara ljusets natur med en s.k. *partikel-våg dualism*, vilket innebär att ljusmodellen är en kombination av både vågrörelse och partikelrörelse. Det var framförallt *Max Planck* och *Albert Einstein* som hävdade detta. Man vet inte säkert om teorin stämmer till fullo, men ännu har inte motsatsen kunnat bevisas.

Med partikel-våg teorin kan ljuset ses som en energipartikel vilken rör sig i en vågrörelse, dock existerar bara partikeln i rörelse. Om den stoppas upp försvinner den. Partikeln är ett kvantiserat energiknippe, en s.k. *foton*, vilken har massa så länge den befinner sig i rörelse, men omvandlas till en annan energiform vid stillastående/avstannande.

Ljus kan vara *monokromatisk* eller *sammansatt*. Ett monokromatiskt ljus har strålningen koncentrerad till ett mycket smalt våglängdsband, några få nm. Laserljus är ett exempel på helt monokromatiskt ljus. Monokromatiskt ljus kan även skapas med urladdningslampor eller isoleras ur sammansatta stimuli med s.k. monokromatorer. Sammansatta stimuli består av ett spektra där energi med olika intensitet är fördelad över mer eller mindre breda våglängdsband. För att mäta den spektrala sammansättningen och energiinnehållet i olika delar av sammansatt ljus används radiometrisk enheter.

Energin i aktuellt stimuli kan antingen alstras i solen eller i andra strålningskällor. Strålningen kan sedan träffa vårt synsinne antingen direkt eller indirekt, d.v.s. genom reflektion eller transmission. Ett vitt eller grått föremål reflekterar/transmitterar allt ljus lika mycket oberoende av våglängden, medan ett "färgat" föremål reflekterar/transmitterar olika våglängder olika mycket, vi uppfattar föremålet som kulört.

Ni som vill veta mer kan gå in på [NASA](#)

Absorption, reflektion och transmission

När ljus träffar ett föremål kan tre saker hända med ljuset. Det kan "gå igenom" föremålet, *transmitteras*, det kan "sugas upp" av föremålet, *absorberas*, eller det kan "studsas", d.v.s. *reflekteras*. Summan av dessa tre händelser blir alltid 100%, men deras inbördes förhållande varierar beroende på våglängden hos den infallande strålningen. Således har en röd bil höga värden på reflektansen för rött och absorptionen för grönt och blått, medan transmissionen är låg för samtliga våglängdsområden.

Hur bildas ljus

En atom består av en kärna kring vilken en eller flera elektroner cirklar. Elektronerna bildar skal i olika nivåer beroende på deras energiinnehåll. Ju högre energiinnehåll en elektron har desto längre ut cirkulerar den, vilket innebär ett mer energirikt elektronskal. Om en elektron tillförs energi platsar den inte längre i sitt naturliga elektronskal, utan hoppar ut till ett mer energirikt skal, beroende på elektronens nya energinivå, elektronen *exciteras*. Där cirklar elektronen slumpvis tid, varefter den faller tillbaka ner mot sitt ursprungliga skal.

När elektronen faller tillbaka till sitt ursprungliga elektronskal avger, *emitterar*, elektronen energiskillnaden i form av en kvantiserad energimängd, en *foton*, d.v.s. ljus, vars energiinnehåll kan beräknas m.h.a. Plancks konstant. Ju högre energimängd som avges, desto kortare våglängd får fotonens svängningsrörelse, vilket vi tolkar som ett blåaktigare ljus.

Mäta ljus

Det finns lite olika sätt att mäta styrkan på ljus. Ett av de tidigaste sätten var *lux* och används ofta vid belysning. När man pratar om projektorer använder istället måttet *lumen*. Dock står dessa mått för lite olika saker. När man mäter ljus brukar man därför skilja på ljusflöde, ljusstyrka, belysningsstyrka, luminans och ljusutbyte. För att klargöra skillnaderna går vi igenom dessa;

Ljusflödet är måttet på den totala mängden ljus, inom det synliga området, som en ljuskälla avger i alla riktningar. (En ljuskälla strålar normalt ut sitt ljusflöde olika starkt i olika riktningar). Ljusflödet anges med enheten lumen (lm). 1 Lumen är ljusmängden per sekund från en ljuskälla motsvarande en candela (1 cd). Enkel Svenska: Ljusflöde är den totala mängd ljus som strålar från ljuskällan åt alla håll!

Ljusstyrkan är ett mått på hur mycket ljus (intensiteten) en ljuskälla avger i en angiven riktning (till exempel en spotlight). Styrkan

anges med ett värde som kallas candela (cd). Ordet kommer av engelskans "candle" (stearinljus) och 1 cd motsvarar också ljuset från just 1 stearinljus. Enkel svenska: Ljusstyrka är den mängd ljus som strålar från källan mot en viss riktning!

Belysningsstyrkan är måttet på det ljus som träffar en yta per kvadratmeter. Det vill säga ett mått på förhållandet mellan det totala ljusflödet som träffar en yta och denna ytas storlek. Mängden ljus mäts här i lux (lx) och påverkas självklart av avståndet till ljuskällan samt vilken typ av ljuskälla det handlar om. Belysningsstyrkan 1 lux uppstår alltså när ett ljusflöde på 1 lumen fördelas jämnt över en yta på 1 m². 1 lux = 1 lumen per kvadratmeter (1 lm/m²). Enkel svenska: Belysningsstyrka är den mängd ljus som faller på en yta!

Luminansen är ett mått på den för ögat upplevda ljusheten från en betraktad yta (till exempel en filmduk). Luminansen anges med candela per kvadratmeter (cd/m²) vilket talar om ytans ljushet i förhållande till dess storlek. Enkel svenska: Luminansen är ett mått på det reflekterade ljuset!

Ljusutbytet talar helt enkelt om förhållandet mellan angivet ljusflöde (lm) och förbrukad effekt i watt (W). Värdet specificeras med lumen/watt (lm/W).

ANSI-lumen

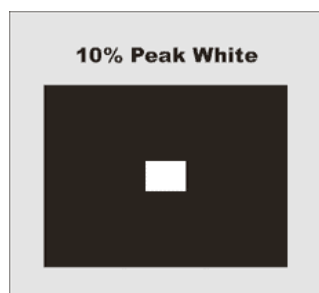
I projektorbranschen (data som hembio) används som sagt termen *ansilumen*, medan andra industrier som till exempel fotobranschen mm istället talar om lumen och lux. Ansilumen är också ett av de specifikationsvärden som de flesta tillverkare tyvärr använder som ett "vapen" i sina marknadsföringskrig mot andra tillverkare. Därför är det viktigt att som teknolog känna till trovärdigheten kring specifikationer som dessa. För att mäta en projektors ljusstyrka korrekt måste man nämligen ta hänsyn till en hel del faktorer som bildstorlek, optisk upplösning, omgivningsljus, filmduksmaterial och -egenskaper, betraktningsavstånd och vinkel, mm. För att göra det hela enklare och mer rättvist för alla så har därför ANSI (American National Standards Institute) arbetat fram denna universella regelstandard kring ljusmätning. Huruvida nu alla följer denna standard till punkt och pricka kan dock ingen vara säker på...

Själva mätningen skall i alla fall gå till på det sättet att man delar in duken i 9 lika stora delar (3+3+3). På denna yta projicerar man sedan en helt vit bild. I denna bild mäts därefter belysningsstyrkan i mitten av varje ruta med hjälp av en kalibrerad ljusmätare (lux-mätare). Då får man fram ett värde i lux för varje ruta (där den i mitten oftast också är något mer ljusstark). Genom att summera alla 9 värden med varandra, dela denna summa med 9



samt ta detta värde ggr dukens bildyta i m², så får man fram ett medelvärde som blir ANSI-lumen.

Värt att känna till är också att människans uppfattning av ljusförhållanden är logaritmisk. Det innebär att en projektor med 2000 ansilumen ställd bredvid en projektor med 1000 ansilumen inte på långa vägar kommer att upplevas som dubbelt så ljusstark. Någonstans runt 25-30 % mer ljus är vad ett mänskligt öga i det läget kan uppfatta vid en dubblering av ljusstyrka...



När det gäller CRT-projektorer är det lite annorlunda normer som gäller vid ljusangivelser. Här talar man i regel nämligen inte om ansilumen utan i vanliga lumen och gärna med måttet "Peak White". Peak white är ett sätt att tala om hur mycket ljus en projektor kan pumpa ut på en viss procent av bildytan, oftast 10 %. En CRT-projektor arbetar ju med ett variabelt ljusflöde istället för ett fast, som alla LCD-och DLP-projektorer använder. En CRT-proj kan alltså variera och fokusera styrkan på ljuset beroende på bildsignalen, medan en "vanlig" projektor med lampa alltid lyser med samma styrka konstant, oavsett bildinformation. Detta innebär att en CRT mycket väl kan ha mer ljusresurser än en vanlig proj, mätt på en liten ensam vit ruta som man gör med Peak White. Och orsaken är alltså att en CRT kan lägga all kraft på endast denna del av bilden istället för hela, vilket ger en ruta med mycket starkt ljus omgivet av "totalt mörker". Peak White säger också en hel del om projektorn kontrastmöjligheter vilket inte ansilumen gör. Motsvarande testbild på en vanlig projektor som LCD, DLP eller LCoS skulle ge ett helt annat resultat. Här får hela bildytan alltid lika mycket ljus. Med hjälp av flytkristaller (LCD) eller speglar (DLP) försöker man istället blockera ljuset utanför den lilla rutan. Det ger självklart inte lika bra resultat som att inte sända något ljus dit över huvud taget (CRT).

Mängden ljus är inte allt. Ljusmängden är främst avgörande för *bildstorleken*. Riktigt stora bilder på en bra bit över 100 tum (säg bilder på 3-4 meters bredd) behöver mer ljus, men "normala" hembiobilder kring 100 tum (ca 2 meters bredd) passar bäst med cirka 700-1000 ansilumen. Bilder på mycket mer än 100 tum kräver dock mer ljus och då kan det vara aktuellt med hela 1200-1500 ansilumen eller ännu mer beroende på bildstorlek. Men ju mer ljus projektorn har desto svårare är det också att generera en djup svärta då man självklart inte kan "lysa svart", eller hur! En CRT kan dock som sagt "stänga av" ljuset om det behövs, men alla andra typer av projektorer måste blockera ljuset från lampan på något sätt och detta görs fortfarande med ganska olika resultat. Våren 2004 hade vi ett bra läge för ett givande exempel då Sharp ledde specifikationsmässigt med sin XV-Z12000 när det gäller svärtdjup och kontrastnivå (5500:1). Men det skedde också med STOR uppoffring av ljusstyrka i det läget (300 ansi) och vår dåvarande referens; Marantz VP-12S3 kunde generera mer ljus (700 ansi) med endast något sämre svärta och kontrast (3800:1), så på det hela så "vann" den bilden ändå i en direkt

bildkvalitetsjämförelse. Men skall vi tala klarspråk så är i hembiosammanhang kontrastvärdet viktigare för den totala bildupplevelsen, även om det naturligtvis är starkt kopplat till ljusflödet!

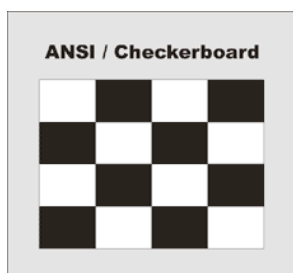
Kontrastförhållandet

Kontrastförhållandet, eller kontrastomfånget, är ett värde för skillnaden mellan bildens mörkaste svärta och ljusaste ljus (det vill säga svartaste svart och vitaste vitt). En bra bildåtergivare skall kunna leverera så högt kontrastförhållande som möjligt utan att kontrasten slår över. När bilden slår över kan man ganska lätt upptäcka det genom att ljusa bilder, som till exempel ett mjukt fluffigt moln med ljusblå och grå skuggor, snabbt förvandlas till ett kritvitt inferno av bildbrus och överstyrt vitt ljus utan detaljer. Kontrastblödningar börjar alltid i bildens högdagrar (ljusaste partier). Så ett enkelt sätt att själv testa denna gräns i just din apparat är att använda en ljus bild med mycket ljusa detaljer, pressa upp kontrasten och sedan se efter när bilden börjar gå överstyr. Därefter minskar man tills värdet står precis innan det slår över. Ett lättare och säkrare sätt är att använda testbilder.

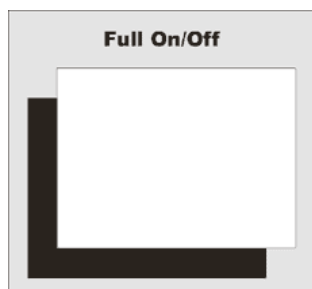
En term som vi också ofta använder i detta sammanhang som är starkt besläktad med kontrast är "dynamik". Med dynamik menar vi en hög kontrast med mycket starkt ljus i toppen, det vill säga en kontrastrik projektor (eller annan bildåtergivare) som förutom bra till mycket bra svärta har enormt kraftigt ljus = dynamik. Kalla det "det övre registret av kontrastomfånget".

OBS! Själva inställningen "contrast" (eller kontrast) som återfinns i samtliga bildåtergivare är dock förvirrande nog egentligen en nivå för bildens vitnivå ("White Level"), alltså mängden ljus, medans den så kallade "brighnness" (ljusstyrkan) istället är ett värde för bildens svartnivå ("Black Level"). Dessa benämningar är således enligt oss ett industrifel i klass med "S-video" kontra "S-VHS" (se "Ordlista") och som antagligen mest bidrar till att förvirra många konsumenter.

Att mäta kontrast enligt ANSI-normen görs på nästan samma sätt som med ljusflödet. Skillnaden är att man här istället projicerar hela 16 rutor på duken (4+4+4+4) istället för 9. Varannan ruta är vit och varannan svart. Nu mäter man mängden ljus i alla vita rutor följt av mängden ljus i alla svarta rutor. Medelvärde av ljusmängden från de vita rutorna delas med medelvärdet från de svarta rutorna. Summan av detta värde kallas alltså ANSI contrast men ofta även "Checkerboard ANSI" eller ibland "Checkerboard contrast". På svenska blir det helt enkelt: ansikontrast. Detta är ett MYCKET rättvist sätt att mäta kontrast eftersom ljus och svärta måste vara optimalt kalibrerade!



Det andra, mindre tillförlitliga sättet kallas "Full On/Off". Det är helt enkelt ett sätt att ange skillnaden mellan en helt vit bild (full on) och en helt svart bild (full off). Detta värde ger, som de flesta



säkert förstår, ett betydligt högre resultat (ofta runt det dubbla). Detta beror naturligtvis på att det inte finns något skarpt vitt ljus parallellt som bleker ned svärtan hos de mörka rutorna (ANSI-normen). Här är det därigenom enklare att fuska eftersom man lätt kan pressa bildens ljus till max vid ena mätningen och till minimum vid den andra. Vanliga projektorer som promotas med riktigt höga kontrastförhållanden på 5000:1 eller till och med ännu mer är ALLTID baserade på denna mer missvisande mätmetod! Ett exempel: En projektor med cirka 1000:1 i ansikontrast genererar runt cirka 2000:1 i Full On/Off... ännu mer om man fuskar med inställningarna! Tyvärr är det denna typ av mätning som alla tillverkare använder i sin marknadsföring för att få så höga värden som möjligt...

Kontrastvärdenas värld!

Problemet med kontrastvärden är att det är mycket lätt att ljuga och överdriva eftersom det är ganska invecklat, tidskrävande och dyrt att mäta och kontrollera. Som regel kan man i alla fall ta det mesta över 2-3000:1 med en nypa salt! En projektor som uppges ha så högt värde som 3000:1 eller kanske till och med 5000:1 eller ännu mer kan man förmoda att den bör "se ut" minst som en TV, men i praktiken så beror det mer på i vilket område kontrasten spelar (samt GIVETVIS vilken bildstorlek man använder - en större bild blir mer fadd och "platt"). Det vill säga var den börjar och var den slutar på gråskalan. Man kan alltså ha en projektor med ljusflödet 1500 ansi och en med 1000 ansi, men båda kanske har 1000:1 i kontrast! Då beror det på att projektorn med 1500 ansi jobbar i ett *högre* område på gråskalan. Det vill säga att den har sämre svärta med ljusare svart men högre ljusflöde med starkare vitt. Den andra har djupare svärta med mörkare svart men med lägre ljusflöde och således inte lika ljus vitt. Båda kan dock mäta lika stora skillnader i sin kontrast. Den bästa projektorn för film (i mörka rum) är då den med 1000 ansi. Men i ljusare rum kan den med 1500 ansi fungera bättre! På grund av detta så borde det istället finnas en mätnorm för svärta, det vill säga hur svart är egentligen en helt nedsläckt bild? Men någon sådan officiell mätnorm finns tyvärr inte, så vi får istället lita på ögon och vår erfarenhet. Poängen är alltså att värdet för kontrast inte säger hela sanningen, utan man får börja med att titta på hur bra svärtan är.

LCD- och DLP-kontrast

Det enda problemet LCD har idag, jämfört med DLP, är egentligen att kontrasten som styrs av iris inte är "simultan" – det vill säga att projektorn inte kan visa djup svärta SAMTIDIGT som den visar ljus bildinformation. Vi kan ta en svart bild med textremsor till exempel. I inledningen av Sagan om Ringen när Galadriels röst hörs och den svenska texten visas, så visar DLP-projektorn; Sharp XV-Z2000, denna bild med djup svärta och starkt vit text. På D5-LCD projektorer så är svärtan i princip lika djup och fin faktiskt (tack vare iris), men textraden är dock blek och mörk även den.

När sedan bilden fylls av elden som gjuter ringarna så lyser bilden upp med stor intensitet på samtliga maskiner, men man ser också att alla LCD:er nu visar de svarta kanterna ovan och under Cinemascope-bilden mycket ljusare än på DLP-projektorn. Fenomenet håller också i sig i medelljusa scener när majoriteten av bilden innehåller information av någorlunda ljus karaktär. Detta beror självklart på att iriskontrollen sluter sig vid mörka bilder och öppnar sig vid ljusa. Iris är en mycket smart innovation som för LCD-tekniken närmare DLP:s grundtanke med variabelt ljusflöde a'la gammal analog CRT-teknik. Det är bra, mycket bra, men det når inte riktigt ända fram enligt ovan. Trots det så är denna funktion givetvis något vi omfamnar rejält jämfört med gamla tiders LCD där stor ljusstyrka direkt var lika med mycket dålig svärta. Det ser bra ut och mycket bättre än förr, men det betyder ändå att man inte kan jämföra en LCD på till exempel 5000:1 i kontrast med en DLP med samma värde. På samtliga är det till att börja med ett överdrivet värde som inte stämmer i realiteten (dela med 3, brukar vara ganska rättvist) utan värdet skall endast användas som jämförelse maskinerna emellan. Den andra aspekten är att på LCD är detta värde ett värde som förflyttas och i realiteten kanske D5-orna visar cirka 2000:1 i kontrast, men denna kontrast förflyttar sig i ett spektrum (beroende på iris) mellan 5000-7000:1. Görs detta dessutom lite för långsamt så kan man råka ut för ett fenomen som populärt numera kallas "iris delay", vilket betyder att ögat hinner notera denna ljusförändring likt en dimmer. På motsvarande DLP kan bilden däremot som sagt hålla kontrasten simultant då man inte använder iris för allt ljus över hela bilden, utan istället spegelteknik på varje enskild pixel. Men återigen – detta betyder inte att LCD är "dåligt", det betyder bara att det fungerar annorlunda, så låt den personliga smaken och känsligheten för respektive tekniks svagheter avgöra ditt teknikval. Och glöm aldrig att alla dessa värden fuskas med enormt i denna bransch.

Svärtan

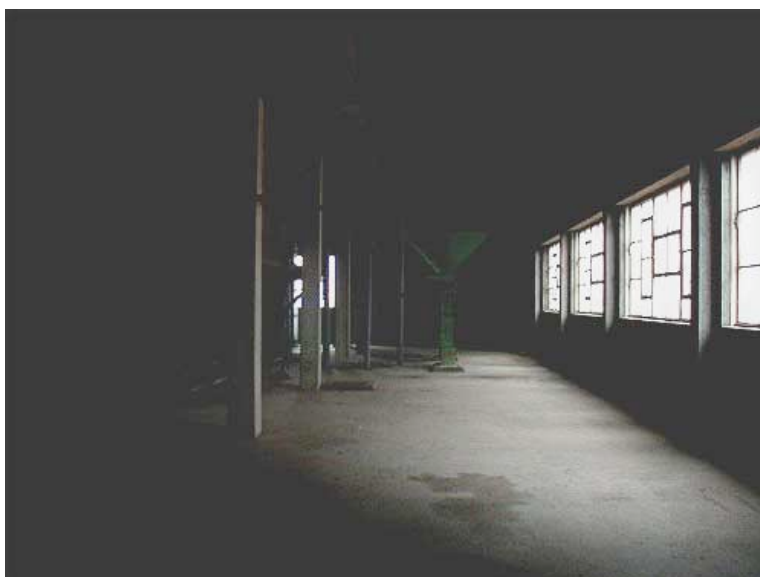
Svärtan är alltså totalt avgörande för bildens detaljrikedom och dynamik i mörka scener vilket vi strax skall visa med ett par exempel. Svärtan är basen och grunden för kontrasten som får sitt värde i relation till den absolut ljustopp som projektorn kan åstadkomma. Det är som sagt värdet där emellan som ger kontrastomfånget i bilden! Om vi nu förutsätter att vi pratar om mörklagda rum så är det lätt att se skillnad på en projektor med bra svärta och en med dålig svärta. Idag är kraven ganska höga för att kalla det "bra" svärta. DLP-projektorer med DarkChip3-chip ligger bäst till just nu med kontrastvärden på uppemot drygt 10 000:1 vilket beror på att de kan återge betydligt mörkare svärta än en "vanlig" DLP (runt 1500-2000:1) och framför allt en traditionell LCD (upp till 1300:1) utan iriskontroll. En projektor med ett kontrastförhållande på mer än 2000-3000:1 kommer dock garanterat inte att göra dig besviken när det gäller svärtbotten,

kontrast och dynamik... och däröver kan det bara bli bättre, så vida inte ljusflödet ligger på tusentals ansilumen, för då blir kontrastförhållandet högt i alla fall även om svartbotten är låg. Det optimala är en projektor med ett ljusflöde på runt 1000 ansilumen och en kontrast på 2000-3000:1 eller mer. Om kontrastförhållandet ökar utan att ljusflödet skjuter i taket så kan man med säkerhet säga att man pratar om extremt dynamiska bilder som kommer kunna återge även de mörkaste filmer med djup och dynamik.

Det KRÄVS hur som helst djup svärta för att få hög detaljrikedom även bland de mest subtila detaljer i de mest mörka scenerna (lågdagrar). Se exempel nedan...



Så här skall en bild med djup svärta och hög kontrast se ut. Lägg märke till alla detaljer i taket samt på väggarna och jämför sedan med bilden under som skall illustrera en bild med blek svärta låg kontrast!



Här kan man lätt se hur detaljer försvinner och suddas ut i den grå massa som representerar bildens svartbotten. Detaljerna från bilden ovan är så pass svaga att de kräver djupare svärta för att synas...

Ljus, färg och kulör

Ljus av olika våglängd är det vi detekterar med våra receptorer. Newton satte en lins och ett prisma i en solstråle och upptäckte att ett spektrum framträdde. Han drog slutsatsen att vitt ljus innehåller olika beståndsdelar som skiljer sig åt i någon egenskap, vilken gör att de olika ljusstrålarna framkallar olika reaktioner i ögat. Det vita ljuset består alltså inte av olikfärgade beståndsdelar, utan de olika delarna skiljer sig i någon annan egenskap (*våglängden*). Denna egenskap detekterar våra receptorer och sänder informationen vidare till syncentrat i hjärnan. Där tolkas de elektriska signalerna, och färg skapas. Färg finns således inte utanför vår hjärna.

”Färg är något vi ser” brukar man säga, men av ovanstående resonemang kan vi sluta oss till att så inte alls är fallet. Färg är något vi skapar i vår hjärna när vi tolkar mottagna intryck och skapar oss en bild av omvärlden, d.v.s. *perception*.

Vi ser ofta färg som en egenskap hos ett föremål eller hos ljus. Om vi ändrar omgivningsljuset så ändras även färgerna hos föremålen, hur kan då färg vara en egenskap. För en person som är färgblind eller har en kromatisk aberration, d.v.s. synförändring i färgseendet, ter sig färgerna annorlunda än för en person med normalt färgseende. Samtidigt kan man aldrig säga att två personer med normalt färgseende uppfattar ett föremål lika med avseende på dess färgegenskap. I dagligt tal talar vi dock om en röd bil, en grön gräsmatta o.s.v. Vi förknippar färgupplevelser med de föremål som avger den strålning som når våra ögon. Viktigt att påpeka är att vi aldrig kan fastställa hur en annan person fysiologiskt uppfattar färger runt omkring oss. Vår sociala bakgrund, vår miljö, uppväxt, uppfostran och liknande faktorer påverkar vårt sätt att tolka färger.

Det finns i många språk en svårighet att uttrycka sig korrekt om färg. Detta för att de erforderliga orden saknas. I det svenska språket gäller detta i allra högsta grad. Se jämförelse nedan.

Svenska	Engelska (am.)
<i>färg</i>	<i>colour, color (am.)</i>
<i>målarfärg</i>	<i>paint</i>
<i>färgämne</i>	<i>dye</i>
<i>nyans</i>	<i>shade, tone</i>
<i>hudfärg</i>	<i>complexion</i>
<i>tryckfärg</i>	<i>ink</i>
<i>färg (kortspel)</i>	<i>suit</i>
<i>(klang-)färg</i>	<i>timbre</i>

Ordet ”färg” används alltså inte bara i betydelsen ”färgupplevelse” utan även som *egenskap* hos det föremål som ger oss färgupplevelsen. I svenskan använder vi även ordet färg för att beteckna de kemiska ämnen vi använder för att färga eller infärga någonting, d.v.s. själva ”smeten” (*jfr. Vilken färg har målaren? Är han kines eller neger, eller har han röd färg med sig?*).

I det sammanhanget vi arbetar i, d.v.s. när vi arbetar med ljus och färg i vetenskapliga sammanhang, är det viktigt att komma ihåg att färg (även) är en förnimmelse som uppstår i vår hjärna som resultat av att elektromagnetisk strålning träffar och stimulerar våra receptorer i näthinnan, varvid en serie processer i nervsystemet startas med en färgförnimmelse som resultat.

Orden färgförnimmelse, färgupplevelse och färgpercept kan här användas som synonyma begrepp. Stimuli avser egentligen den elektromagnetiska strålningen, men används ibland även som beteckning för det föremål från vilket strålningen kommer.

Färgpercept

Precis som ljud ofta beskrivs i stil med ”det låter som” så bör även färg beskrivas med hjälp av de visuella färgupplevelsernas direkt iakttagbara egenskaper. Bland många andra var den tyske fysiologen *Ewald Hering* ledande inom detta område. Han fann att alla icke kulörta, d.v.s. grå, färger bildar en bipolär serie mellan ändpunkterna rent *svart* och rent *vitt*. Kring denna gråaxel finns färgcirklar med fyra rena färger, *gult (Y)*, *rött (R)*, *grönt (G)* samt *blått (B)*. Var och en av dessa saknar likhet med någon av de andra, även med vitt och svart. Därav kallade han dessa sex färger för *elementarfärger*, varav R, G, B och Y kallas de kulörta elementarfärgerna. Samtliga elementarpar står i opponentförhållande till varandra, således kan inte en färg vara röd-grön, utan blir då istället gulaktig. Övriga färger kan beskrivas med likhetsgraden färgen har med en eller flera av elementarfärgerna.

Hering kallade sin metod att beskriva färger för ”*Det naturliga färgsystemet*”. Färgsystemet vidareutvecklades senare i Sverige till att bli *NCS, Natural Color System*, vilket är en internationellt känd metod att beskriva färger. Metoden används bl.a. inom Schweiz, England och norden, främst inom design och arkitektur. NCS beskriver direkt färgens utseende i en given situation, t.ex. ett givet omgivningsljus.

Kelvinskalen

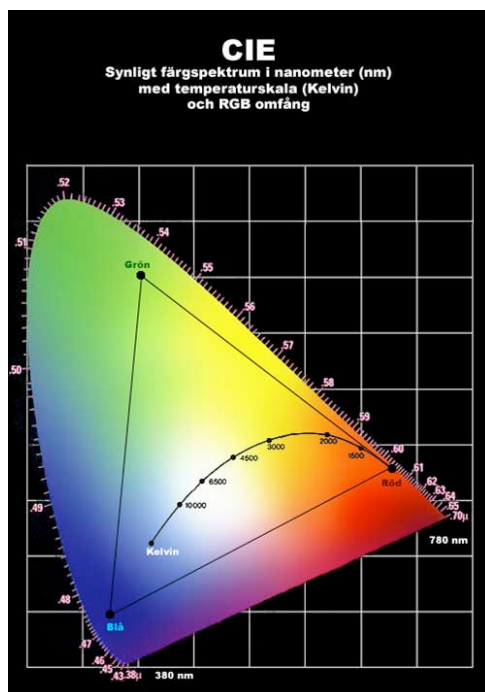


Färgernas temperatur mäts inom industrin med en temperaturskala som kallas Kelvin. Skalan bygger på ljusets påverkan av färgerna. En hög temperatur ger ett kallare, blåare omfång, medan en lägre temperatur ger ett varmare, rödare. Kelvinskalen härstammar från den upptäckt den brittiske fysikern *William Kelvin* gjorde på slutet av 1800-talet när han studerade hur en glödande bit kol gav ifrån sig olika toner av färg. En temperatur på *6500K* skall numera vara industristandard för ”normal” temperatur enligt CIE (se nedan), men det innebär dessvärre inte automatiskt att en projektor med denna färgtemperatur har korrekt färgbalans. Det är lätt att bara slänga in en siffra i ett menysystem ni känner till. Inte heller innebär det att alla människor accepterar detta som normal temperatur. Så enkelt är det tyvärr inte. Dessutom är vissa

projektorer som sagt missvisande då deras fabriksvärde för 6500K egentligen mäter som 4500-5500K, det vill säga alldeles för varmt vilket ger gulgrönbruna bilder i sepiaton.

Ljuset och dess temperatur har alltså en avgörande roll i hur vi uppfattar en viss kulör. Färgen på det infallande ljuset påverkar naturligtvis också vår uppfattning av föremålets eller ytans kulör, vilket man till exempel märker när man kör in i en gulbelyst vägtunnel eller bara kör på en gata på natten med gul vägbelysning. En yta kan alltså se ut att ha olika färger beroende på det infallande ljusets sammansättning av våglängder (det vill säga färg). Således är alltså också lampan i en projektor extremt viktig för hur bra projektorn kan återge färger. På grund av detta kan också två projektorer ur samma serie, från samma tillverkare, prestera olika bra på denna punkt, trots att de har samma inställningar. Det hänger alltså mycket på lampans kvalitet och ljustemperatur när det gäller hur bra en projektor kan återge färger. För en CRT-projektor motsvaras lampan av respektive rörs fosforlager och dess kvalitet.

Diagrammet nedan visar hela det för människan synliga färgspektrumet. Det är alltså samma spektrum som i diagrammet i stycket om ljus, fast nu utfört på ett för färgskalan mer komplett sätt. Diagrammet är utvecklat av CIE – Commission Internationale de l'Éclairage (Internationella Belysningskommissionen) och bygger på omfattande studier från tidigt 30-tal med undersökningar och forskning kring hur människor uppfattar de olika kulörerna i det synliga spektrumet.



Psykofysiska färgstimulusmätningar

Fram till mitten på 1800-talet existerade enbart en hypotes om tre olika typer av färgreceptorer som förklaring till färgseendet. Denna modell, eller hypotes, var framtagen av bl.a. Thomas Young. Flera forskare, Maxwell bland andra, hade dock studerat hur färgstimuli bestående av strålning med olika våglängd kunde kombineras till nya färgstimuli vilka uppfattas annorlunda.

Härav kunde forskaren *Grassmann* formulera sina lagar för *additiv stimulusblandning*:

1. För varje stimulus finns alltid en kombination av tre givna stimuli som ger samma färgupplevelse (förutsatt att inte någon av de tre kan ge samma färgupplevelse som en blandning av de båda övriga).
2. Om två par av stimuli ger lika färgupplevelser, t.ex. A och B samt C och D, ger också deras summor lika färgupplevelser, $A+C$ samt $B+D$.
3. Om två stimuli ger lika färgupplevelser ger också lika multipla delar av dem sinsemellan lika färgupplevelser.

Dessa lagar utgör grunden för den *psykofysiska färgstimulusmätningen*. Primärstimuli kan vara antingen monokromatiskt eller sammansatt, eftersom stimuli som ser lika ut fungerar lika i blandning, oavsett deras spektrala sammansättning.



När man i bildåtergivningssammanhang (TV, plasma-TV, LCD-TV, projektorer, osv) försöker skapa kulörer med hjälp av de tre grundfärgerna RGB utövar man en artificiell motsvarighet till naturens sätt att skapa färgförmimmelser. Om alla grundfärgerna lyser med samma styrka så bildas vitt ljus. Om alla är släckta samtidigt så blir det svart. Med olika intensitet dem sinsemellan uppstår en viss färgnyans, osv. Att blanda RGB på detta sätt för att skapa nya kulörer kallas additiv kulörblandning.



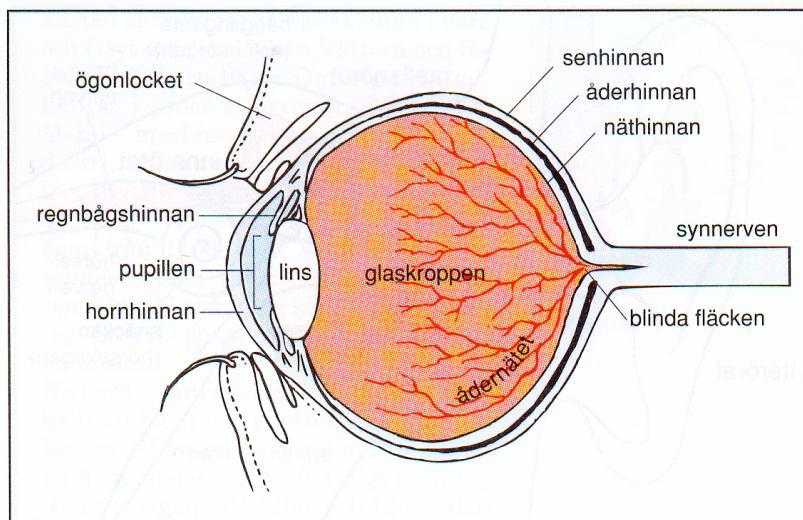
I trycksammanhang använder man dock tre andra kulörer än RGB. De kallas primärkulörer och är cyan, magenta och gul ihop med svart (CMYK). Detta system har inte alls lika stort omfång som RGB, men räcker ändå för att återge alla nödvändiga färger i tryck. Dessa färger kan även skapas via RGB-systemet genom att blanda två av de tre grundfärgerna. Rött och grönt blir gult, blått och grönt blir cyan, rött och blått blir magenta. I tryckprocessen används alltså CMYK för att filtrera det infallande ljuset som då reflekterar korrekt kulör ur den tillgängliga biten av färgspektrumet. Vad som händer är alltså att man tar bort våglängder från det infallande ljuset vilket lämnar kvar korrekt kulör. Processen kallas därför subtraktiv kulörblandning.

Det knepiga med färger och hur vi uppfattar färger är bland annat att det är olika för olika människor. Alla människor kan nämligen tyvärr inte uppfatta alla färger i det, enligt CIE, synliga

spektrat. En färg kan för en människa också upplevas som varm, ljus, intensiv, lugnande eller dylikt, medan en annan person faktiskt kan uppleva samma färg som kall, mörk och dyster. Hur olika färger uppfattas beror (förutom ovanstående redovisade fysikaliska lagar) även till stor del på betraktarens sinnesstämning, kulturella bakgrund, kön, ålder, hälsa, tidigare erfarenheter, mm. Vissa människor lider ju till och med av något så tragiskt som färgblindhet. Och djur ser för övrigt med största sannolikhet färger annorlunda mot vad vi människor gör!

Våra ögon

Våra ögon kan liknas vid en avancerad kamera med automatisk skarpeinställning och automatisk bländare. Ytterst har vi hornhinnan, vilken utgör ett skydd för de delar som ligger innanför. Härnäst kommer pupillen, iris, med den automatiska avbländningen som sköts av den s.k. ciliarmuskeln. Pupillens anpassning till olika ljusförhållanden kallas *adaption* (mekanisk adaption).



Innanför pupillen sitter linsen. Linsen sköter inställningen av skärpan, fokuseringen. Det är därför vi kan se bra på både nära och långt håll. Avståndsställningen kallas för *ackommodation*. När ljuset har passerat pupillen och linsen träffar det näthinnan, där det detekteras. På retinan, sitter ett skikt av ljuskänsliga celler förbundna med ett nervsystem och tillhörande blodförsörjande kärl, våra receptorer. Vi har två huvudtyper av receptorer, *tappar* och *stavar*.

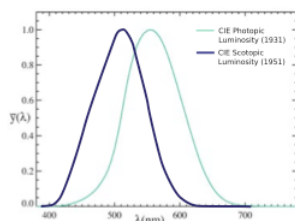
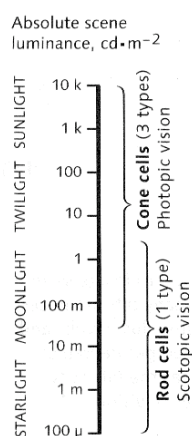
Tapparna är koncentrerade till den s.k. *gula fläcken* och finns av tre slag. Dessa har sinsemellan olika *spektral absorption* p.g.a. olika *fotopigment*, kemiska ämnen som finns i tapparna. Detta gör att tapparna är känsliga för rött, grönt och blått ljus, vardera en tredjedel av det för oss synliga spektret. Detta är grunden till vårt färgseende. Tapparna sörjer även för detaljseendet i synfältet rakt fram. Tapparnas känslighetskurvor överlappar varandra med

maxima vid 448 nm, 528 nm och 567 nm, dvs. B, G och R. Maxima för tapparnas känslighetskurvor stämmer nästan exakt överens med solens intensitetsmaximum, ett intressant bevis för vårt synsinnes biologiska anpassning till den miljö vi lever i, eller är det solen som har anpassat sig efter oss?

Stavarna finns det betydligt fler av, och dessa sitter utspridda över större delen av näthinnan. Stavarna är betydligt mer ljuskänsliga än tapparna, dock är alla stavar spektralt lika, vilket gör att dom inte kan skilja olika våglängder åt. Stavarna sörjer således för vårt mörkerseende (på natten är alla bilar grå) och vårt indirekta sidoseende, det perifera seendet.

Dag- och mörkerseende

Vår syn kan hantera en otrolig spännvidd av ljusförhållanden, alltifrån stjärnljus på natten till solljus mitt på dagen vilket i luminans motsvarar från ca $100\mu\text{ cd/m}^2$ till ca $10\,000\text{ cd/m}^2$. För att hantera detta arbetar tapparna och stavarna inom olika områden på skalan. Stavarna, som är de mest ljuskänsliga, arbetar mellan $100\mu\text{ cd/m}^2$ till ca 3 cd/m^2 . Det är detta som vi kallar mörkerseende (scotopic vision). Som nämnts ovan är stavarna monokromatiska vilket gör att vi inte har något färgseende på natten. Tapparna å sin sida är känsliga för luminans mellan $0,01\text{ cd/m}^2$ och $10\,000\text{ cd/m}^2$ d.v.s. vårt dagsseende (photopic vision). Området mellan $0,1$ och 3 cd/m^2 kallas för skymningsseende (*mesopic vision*) och här arbetar både stavar och tappar. Det är ovisst hur pass mycket stavarna påverkar färgseendet vid dessa luminansnivåer men det bör påpekas att stavar och tappar har olika känslighetsmaxima för olika våglängder. Stavarnas maxima ligger vid ca 500 nm våglängd medan tapparna har sitt maxima närmare 600 nm . Detta kan förändra kontrastförhållandet för vissa färger vid luminanser vid skymningsseende. Ett exempel på detta är *Purkinje* effekten. Om man tittar på en röd ros i dagsljus upplevs rosen färgstarkare än löven, medan vid skymning så är upplevelsen det motsatta. Eftersom luminansförhållandena vid biografer och TV tittande ofta ligger inom detta område kan det vara av vikt att noggrannare undersöka effekterna.



Anpassning till ljusförhållanden

Trots att vår syn kan hantera ett så stort luminansområde klarar den bara av ett mindre område åt gången. Beroende av ljusförhållandena ändrar iris pupillens diameter mellan 2mm och 8mm. Dessutom pågår en fotokemisk process i tapparna och stavarna som gör att dessa blir mer eller mindre känsliga för luminansen. Anpassningen till mörker tar mycket längre tid än anpassningen till ljus. Att tex. komma in i en mörk biosalong från dagsljus tar några minuter att anpassa sig till medan anpassningen till dagsljus när man kommer ut går fortare. Anpassningen har också att göra med var vi fokuserar blicken. Vårt omfång

förändras alltså med var på bioduken vi tittar och det luminansomfång som visas där.

Flimmerkänslighet

Vår upplevelse av ljusmodulation (en periodisk variation i ljusstyrka med tiden) kallas flimmer och är således i princip visuellt, dvs. vi kan detektera det med vårt synsinne. En viktig fråga är dock om vi även påverkas av ljusmodulation som vi inte visuellt uppfattar, t ex när den har en tillräckligt hög frekvens för att tolkas av oss som ett kontinuum. Vi har här valt att kalla detta för icke visuellt flimmer (uttrycket sublimat flimmer används ibland). Gränsen mellan visuellt och icke visuellt flimmer beror, som diskuteras i senare avsnitt, på en rad faktorer som beskriver ljusexponeringens karakteristik, andra externa omständigheter och individfaktorer. Den kritiska flimmerfrekvensen (på engelska Critical Flicker Fusion eller Critical Flicker Frequency, CFF) är ett sätt att beskriva denna gräns. Metoden innebär att testpersonen exponeras för ett flimrande ljus med en viss frekvens som gör att ögat uppfattar det som flimrande, varefter frekvensen ökar tills ljuset uppfattas som ett kontinuerligt ljus. Den frekvens vid vilken detta sker kallas CFF. Normalt sänker man sedan frekvensen för att bestämma vid vilken frekvens som det visuella flimret återuppstår – man kan då tala om upp- och nedåtgående flimmer. Försöksbetingelserna är här av mycket stor betydelse. En viktig faktor är att människans förmåga att detektera flimmer är lägre i det centrala än i det perifera seendet, vilket gör att den ljusa ytans utsträckning och placering i förhållande till synriktningen kan kraftigt inverka på resultaten. Exponeringskammarens utformning och belysning i övrigt, hur ljuspulsen genereras, ljuspulsens form och inte minst vilken färg, dvs. våglängd och efterlysningstid pulsen har är andra omständigheter som kan göra att CFF-värdena varierar. Detta medför stora svårigheter att jämföra absolutvärdet för CFF mellan olika studier. CFF används i studier som ett mått på graden av centralnervös påverkan. Som tidigare sagts påverkas CFF av en rad yttre stimuli varför det kan vara svårt att tolka resultaten och specifikt relatera förändringar i CFF till exempelvis mental trötthet. En sänkning av CFF innebär en ökad mental trötthet.

Färgseendet

När en fysisk orsak i vår omgivning skapar stimulus vilket träffar våra receptorer på retinan startar en komplicerad process indelad i två steg. Först sker en *fysiologisk reaktion* i ögat varvid ljusets energi omvandlas till en (elektrisk) nervimpuls. Denna nervimpuls tolkas sedan av syncentrat i hjärnan, d.v.s. en *psykologisk utvärdering* utförs. Denna psykologiska utvärdering består i sin tur av två delar, en medveten del och en omedveten del, vår hjärnas signalbehandling.

Den fysiologiska delen i ovanstående är den minst utforskade. Sambandet mellan stimulus och percept är dock bättre utforskat, bl.a. med hjälp av en psykofysisk teknik med vilken man har

lyckats simulera den fysiologiska aspekten på färgseendet. Denna teknik ligger till grund för praktiskt taget all mätning av färgstimuli.

Receptorernas fysiologiska respons på retningen från en fysisk strålningsstimulus är ett komplicerat mönster av elektriska pulser, vilka bearbetas i ett nätverk av s.k. bipolära celler. Här omvandlas alla inkommande signaler enligt vissa mönster innan signalerna skickas vidare till syncentrum. R- och G-signalerna jämförs med varandra för att ge information om färgens läge på en röd-grön skala. R- och G-signalerna adderas också till varandra och ger på så sätt en gulsignal. Denna gulsignal jämförs därefter med B-signalen och därigenom erhålls en position på den gul-blå skalan. Tillsammans bygger alla signalerna även upp en position på den svart-vita skalan. Till syncentrum transporteras således tre opponenta signaler, rött/grönt, blått/gult samt vitt/svart.

Syncentrums signalbehandling

När dessa signaler når syncentrum tar syncentrums signalbehandling vid. Den fysisk-optiska kvaliteten hos en bild som ges av ett betraktat föremål är mycket låg. Detta beroende på ett flertal faktorer, bl.a. det faktum att de nervceller som registrerar bilden är vända från linsen på ögonlobens vägg vilket gör att de avbildade strålnippena måste passera genom näthinnans nätverk av nervtrådar och blodkärl. Detta märker inte vi, utan vi uppfattar synen som mycket bättre än den egentligen är. Det som gör att vi upplever det så är syncentrums omedvetna signalbehandling och de korrektioner som görs. Vi kompenserar alltså bristerna i informationen från näthinnan med omedveten tankekraft. Det är också den huvudsakliga orsaken till varför nyfödda har starkt begränsad syn, syncentrum har inte hunnit "programmeras" ännu.

Ett annat exempel på syncentrums omedvetna korrektioner är att vi inte är medvetna om den blinda fläckens existens, alltså det område där synnerven passerar näthinnan. I blinda fläcken saknas helt receptorer, och informationen skapas istället genom interpolering, d.v.s. tillägg av icke existerande information genom analys av intilliggande information. Även en viss psykologisk, minnesmässig signalbehandling hjälper till genom att hämta minnesbilder ur hjärnan med information om vad vi sett tidigare i liknande situationer osv.

Att vi ser världen runt omkring oss rättvänd och inte upp och ned är även det ett exempel på syncentrums omedvetna signalbehandling. Under 60-talet gjordes ett intressant försök med soldater ur den amerikanska armén där ett antal försökspersoner fick bära speciella glasögon som vände allt de såg upp och ned. Efter ca två veckor såg soldaterna världen omkring sig som rättvänd igen, trots glasögonen.

Vi förändrar även vårt synsinne till rådande belysningsförhållande rent psykologiskt. Oberoende av den absoluta luminansnivån förser hjärnan oss i varje ögonblick med

en för miljön anpassad ljushetsskala från svart till vitt. Vid en fotometrisk mätning har morgontidningars trycksvärta högre luminans i dagsljus än kvällstidningarnas vita papper under skenet av aftonlampan, men vi uppfattar det inte så. Även kromatiskt sker en viss omedveten korrektion hos syncentrat. T.ex. uppfattar vi alltid tidningspapper som vitt och apelsiner som orange, oberoende av omgivningsljus (under normala förhållanden). Denna kromatiska adaption hjälper oss att orientera i omgivningen.

Det samband som råder mellan stimulus och percept är komplicerat. Det kan förekomma fall där olika stimuli ger lika percept och lika stimuli ger olika percept. Dessa fenomen heter *metameri* (färgkonstans) och *induktion* (efterbilder). Färgseendet påverkas även av mer eller mindre medvetna psykologiska faktorer, t.ex. minnesbilder, vi ser det vi förväntar oss att se.

Video

Inledning

I alla tider har människan velat avbilda händelser de varit med om. Allt ifrån stenålderns grottmålningar som skildrade storslagen jakt eller stamkrig till dagens multimediala uttryck i konst, film, video, audio etc. Genom tiderna har konstnärers sätt att skildra sin omgivning vare sig den är abstrakt eller inte i huvudsak skilt sig genom de olika teknologier och verktyg som tidsepoken erbjudit. Traditionell konst har mer och mer fått ge vika för installationskonst, film har fått ge vika för video etc. Uttrycken är de samma det är bara uttrycksmedlen som ändras. Det som tekniken inneburit är främst att konstnären snabbare kan nå sitt resultat. Från det då konstnären fick avbilda sitt motiv med hjälp av pensel och färg till kamerans intåg under 1800-talets senare hälft och nu den digitala teknikens direkta resultat. Den digitala tekniken har gjort det möjligt för alla att med professionell kvalitet på teknik och med världstäckning sprida sina alster vare sig de är i form av skrift, bild, ljud eller video. De filter som stora distribution- och produktionsbolag utgör kommer mer och mer suddas ut och ge plats för en mer universell gallring av information tack vare internet. Men publiken har blivit alltmer kräsen och de verk som låter sig exponeras kommer obönhörligen att jämföras med det bästa i sin genre. Skillnaden blir dock att den breda publiken gallrar istället för några få människor i distributionsbolagen.

Videosignalen

Ögats upplösningsförmåga är förmågan att urskilja små detaljer i en bild och avgörs av nervcellernas täthet i den gula fläcken. Totalt kan en människa urskilja ca 100 000 detaljer i en bild samtidigt men eftersom man normalt fixerar en del av en bild under mycket kort tid hinner ögat med att se betydligt mer. Informationen förs över till syncentrat via synnerven som kan liknas vid en kabel med 100 000 ledningar. Receptorerna för alltså över informationen parallellt. Förmågan att fixera delar av bilden avgör den övre gränsen för skärpekravet i en bild.

Precis som i ögat delas videobilden upp i ett stort antal små delar, s.k. bildelement. Dock är antalet en bråkdel av de receptorer som sitter i ögat. En SD TV-signal (Standard Definition) innehåller ca 250 000 bildelement (se tabell). Dessa är uppdelade i ett linjemönster, från bildens övre vänstra hörn och sedan linje för linje ner till bildens nedre högra hörn.

Tabell 6-1

Media	Antal bildelement
8 mm film	50 000
16 mm film	200 000
35 mm film	1 000 000
TV med 625 linjer	250 000
TV med 1 250 linjer (högupplösn.)	500 000
Amatörvideo 230 linjer	140 000
Super-VHS 400 linjer	240 000

En annan skillnad är att videosignalen överförs seriellt, inte parallellt som i ögat. Bildelementen överförs efter varandra i tidsföljd. Man kan göra liknelsen med ett oskrivet blad som författaren skriver bokstav för bokstav. Till sist är hela bladet fullt och vi kan läsa innebörden. Varje bokstav och mellanslag motsvarar ett bildelement. Givetvis går händelseförloppet i videosignalen otroligt mycket snabbare och i och med att bildskärmen har en viss *efterlysningstid* ligger bildelementen kvar och skapar en hel bild så vi märker inte att de radas upp efter varandra. Det förlopp som jag just beskrivit kallas för *avsökning* och handlar alltså om att dela upp en bild i linjer och bildelement.

Linjetal

Givetvis är det så att ju fler linjer desto bättre kvalitet på bilden. Men av tekniska och ekonomiska skäl har vi en övre gräns, den undre gränsen sätts av ögat. Vi vill ju inte att linjerna ska synas vid normalt betraktelseavstånd. Vad som är normalt brukar anges som ca 5ggr höjden av bildrutan. Beroende på TV system så skiljer sig linjeantalet åt. I Sverige har vi t.ex. en standard på 625 linjer, i USA har man 525 och i Frankrike 819 linjer.

Bildfrekvens

De egenskaper hos ögat som är viktigast då bildinformation ska anpassas till synsinnet är *phifenomenet* och ögats *flimmerkänsligheten*.

Ögats flimmerkänslighet får avgöra det minsta antalet bilder per sekund som måste projiceras för att undvika flimmer upplevelse. Normalt är detta omkring 40 bilder /sek. Näthinnans nervceller och synnerven till hjärnan har en viss tröghet som utnyttjas av alla bildmedia för rörlig bild. Ögats tröghet gör att bilder som projiceras efter varandra ligger kvar en stund på näthinnan. Om dessa inte har för stor inbördes skillnad och förändras minst 16 gånger per sekund upplever vi det som en kontinuerlig rörelse. Detta fenomen kallas för *PHI-fenomenet*. Men för att klara av flimmerkänsligheten ökar vi denna frekvens på lite olika sätt till att ligga över 40 bilder per sekund.

Standarden för ljudfilmen sattes till 24 bilder/sek p.g.a. ljudets begränsningar. För att övervinna flimmerkänsligheten visas varje bild 2 gånger, vilket ger 2×24 bilder/sek d.v.s en frekvens på 48Hz. På så sätt klarar vi både phi fenomenet och flimmerkänsligheten. I TV system fick man interferensproblem med nätfrekvensen vid 24 bilder/sek och satte standarden till 25 bilder/sek som är en multipel av nätfrekvensen på 50Hz. På så sätt blev interferensproblemen mindre påtagliga. I USA som har en nätfrekvens på 60Hz har man en bildfrekvens på 30 bilder /sek. Även i TV var man tvungen att öka bildfrekvensen för att undgå flimmer. I TV har man löst problemet genom att visa två *delbilder* med en hastighet av 50 delbilder/sek vilket då ger 25 helbilder/sek. Mer om detta senare.

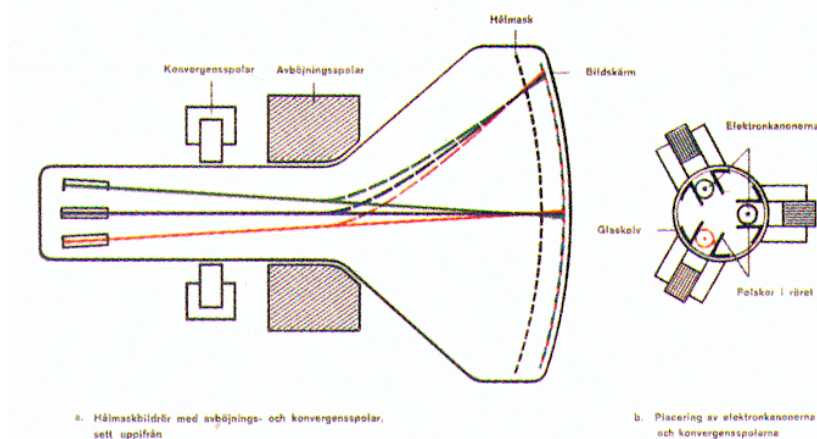
Analog signalgenerering

I analoga videokameror finns ett s.k. *vidikonrör* vars uppgift är att omvandla en optisk bild till elektrisk signal. Vidikonen består av en glaskolv som i ena änden har en elektronkanon och i andra änden en laddningsplatta. Elektronkanonen består i huvudsak av en katod som frigör elektroner då den upphetas samt en accelerationselektrod som tvingar elektronerna att med hög hastighet förflytta sig framåt. I rörets främre del träffar elektronstrålen en laddningsplatta. Denna består av ett fotokonduktivt material som kan vara av antimontrisulfid eller selen. Gemensamt för dessa ämnen är att då de belyses ändras dess ledningsförmåga. Vid låg belysning så har ämnet ett högt motstånd medan ju starkare det belyses så minskar motståndet och det släpper igenom mer ström. Framför laddningsplattan finns ett tunt metallskikt, den s.k. signalelektroden. Genom att lägga en positiv spänning på denna kommer elektronerna från elektronkanonen att attraheras och vi får en ström genom laddningsplattan. Om vi nu via en lins belyser laddningsplattan så kommer denna att få olika motståndsvärden som står i proportion till det infallande ljuset. När så elektronstrålen söker av laddningsplattans yta så kommer signalelektroden att erhålla en ström som står i proportion till motståndsvärdet i laddningsplattan och alltså i proportion till det infallna ljuset i just den punkten. De spänningsvariationer som uppstår över R till följd av strömmen genom belastningsmotståndet kan sedan via kopplingskondensatorn C användas som en elektrisk representation av den optiska bilden, alltså en videosignal.

Bildröret

Det omvända gäller bildröret. Den ska ur den variabla elektriska ström, som videosignalen är, alstra en optisk bild som motsvarar den som vidikonröret läst av. Den bakre delen av bildröret påminner mycket om vidikonröret. Den består även den av en elektronkanon, d.v.s. en katod och en accelerationsanod. Men här finns även styrgaller och fokuseringsanod. Den främre delen av bildröret är konformad och avslutas med en rektangulär skärm. Här finns en högspänningsanslutning till accelerationsanoden, ett fosforescensskikt och en tunn aluminiumhinna. Aluminiumhinnan

är till för att reflektera ljuset ut från skärmen och ger både bättre ljusflöde samt kontrast. En annan effekt skiktet har är att skärmen skyddas mot de negativa joner som finns med i elektronstrålen. Fosforescensskiktet lyser upp då det träffas av elektronerna och styrkan på ljuset är proportionell mot elektronstrålens intensitet. En skillnad mot fluorescens är att fosforescens har en efterlysningstid vilket i bildrörssammanhang har den positiva effekten att bildpunkterna ligger kvar medan bilden ritas upp av elektronröret. Vanliga ämnen för fosforescensskiktet är zinksulfid som ger ett blåaktigt ljus och zinkkadmiumsulfid som ger ett gulaktigt ljus. Elektronstrålen som alstras av elektronkanonen styrs sedan av avlänkningsspolarna till en svepande rörelse över skärmen som motsvarar vidikonens avsökning. Intensiteten styrs av styrgallret som fungerar som en ventil och reglerar elektronernas hastighet i relation till videosignalens nivå. När sedan elektronerna träffar fosforescensskiktet omvandlas dess förelseenergi till ljus.



Bildsignalalstring och reproduktion

För att lättare förstå signalflödet från vidikonen till bildröret ska vi ta ett enkelt exempel. Vi börjar med ett motiv bestående av tre vertikala fält, vitt, svart, vitt. Varje linje som vidikonen söker av kommer då att vara exakt lika, vi kan alltså betrakta vilken godtycklig linje som helst och få samma resultat eftersom de signalmässigt ser lika dana ut. Eftersom signalnivån som genereras av kameran är proportionell mot det infallande ljuset i varje punkt som avsökes kommer de vita partierna att generera en maxnivå på signalen och de svarta en minnivå. I vårt exempel kommer vi alltså att få en fyrkantsvåg som pendlar mellan min och max beroende på ifall det är ett vitt eller svart fält som avsökes.

Om nu elektronstrålarna i kameran och bildskärmen rör sig synkront och startar samtidigt uppe i vänsterkant med exakt samma hastighet kommer bildröret att återge den optiska bild som kameran registrerar. Signalnivån som alstras i varje punkt hos vidikonen styr sedan styrgallret i bildröret till att ge elektronerna en hastighet som motsvarar denna energi, linje för linje. När alla linjer ritats upp efter varandra kommer den sammantagna helheten att

vara en identisk bild av det optiska motivet som kameran registrerar. Att vi uppfattar bilden som en helhet trots att den ritas upp linje för linje tidsmässigt efter varandra beror på ögats tröghet samt den efterlysningstid fosforescensskikt har.

Utifrån detta är det lätt att inse att för att bildpunkterna ska hamna på rätt ställe måste elektronstrålen i bildröret börja på samma ställe som vidikonröret samt skicka rätt energimängd i rätt ögonblick tidsmässigt. Vi behöver alltså synkronisera videosignalen på något sätt.

Släckpulser

Digital signalgenerering

CCD-sensorn arbetar i tre steg;

- Omvandling från ljus till elektrisk laddning
- Lagring av elektrisk laddning
- Tidstyrd transport av laddning

Bildupplösningen bestäms av antalet bildelement. Dessa sitter ordnade i ett koordinatsystem.

För att ett optiskt färgfilter inte ska minska upplösningen i för stor utsträckning används en metod som kallas *mellanlinjeöverföring*.

.....fortsättning

följer