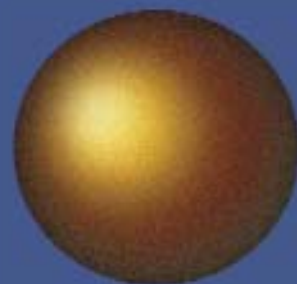


- KUNSKAPSÖVERSIKT 2007 -

LJUS / FÄRG

och deras samverkan i rummet



Karin Fridell Anter

SE  RUM

Förening för ökad kunskap om färg och ljus

Karin Fridell Anter är docent och arkitekt SAR/MSA med specialinriktning på färgfrågor. Hon är verksam inom konsultföretaget Explicator AB, www.explicator.se.

Arbetet har bedrivits med stöd från Bertil och Britt Svenssons stiftelse för belysningsteknik. Bearbetning för digital publicering har gjorts med stöd från Alcro-Beckers AB och Explicator AB.

NCS - Natural Color System[®] tillhör Skandinaviska Färginstitutet AB, Stockholm 2008. Referenser till NCS[®] i denna publikation sker efter godkännande av Skandinaviska Färginstitutet AB.

Parallellt med denna kunskapsöversikt publiceras en annoterad bibliografi över aktuell svensk litteratur om ljus och färg (ISBN 978-91-977802-1-6)

Kunskapsöversikt 2007: Ljus, färg och deras samverkan in rummet
(C) Föreningen SE RUM och Karin Fridell Anter
Grafisk form: Nora Anter
Omslag och figurbearbetning: Ulf Klarén

SBN 978-91-977802-0-9
SE RUM - Förening för ökad kunskap om färg och ljus, Stockholm, 2008
c/o Ulf Klarén, Metkroken 4, 193 41 Sigtuna
ulf.klaren@konstfack.se

SE  RUM

Förening för ökad kunskap om färg och ljus

Ljus, färg och deras samverkan i rummet

Innehåll

1. Inledning	s. 4
2. Vad menas med ”ljus” och ”färg”?	s. 5
2.1 Strålning	
2.2 Fysiskt mätbart ljus och färg	
2.3 Visuellt uppfattat ljus och färg	
2.4 Begreppen används inte entydigt	
2.5 Slutsatser	
3. Ljus och färg i den byggda miljön. Branschkunskap och forskningsresultat.	s. 13
3.1 Ljuskällans färg och ljusfärgen i rummet	
3.2 Hur påverkas färgen av ljuset?	
3.3 Hur påverkas ljuset i rummet av ytornas färger?	
3.4 Ljus, färg och rumsupplevelse	
3.5 Ljus, färg och människors välbefinnande	
3.6 Slutsatser	
4. Pågående forskning om färg och ljus i rumsliga sammanhang	s. 22
4.1 Viktiga frågor i internationell färg- och ljusforskning	
4.2 Forskning vid nordiska universitet och högskolor	
4.3 Utvecklingsarbete inom färg- och belysningsindustri	
4.4 Slutsatser	
5. Ljus- och färgsättning i praktiken	s. 28
5.1 Vem väljer färger och ljus?	
5.2 Projektörernas kunskaper om färg och ljus	
5.3 Slutsatser	
6. Om forskningsbehovet	s. 30
7. Övriga åtgärder, förslag	s. 31
8. Referenser	s. 32

Bilagor

1. Utbildningar som tar upp ljus och färg
2. Organisationer, företag och andra som arbetar med ljus och färg

1. Inledning

Färg och ljus i samverkan skapar vår visuella uppfattning av rum, både i den tredimensionella världen omkring oss och i tvådimensionella bilder och mönster. I vår formgivna kultur analyseras och diskuteras varje fysisk miljö och varje föremål eller bild ur färg- och ljussynpunkt. Färgen och ljuset i den byggda miljön påverkar våra upplevelser och känslor, vår komfort och vårt fysiologiska välbefinnande. Det omgivande rummets färger påverkar ljusupplevelsen och behovet av belysning, samtidigt som belysningens intensitet, kvalitet och placering är avgörande för hur vi ser och upplever rummets färger; även utomhus, och i invändiga dagsljusbelysta rum sker en motsvarande ömsesidig påverkan mellan färg och ljus.

Samtidigt är kunskapen om samverkan mellan färg och ljus fragmenterad, vilket gör det svårt att få en helhetsbild av området. Mot denna bakgrund har föreningen SE RUM (tidigare namn Visuella Världar) tagit initiativet till denna kunskapsöversikt, som bekostats med medel från Bertil och Britt Svenssons stiftelse för belysningsteknik. Översikten utgår från svenskspråkig litteratur och övrig kunskap som finns samlad inom svenska företag, utbildningsinstitutioner och forskningscentra. Den speglar också forskningssituationen i våra nordiska grannländer och redovisar vissa internationella forskningsrön, dock utan ambitionen att vara heltäckande.

Kunskapsöversikten behandlar färg och ljus i rumsliga sammanhang ur perceptuella och upplevelsemässiga aspekter. Detta leder ibland över till angränsande frågeställningar, t.ex. tekniska frågor om belysningsekonomi eller vårt synsinnes neurofysiologiska / psykologiska mekanismer. Avsikten är dock inte att närmare behandla sådana frågor, och inte heller frågeställningar av konstvetenskaplig, arkitekturhistorisk eller rent konstnärlig karaktär.

Kunskapsöversikten är tänkt att utgöra underlag för formulering av nya forskningsprojekt inom området. Den är samtidigt tänkt att kunna användas i samband med utbildning, informationsverksamhet och opinionsbildning kring dessa frågor. Texten är skriven för människor som har ett professionellt intresse av färg – ljus – byggande. Många av de tilltänkta läsarna är därmed specialister inom något av de delområden som behandlas, men få av dem torde ha en heltäckande kunskap om hela det breda område som berörs i samverkan mellan ljus och färg. Därmed kommer de flesta läsare att finna vissa avsnitt elementära medan andra delar av texten förhoppningsvis tillför ny förståelse och visar på hittills osedda samband.

Arbetet med kunskapsöversikten har också resulterat i en annoterad bibliografi, som presenteras som ett separat dokument.

Arbetet har genomförts under 2007. Huvudansvarig har varit docent Karin Fridell Anter. Jakob Behaya, studerande vid Konstfack och KTH-Arkitektur, har medverkat som assistent i avsnittet Ljus- och färgsättning i praktiken och inventeringen av utbildningar som tar upp ljus och färg (bilaga 1). Delar av arbetet bygger på samtal med Ulf Klarén och Anders Winell vid Perceptionsstudio på Konstfack, Lennart Nilsson, Lars Svensson och Ann-Charlotte Linde på Akzo Nobel, Anders Gustafsson på Alcro-Beckers, Leif Berggren på Philips och Anders Nilsson på Färginstitutet. Professor Jadwiga Krupinska har bidragit med värdefulla synpunkter, och kunskapsöversikten som helhet har diskuterats av styrelsen i föreningen Visuella Världar/SE RUM. Varmt tack för all hjälp! För eventuella felaktigheter och luckor i slutversionen ansvarar ingen annan än jag själv.

Uppsala april 2008

Karin Fridell Anter

2. Vad menas med ”ljus” och ”färg”?

När vi ser världen omkring oss gör vi det som seende varelser. Våra ögon nås och påverkas av elektromagnetisk strålning inom ett visst våglängdsområde, men vad vi ser beror på mycket annat än strålningens egenskaper.

När vi sedan talar om *ljus* och *färg* kan vi mena en hel rad olika saker, beroende på om vi lägger tonvikten vid strålningen, synsinnets funktion eller den tolkande och upplevande människan. Med utgångspunkt från dessa olika synsätt diskuteras nedan viktiga begrepp tillsammans med de metoder och instrument som används för att mäta respektive storhet. Ordet *färg* har i svenska språket dessutom betydelsen ”målarfärg” eller ”färgmaterial” (engelska *paint*) men här bortser vi från både detta och från betydelsen ljus= stearinljus och diskuterar de betydelser som på engelska kallas *colour* och *light*.

2.1 Strålning

Solen och alla andra ljuskällor sänder ut elektromagnetisk strålning, varav en del faller inom det område som kan utgöra stimulus för synintryck. Ofta kallas denna strålning, med våglängder mellan c:a 400 och 780 nm, för *synlig strålning*, men detta begrepp är omstritt eftersom strålningen som sådan inte är synlig. (Liljefors 2003, 2006) I våra ögon finns receptorer (tappar och stavar) som reagerar för strålning inom detta område och sätter igång den fysiologiska process som leder fram till att vi ser. Där finns också receptorer som i stället ger impulser för bl.a. utsöndring av sömnhormon. Dessa receptorer (”tredje receptorn”) reagerar på strålning inom samma område som tapparna och stavarna men har en känslighetskurva som skiljer sig markant från deras (se vidare nedan).

Strålningen – oavsett om den kallas synlig eller ej - är en fysikalisk företeelse och ljus uppstår först när strålningen värderats av ögat och hjärnan – se vidare nedan. (Starby 1992, 2006). De storheter som har samband med strålningen kallas radiometriska och deras beteckningar har alla suffixet e.

Strålningsflödet Φ_e är den effekt som sänds ut, överförs eller tas emot i form av strålning. Måttenheten är watt (W = Joule/sekund) eller milliwatt (mW).

Strålningsstyrkan I_e är strålningsflödet per rymdvinkelenhet.

Måttenheten är watt per steradian (W/sr)

Irradians E_e kallas av Starby (2006 s 112) för strålningseffekt, men borde väl med en strikt tolkning kallas strålnings-effekt per m². Måttenheten är watt/ m².

Strålningsstäthet eller *radians* L_e anges av Starby (2006 s 117) som strålningsstyrkan per rymdvinkelenhet, men den måttenhet som anges av Starby innebär att strålningsstäthet = strålningsstyrka per kvadratmeter. Måttenheten är W/sr • m².

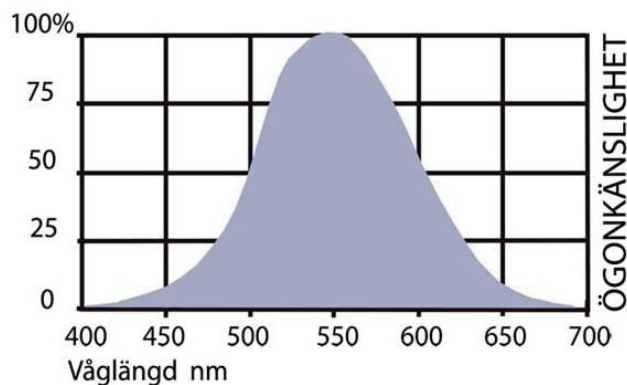
Det instrument som mäter ljusstrålningens energi vid olika frekvenser/våglängder kallas *spektrometer*: Energin registreras i smala band, ned till 0,25 nm. (Hjertén et al. 2001 s.106)

2.2 Fysiskt mätbart ljus och färg

Den strålning som når våra ögon härrör ytterst från en eller flera ljuskällor men har normalt reflekterats och transmitterats ett flertal gånger. Ögats receptorer har olika känslighet för olika våglängder, vilket innebär att ett och samma strålningsflöde, uttryckt i watt, ger helt olika mängd ljus beroende på våglängderna. Detta brukar visas i en kurva över ögats känslighet vid fotopiskt seende (Figur 1), ofta kallad $V(\lambda)$ -funktionen (v-lambda). Denna kurva har standardiserats av den internationella belysningskommissionen CIE för att representera ögats spektralkänslighet, men representerar endast medelvärden för normalt seende. (Tonnquist 1995 s.56), (Wright 1969).

För att mäta ljus och belysning har man skapat *fotometriska* enheter, som bygger på att den strålning som når ögat multipliceras med – vägs mot – ögats känslighet för de ingående våglängderna, så som det visas i v-lambda-kurvan. Detta tillvägagångssätt bygger på antagandet att vårt synsinne arbetar genom att addera impulser från strålning av olika våglängder, ett antagande som dock är omstritt (samtal med Anders Liljefors, juni 2007).

De fotometriska enheterna säger ingenting om strålningen som sådan. Deras syfte är i stället att kvantifiera det ljus strålningen ger upphov till i mötet med ett mänskligt öga. Genom användningen av v -lambda-kurvan är de fotometriska enheterna definierade för så kallat dagsseende (*fotopiskt seende*), då ögat använder de receptorer som kallas *tappar*. Vid svagt ljus används i stället de receptorer som kallas *stavar*, och känslighetskurvan för nattseende (*skotopiskt seende*) är en annan än för dagsseendet. Mellan dag- och nattseendet finns skymningsseendet (*mesopiskt seende*) där vi utnyttjar både tappar och stavar.



Figur 1. Ögats förmåga att omvandla strålningsenergi till ljus varierar med våglängden. $V(\lambda)$ -kurvan. Efter Starby 1992.

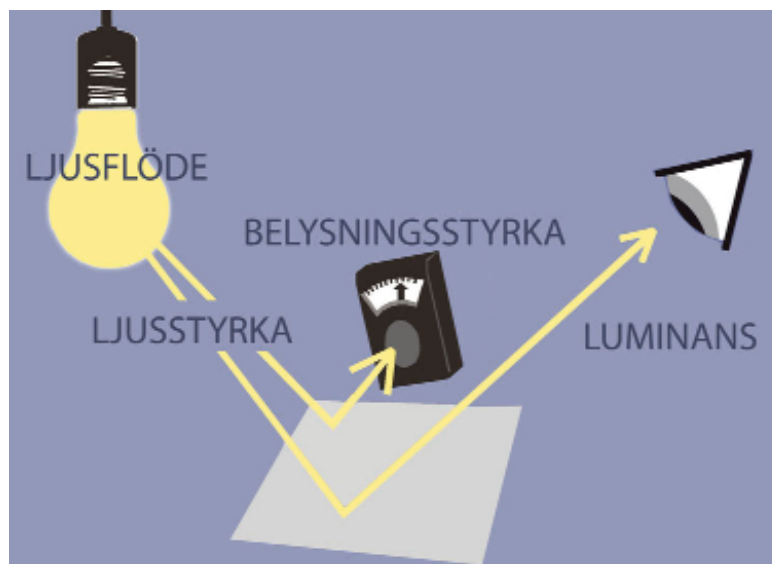
De fotometriska enheterna, som ligger till grund för belysningsplaneringen, uttrycker alltså inte den enskilda människans ljusupplevelse i den specifika situationen, utan utgör en sorts medelvärden som går att mäta fysiskt. Starby ger följande definitioner:

Ljusflödet Φ är den mängd ljus som en ljuskälla avger, alltså det flöde som erhålls när strålningsflödet värderats mot ögats känslighet för dagsseende. Måttenheten är lumen (lm).

Ljusstyrkan I visar med vilken intensitet ljuset riktas åt olika håll och beräknas som ljusflödet per rymdvinkelenhet. Måttenheten är candela (cd), där 1 cd ungefär motsvarar ljusstyrkan hos ett stearinljus.

Belysningsstyrkan E är ett mått på hur mycket av det riktade ljuset som faller på varje kvadratmeter av en belyst yta. Måttenheten är lux (lx) där 1 lux = 1 lumen per kvadratmeter.

Luminansen L kallas också ljusstäthet och anger hur mycket ljus som reflekteras mot våra ögon från en belyst yta. Det uttrycks i candela per kvadratmeter (cd/m²).



Figur 2. De ljus tekniska storheterna. Efter Starby 1992

De fotometriska värdena för en planerad situation kan beräknas med hjälp av tabeller och diagram. De värden som oftast beräknas är belysningsstyrkan på olika punkter och medelbelysningsstyrkan på en yta. Tabellerna tar hänsyn till ljuskällornas ljusstyrka, avståndet till ytan och strålningens infallsvinkel.

I redan existerande situationer kan värdena mätas med hjälp av olika instrument. För fältmätningar används främst luxmetern, som mäter den ljusstrålning som träffar mätcellen, vanligtvis den strålning som faller mot mätcellens plan i 180° vinkel. (Hjertén et al. 2001 s 105). Luxmetrar finns i olika varianter, och de mått som erhålls med hjälp av en luxmeter kan behöva korrigeras i förhållande till ögats känslighetskurva och till ljuskällans ljusfärg (se nedan).

En *luminansmeter* registrerar den strålning som emitteras, transmitteras och reflekteras från en yta. Mätvinkeln är vanligtvis 1° eller mindre – det behövs alltså många mätningar för att få grepp om helhetssituationen. (Hjertén et al. 2001 s 105). En *spektrofotometer* är ett mångsidigt instrument som mäter strålningens spektrala fördelning och för varje våglängdsband kan ge en vägning mot $V(\lambda)$ -funktionen.

Fotometrin är alltså konsten att mäta ljus och olika effekter av ljus, där ljus definieras som strålningen uppfattat av ett standardöga i en situation med fullt dagsljusseende. När man på ett liknande sätt vill mäta färger använder man sig av *kolorimetri*. Kolorimetri bygger på experiment där försökspersoner fick blanda tre monokromatiska strålningsknippen (R, G och B) så att den färg de såg motsvarade en given färg som betraktades samtidigt. Med utgångspunkt från experimenten har man beräknat medelvärden och definierat en ”standardobservatör” som sedan används som tänkt betraktare i alla kolorimetriska mätningar och beräkningar. Man har också definierat ett antal standardbelysningar som man utgår från i mätningar och beräkningar. Med utgångspunkt från detta har man konstruerat mätinstrument som mäter strålningen som når eller lämnar en yta, väger den mot standardbelysningens våglängdssammansättning och standardobservatörens ögonkänslighet för olika våglängder och som resultat ger kolorimetriska tri-stimulusvärden, även kallade *färgvalenser*. Ett sådant instrument kallas *kolorimeter*.

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) har presenterat ett antal beräkningsmodeller – algoritmer – och med dem sammanhängande grafiska modeller för bestämning av olika färgegenskaper utifrån de inmätta tristimulusvärdena. Modellen CIELUV är främst avsedd för arbete med ljusfärger, t.ex. i datorgrafik, medan CIELAB i första hand är avsedd för ytfärger (för begreppen ljusfärg och ytfärg se vidare nedan).

De kolorimetriska värdena är beroende av den specifika mätsituationen och mätinstrumentet, och värden erhållna med olika instrument kan skilja sig avsevärt från varandra. Det finns ingen fastställd standard för vilket instrument som ger de korrekta värdena, och inmätta värden kan därmed inte fungera som universella likare för färg (samtal med Anders Nilsson, dec 2007).

Kolorimetri är alltså uppbyggd på experiment där försökspersonernas bedömning rör de betraktade färgernas inbördes likhet. Under förutsättning att mätningens betingelserna motsvarar de standardiserade (specificerat ljus, färgstimulus med en specificerad synfältsvinkel på 2-10°) kan den med goda resultat användas för att mäta i vilken mån två olika färgstimuli – t.ex. målade ytor – överensstämmer med varandra, och för att ge mått och toleranser för avvikelser dem emellan. Därremot ger de kolorimetriska värdena endast grov information om hur färgen ser ut.

Det pågår dock ett intensivt arbete med att försöka hitta matematiska modeller för bestämning av utseendet hos ett färgstimulus under skiftande förhållanden. CIE publicerar fortlöpande nya *Colour Appearance Models* (CIECAM) med detta syfte, men fortfarande utgår beräkningarna från medelobservatörens bedömningar av färglikhet under noggrant kontrollerade betraktningförhållanden. (CIE 2004)

2.3 Visuellt uppfattat ljus och färg

Teorin bakom de fotometriska begreppen och den kolorimetriska mättekniken är att människans synsinne utgörs av passivt registrerande receptorer med förutsägbar funktion. Detta har dock ifrågasatts, bl.a. av den amerikanske perceptionspsykologen James. J. Gibson som ser våra sinnen som perceptuella system där vi själva aktivt söker information (Gibson 1966). Liknande tankar har förts fram av en rad svenska forskare. Gunnar Tonnquist (Tonnquist 1995) uppmärksammar seendets subjektiva karaktär och hänvisar bl.a. till färgforskningspionjären W.D. Wright (Wright 1969): *Vi ser vad vi förväntar oss att se* (Tonnquist sid. 46). Anders Liljefors (Liljefors 2006) understryker att vi inte ser plana bilder utan rum och rumssammanhang, och att synsinnet samverkar med våra övriga sinnen i att skapa en spontant upplevd rumslig helhet.

Liljefors trycker på skillnaden mellan å ena sidan ljus och färg i fysikalisk mening och å andra sidan ljus och färg som sinnesupplevelser och menar att de mått som utgår från strålningsenergi och ögats känslighetskurva inte beskriver hur vi ser färger och ljus. Han föreslår därför en distinktion mellan å ena sidan $ljus_{fys}$ och å andra sidan $ljus_{vis}$ där suffixet anger om det rör sig om ljus i fysikalisk eller i visuell betydelse. Endast när vi klart förstår skillnaden mellan $ljus_{fys}$ och $ljus_{vis}$ kan vi förstå förhållandet dem emellan. (Liljefors 2006 s. 231)

Liljefors presenterar en metod för visuell utvärdering av ljus- och färgförhållandena i ett rum. Metoden innefattar sju grundläggande kvaliteter som var och en har komplexa men likafullt helt förståeliga samband med fysikaliskt mätbara faktorer (Liljefors 2006 s. 249-250). Dessa visuella kvaliteter är:

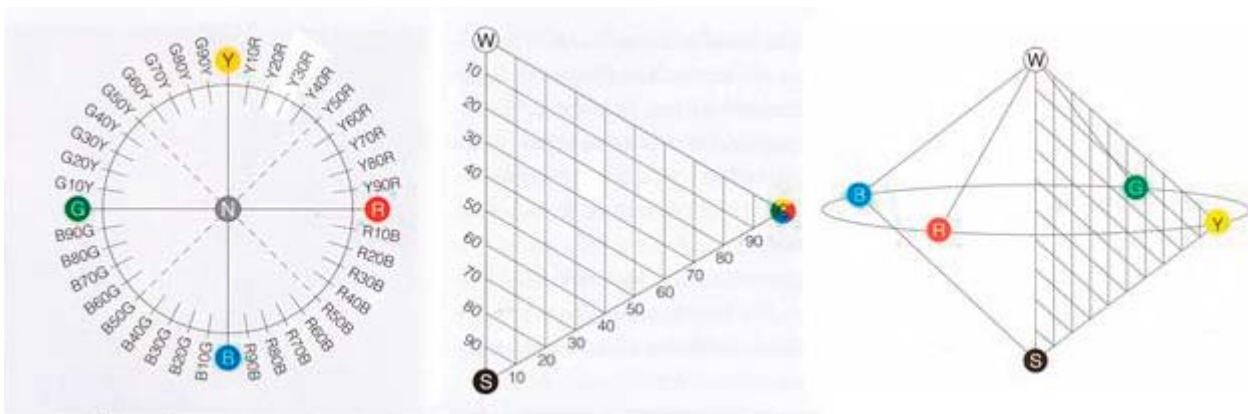
Ljusnivå
Ljusfördelning
Skuggor
Reflexer
Bländning
Ljusfärg
Färg

Färg som visuell egenskap är utgångspunkten för David Katz uppdelning i olika *uppträdandeformer* (modes of appearance) (Katz 1935). *Objektsfärger* uppfattas som hörande till ett speciellt objekt medan *fäلتfärger* är färger som uppträder som ett självständigt objekt (t.ex. den blå himlen). Objektsfärgerna indelas i *lysfärger* (tänk på ett lysande föremål), *volymfärger* (tänk på ett glas rött vin) och *ytfärger* (tänk på en täckmålad träbit). I och med att ett ytskikt kan ha ett visst uppfattbart *djup* skulle man dock kunna se ytfärgen och volymfärgen som ändpunkterna på en skala med gradvis ökande *transparens*. (Svedmyr 2002; Fridell Anter 2006). Till de Katzka begreppen kan också läggas *ljusfärg*, alltså den upplevda färgen hos ljuset som sådant (Liljefors 2006 s. 240).

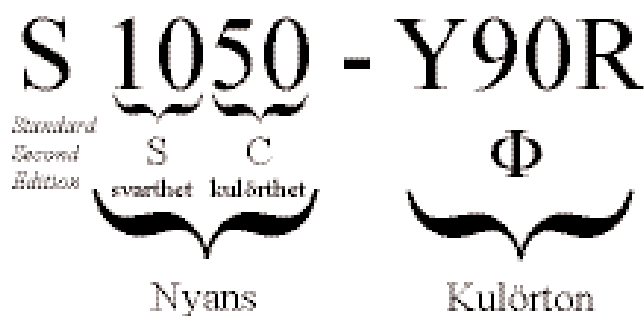
För ytfärger finns flera beskrivningsmodeller som utgår ifrån färgens utseende, utan hänsyn till vilka pigment, strålningsfrekvenser eller neurologiska processer som har medverkat till synupplevelsen. De internationellt sett två viktigaste är det svenska NCS (Natural Color System) (Hård & Svedmyr 1995) och det amerikanska Munsell-systemet (Tonnquist 1995 s. 97-108).

NCS är svensk standard för färgbeteckningar sedan 1979. Systemet bygger på de sex elementarfärger som varje människa med icke-defekt färgseende kan föreställa sig: Gult (Y), rött (R), blått (B), grönt (G), vitt (W) och svart (S). Definitionen på en elementarfärg är att den saknar likhet med alla färger, och det har experimentellt visats att vi har mycket lika, om än inte helt identiska, uppfattningar om vilka färger som är de elementära.

Alla andra färger kan beskrivas genom sin relativa likhet med två, tre eller fyra av elementarfärgerna. Totaliteten av uppfattbara ytfärger visas i en modell med formen av en dubbelkon som kan delas upp i en färgcirkel som visar färgens kulörton och en färgtriangel som visar färgens nyans (den relativa fördelningen mellan vithet, svarthet och kulörthet).



Figur 3. NCS cirkel, triangel och färgrymd.



Figur 4. NCS-kodens uppbyggnad.

NCS-systemet finns illustrerat i form av färgprover, som finns utgivna i NCS Färgatlas och som lösa prover i olika storlekar. De är fastställda genom medelvärden av visuella bedömningar som gjorts i en standardiserad betraktningssituation (Tonnquist 1995 s. 91). NCS-provernas beteckningar avser deras utseende i just denna situation, och eftersom de baserar sig på medelvärden motsvarar de inte exakt varje enskild persons bedömning av färgen.

NCS-proverna i standardsituationen har mätts in med kolorimetriska metoder för att möjliggöra en fullgod reproduktion av proverna. Liksom för provernas NCS-beteckningar gäller de inmätta värdena endast under noggrant specificerade förhållanden. (Hård 1995 s. 74)

Färgbestämningar enligt NCS kan göras i vilken betraktningssituation som helst och avser då de färger som ses just i denna situation. Det betyder att en och samma yta har olika *uppfattade färger* i olika situationer. Den uppfattade färgen påverkas av fysiska faktorer såsom belysning och betraktningssavstånd, av synsinnets anpassning till omgivningsfaktorer såsom ljusnivå och intilliggande färger och av betraktarens egna avsikter, förkunskaper och förväntningar.

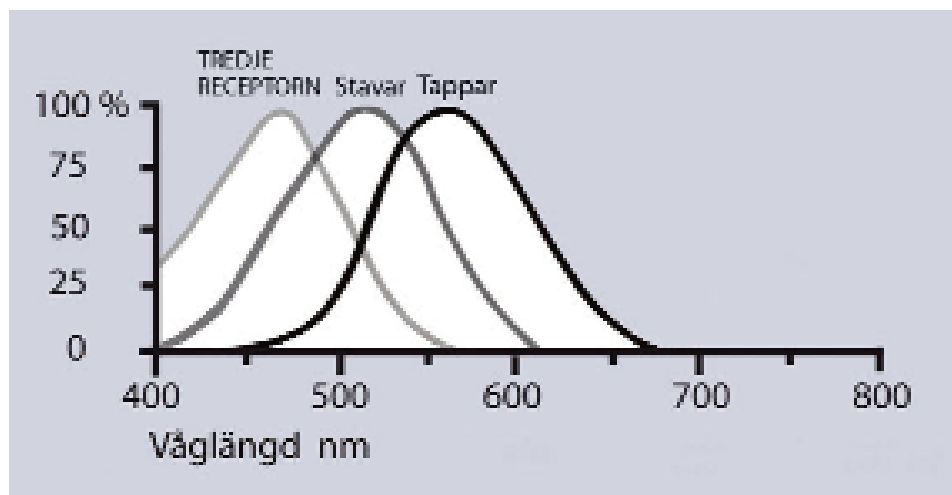
Egenfärgen är, till skillnad från den uppfattade färgen, en konstant egenskap hos en yta. Den kan mätas in genom visuell jämförelse med NCS-prover som placeras direkt mot ytan. Här finns dock problem som sammanhänger med fenomenet *metameri* – se vidare nedan. Egenfärgen kan också mätas med ett optiskt instrument som placeras tätt mot ytan, belyser den med ett standardiserat ljus och jämför den reflekterade strålningen med i förväg inmatade referenser. För att vara tillförlitlig ställer denna metod dock stora krav på ytans jämnhet.

2.4 Begreppen används inte entydigt

Ofta görs ingen tydlig åtskillnad mellan strålningen, fysiskt mätbart ljus/färg och visuellt uppfattat ljus/färg, vilket innebär stora risker för logiska felslut. Några exempel:

Ofta används termen *ljusstrålning* för det fysiskt mätbara ljuset (Hjertén et al. 2001). Detta ger intrycket av att det handlar om en rent fysisk storhet och döljer det faktum att det ljus som hanteras i belysningsplanering och mäts med belysnings-tekniska instrument är strålningen vägd mot ögats känslighetskurva.

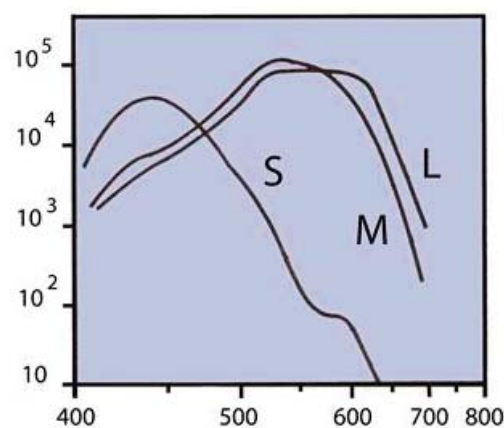
Ibland används ordet *ljus* för strålning (inom eller utanför det ”synliga” området) som påverkar människor på andra sätt än genom synen. (Küller 1981, 2006). Både den kortvågiga UV-strålning som kan ge upphov till malignt melanom och den mera långvågiga UV-strålning som är nödvändigt för att bygga vitamin D påverkar oss genom huden och inte genom synen. Strålning inom det ”synliga området” påverkar oss biologiskt via ögonen, t.ex. vad gäller de hormoner och signalsubstanser som styr vakenhet och dygnsrytm. År 2002 upptäcktes en tredje receptortyp i ögat, vid sidan av tappar och stavar (van Bommel 2003) Dessa receptorer har inte med seendet att göra utan påverkar i stället andra biologiska funktioner, såsom produktionen av sömnhormonet melatonin och stresshormonet cortisol.. Dessa receptorer har en annan känslighetsprofil än de receptorer som hjälper oss att se ljus (se figur 5). Detta innebär att det ljus som beräknats och planerats med metoder som bygger på v-lambda-kurvan inte är optimalt för de vakenhetsfrämjande funktioner som initieras av de nyupptäckta receptorerna och att de fotometriskt baserade enheterna lux, lumen etc. inte är relevanta vid bestämningar av strålningsinflödets biologiska effekter på människan.



Figur 5. De tre receptortypernas känslighetskurvor. Efter Starby 2006

I litteratur som inte är skriven av ljus- eller färgspecialister påstås inte så sällan att varje färg motsvarar en enskild våglängd inom det ”synliga” våglängdsområdet, som även kallas spektrum. Detta är dock en förenkling som gränsar till det rent felaktiga. När strålningen bryts genom t.ex. ett prisma ger spektrums olika våglängder visserligen olika färgupplevelser, så som i regnbågen, men rena spektralfärger förekommer aldrig som ytfärger. Varje färgad yta avger eller reflekterar i stället strålning med en blandning av olika våglängder, och en mätning av denna strålning talar inte om vilken färg man ser på ytan. Inte ens för monokromatisk strålning, alltså strålning inom ett mycket smalt våglängdsband, finns något enkelt samband mellan våglängd och färgupplevelse. Ett välkänt exempel på detta är Bezold-Brücke-effekten, som innebär att den uppfattade kulörtonen förändras med strålningens intensitet (Derefeldt & Berggrund 1994).

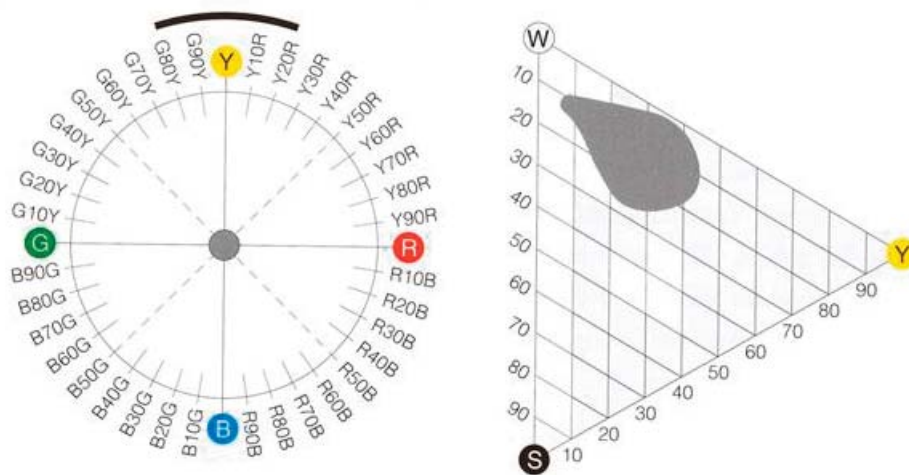
På ögats näthinna finns tappar med tre olika känslighetskurvor i förhållande till olika strålningsvåglängder. Ofta påstås att de stimuleras av strålning i färgerna blått, grönt och rött (Starby 2006 s.88). Detta tar sin utgångspunkt i den ovan påpekade förenklingen om våglängdernas färger och döljer dessutom det faktum att alla tre tappertyperna påverkas av strålning inom större delen av det ”synliga” våglängdsområdet, om än med olika känslighet. De tre receptortypernas känslighetskurvor överlappar varandra och deras maximala känslighet ligger vid c:a 450, 550 respektive 600 nm. I aktuell vetenskaplig litteratur kallas de S (short), M (middle) och L (long) efter det inbördes läget för respektive maximum (Tonnquist 1995 s 43). De två sistnämnda typerna har känslighetskurvor som är praktiskt taget identiska, men förskjutna några tiotal nanometer i förhållande till varandra (Figur 6)



Figur 6. De tre tappertypernas känslighetskurvor. Efter Starby 1992.

CIE:s kolorimetriska koordinater och diagram misstas ofta som ett sätt att beskriva färger så som vi ser dem. Som förklarats ovan bygger dessa modeller på iakttagelser av färgers inbördes likhet och deras ursprungliga upphovsmän är noga med att understryka att de inte anger utseendet hos färgade ytor, föremål eller ljuskällor. (Wright 1969). Trots detta är det vanligt att man, speciellt i tekniskt inriktad litteratur, behandlar dem som ett sätt att beskriva färger.

Som tidigare nämnts motsvarar NCS-färgproverna sina koder endast i standardsituationen. Detta gör det viktigt att skilja mellan *uppfattad färg* och *egenfärg* och att vara medveten om att ett färgprov med en viss beteckning i den specifika situationen kan uppfattas på ett sätt som tydligt avviker från det beteckningen anger. Monica Billger använder här begreppet *färgens elasticitet* som ett uttryck för hur en och samma egenfärg kan ge uppfattade färger inom ett större eller mindre färgområde. (Billger 1999; 2006 s.148)



Figur 7. Exempel på färgernas elasticitet. Diagrammen illustrerar hur rummets identitetsfärg kan variera för en och samma egenfärg. Ur Billger 2006.

Begreppet *ljushet* används på flera sätt och kan därmed bli en källa till missuppfattningar. Starby (Starby 2006 s 466,478) översätter det med *brightness* och definierar det som ett uttryck för hur ljus en yta upplevs i förhållande till omgivningen. Han understryker att ljushet är ett subjektivt upplevt begrepp, i motsats till luminans som är objektivet mätbart. Liljefors (Liljefors 2006 s 247) ser också ljusheten som en visuell egenskap, men i stället för luminansen ser han *reflektansen* som den närmast jämförbara fysiskt mätbara egenskapen. *Reflektansen*, alltså ytans förmåga att reflektera strålning, är en fysisk egenskap som kan avgöras genom strålningsmätning med metoder som fastställts av CIE. Reflektansen varierar teoretiskt mellan $Y_{CIE} = 100\%$ för en fullständigt reflekterande yta och $Y_{CIE} = 0\%$ för en yta som inte reflekterar någonting av den infallande strålningen.

Liljefors och Starby är alltså överens om att ljusheten hos en yta endast kan avgöras i förhållande till andra ytor. Vissa färgbeskrivningssystem, t.ex. Munsell, använder dock ljushet (hos Munsell *value*) som en egenskap hos den enskilda färgen.

Det är också relativt vanligt att NCS-begreppen vithet och svarthet misstolkas som att de anger färgens ljushet. Så är inte fallet. Ljusheten (i NCS betecknad med v) hos en färg med viss svarthet och vithet beror också på dess kulörton, exempelvis är en gul färg med viss svarthet och vithet ljusare än en blå färg med samma svarthet och vithet.

Den visuella ljusheten förhåller sig inte heller rätlinjigt till den inmätbara reflektansen, vare sig för de okulörta färgerna mellan vitt och svart eller för färger som dessutom har kulörthet. En formel för sambandet mellan visuell ljushet och uppmätbar reflektans har konstruerats genom jämförelse mellan visuella bedömningar och fysiska uppmätningar av okulörta färger (Hård 1995 s.98-103). Ljusheten hos kulörta färger bestäms genom visuell jämförelse med gråskalan och får samma värde som det grå prov mot vilket *gränstydligheten* är minst, vilket leder fram till NCS ljushetsekvation $v = 1,56 Y_{CIE} / (56 + Y_{CIE})$.

Katz begrepp *lysfärg* kan lätt misstolkas som att det förutsätter fysisk emission av strålning. Förutom för egentliga ljuskällor skulle det då endast kunna användas för fluorescerande ytor, alltså ytor som omvandlar strålning inom det ”icke synliga” området till ljus. *Lysfärg* är dock inte ett fysiskt baserat begrepp utan betecknar de färgade ytor eller föremål som visuellt uppfattas som lysande i den specifika situationen. Färgen hos en och samma yta kan alltså förvandlas från ytfärg till lysfärg när betraktningförhållandena ändras. Avgörande är här kontrasten mellan olika ytor i synfältet. Fenomenet utnyttjas ofta av konstnärer och har närmare utforskats inom konstnärliga utvecklingsprojekt vid Konstfack (Klarén 2000, 2002; Wessel 2006; Klarén & Fridell Anter 2007).

2.5 Slutsatser

Begreppen *ljus* och *färg* är långt ifrån entydiga och används på olika sätt såväl inom som mellan de discipliner och professioner som arbetar med dessa frågor. Detta problem är inte begränsat till det svenska språket utan gäller också t.ex. de engelska begreppen *colour* och *light*. (Green-Armytage 2006). Ofta kan denna språkförbistring leda till både tankefel och missförstånd mellan olika personer. Det är därför viktigt att forskare, skribenter, materialproducenter och lärare inom dessa områden är tydliga med att klargöra i vilken betydelse de använder begreppen. På längre sikt kan detta leda till en större medvetenhet om problematiken även hos föreskrivare och brukare av ljus- och färgprodukter, och därmed möjliggöra en tydligare kommunikation och färre missförstånd.

Ljus mäts och kvantifieras med hjälp av begrepp och enheter som baserats på det mänskliga ögats strålningskänslighet. Detta gör det möjligt att fastslå kriterier och krav för vissa aspekter av belysningen i rum och utemiljöer. Andra aspekter, däremot, kan inte fångas av dessa begrepp och riskerar därmed att inte beaktas. För att åstadkomma en i alla avseenden god belysning krävs en medvetenhet om att alla kvaliteter inte går att mäta fysiskt. Det krävs också en förståelse för att fysiska mätmetoder och begrepp är definierade och giltiga endast under vissa fastslagna förutsättningar, som inte alltid sammanfaller med den komplexa rumsliga verkligheten. Slutligen krävs en öppenhet inför våra egna sinnesupplevelser i den specifika situationen.

För att professioner med olika specialiteter ska kunna samverka i skapandet av goda färg- och ljusmiljöer krävs en ömsesidig förståelse av varandras kompetensområden. För att kunna ta del av forsknings- och utvecklingsarbete krävs en grundförståelse av begrepp och terminologi. Arkitekter och andra som arbetar med rumsgestaltning måste förstå innebörden och användningsområdet hos begrepp för belysningsteknik och ljuskvalitet för att kunna samarbeta med belysningsprojektörer och specificera krav på belysningen. Belysningsbranschen och färgindustrin måste förstå varandras terminologi för att kunna inse vad produktutvecklingen inom det ena området kan medföra för det andra.

Allt detta visar på behovet av utbildningsinsatser med syfte att bredda förståelsen av ljus- och färgfrågor och skapa förutsättningar för förbättrad kommunikation mellan människor med olika specialkompetens. Både inom den ordinarie utbildningen för respektive yrken och genom vidareutbildning bör man visa på kunskapsområdets komplexa och motsägelsefulla karaktär. En viktig utbildningsinsats skulle också vara seminarier eller *workshops* där människor som arbetar inom de berörda områdena kunde träffas kring olika frågeställningar och lära av varandra.

3. Ljus och färg i den byggda miljön. Branschkunskap och forskningsresultat.

3.1 Ljuskällans färg och ljusfärgen i rummet

Ljuskällor som består av glödande ämnen alstrar strålning av alla våglängder, ett *kontinuerligt spektrum*. Detta gäller solen, som är den ljuskälla för vilket vårt synsinne har utvecklats, och även för t.ex. öppen eld, glödlampor och halogenlampor. Ett gemensamt namn för denna typ av ljuskällor är *temperaturstrålare*.

En helt annan typ av ljuskälla är *urladdningslamporna*, som brukar indelas i högtryckslampor och lågtryckslampor beroende på trycket inne i lampan. Lågtryckslamporna är lysrör och lågtrycksnatriumlampor medan högtryckslamporna är kvicksilver-, natrium- och metallhalogenlampor. Huvuddelen av urladdningslampornas ljus kommer från ett lyspulver som aktiveras genom en elektrisk urladdning i den i lampan inneslutna gasen. De ger strålning inom begränsade våglängdsområden, ett *linjespektrum*, som bestäms av lyspulvrets sammansättning. Det mest utpräglade exemplet är lågtrycksnatriumlampan som avger all sin strålning inom våglängdsområdet 589-590 nm. Andra urladdningslampor har flera sådana linjer i kombination med viss kontinuerlig strålning, alltså ett *blandat spektrum* (Starby 1992 s. 98ff) (Sandström et al. 2002 s. 10ff).

En tredje typ av ljuskälla är induktionslampan, där lyspulvret aktiveras på ett annat sätt än i urladdningslamporna. Induktionslampor ger samma ljusfärger som motsvarande lysrör och tack vare sin långa livslängd används de med fördel i lokaler där underhåll är förknippat med höga kostnader. (Sandström et al. 2002 s. 11)

Lysdioder (LED) är mycket små punktformiga ljuskällor som först utvecklades för signalindikering i t.ex. bilar och elektroniska apparater. De ger ett monokromatiskt ljus med färgton bestämd av vilka halvledare som används. De finns i färgerna rött, orange, gult, grönt och blått. För att åstadkomma vitt ljus används två metoder. Antingen blandar man ljus från röda, gröna och blå lysdioder (RGB) eller så beläggs insidan av en blå lysdiod med ett fluorescerande pulver som ger vitt ljus enligt samma princip som i lysrör. Detta har ofta resulterat i ljus som uppfattas som alltför kallt för inomhusanvändning, men utvecklingen går snabbt i riktning mot flera och varmare ljusfärger. Genom blandning av olika lysdiodfärger kan man styra ljusfärgen och åstadkomma specialeffekter. Tekniken har prövats i ett antal speciella projekt, men det sker ännu så länge ingen marknadsföring av breda eller allmänna belysningsstillämpningar inomhus. En vidareutveckling av de punktformade dioderna är OLED, transparenta lysande ytor, som ännu inte finns för praktisk användning på större ytor men som kan komma att få betydelse i framtiden (Ljuskultur 2007; Magnusson 2007).

Ljusfärg är ett begrepp som används både för en visuell uppfattad egenskap hos ljuset i ett rum (Liljefors 2006) och som en karaktäristik av det sken en ljuskälla avger. För en närmare specificering av skenet från själva ljuskällan brukar man ange dess *färgtemperatur*. Begreppet syftar på vad som händer med en tänkt metallklump när den hettas upp: vid lägre temperaturer glöder den med ett svagt rött ljus och när temperaturen ökas förändras ljusets färg mot allt vitare och så småningom (åtminstone i teorin) blått ljus. Färgtemperaturen anges i den absoluta temperaturen med enheten Kelvin (K) där exempelvis glödljus har kring 2500 K medan solen har kring 6000 K och norrhimlen kring 20 000 K (Starby 1992 s.23).

Färgtemperaturen för temperaturstrålare bestäms med utgångspunkt från kolorimetriska mätvärden. För andra typer av ljuskällor används *korrelerad färgtemperatur* som beräknas genom jämförelse med teoretiska temperaturstrålarens spektrala strålningsfördelning. Den korrelerade färgtemperaturen är alltid ett närmevärde, och att två ljuskällor av olika typ har samma färgtemperatur behöver inte innebära att de lyser med samma sken (Liljefors 2006 s.242).

Färgtemperaturen är alltså avsett som ett mått på färgen hos själva ljusskenet. Upplevelsen av olika ljusfärger brukar oftast beskrivas i termer av ”varmt” och ”kallt” ljus, och här finns en risk för missuppfattningar eftersom det ”varma” glödljuset kommer från en ljuskälla med låg färgtemperatur medan det ”kalla” himmelsljuset har en mycket hög färgtemperatur.

Det finns anledning att fundera över vilket samband som bör finnas mellan färgtemperatur och belysningsnivå. I naturen finns en korrelation mellan ljusnivå och färgtemperatur, så att ljuskällor med låg färgtemperatur (t.ex. ett stearinljus) ger svag belysning medan de höga ljusnivåerna härrör från ljuskällor med hög färgtemperatur. Risken finns därför att ljuset

uppfattas som onaturligt om man använder höga färgtemperaturer vid låg belysningsnivå, något som bl.a. kan ha betydelse när man med hjälp av ”dimmer” vill använda en och samma ljuskälla för olika belysningsnivåer (Starby 1992 s 24)

Den uppfattade ljusfärgen i rummet beror dock på mycket annat än själva ljuskällan. En viktig faktor är här adaptationen, alltså ögats anpassning till strålningsenergens intensitet och spektrala sammansättning. När vi rör oss mellan olika ljusmiljöer eller plötsligt förändrar ljuset i ett rum kan vi en kort stund se stora skillnader i ljusets intensitet och färg, och även föremål i rummet kan tillfälligt ändra färg framför våra ögon. Mycket snabbt anpassar vi oss dock till den nya situationen, föremålen återfår sin tidigare färg och vi är inte längre särskilt medvetna om ljusets färgkaraktär. Detta kallas färgkonstans och är en förutsättning för att vi alla ska kunna känna igen vår omvärld trots varierande belysning. Färgkonstansen fungerar bäst när ljuskällorna har ett kontinuerligt spektrum, medan den knappast fungerar vid extrema linjespektra. (Svedmyr 1995 s.86)

Färgkonstansen är dock aldrig total, och vi kan ibland uppleva skillnader i ljusfärg mellan rum med olika belysning eller med dagsljusbelysning från olika väderstreck. När belysningen utgörs av dagsljus påverkas den upplevda ljusfärgen desutom av fönsterglasens kvalitet och eventuella beläggning och ibland också av färgen på solavskärmningar som t.ex. persienner och markiser. Även fönstersnickeriernas och de invändiga fönsternischernas färg kan påverka ljusfärgen i rummet.

Upplevelsen av ljuskaraktären i rummet påverkas också påtagligt av färgen hos dess begränsningsytor. Detta diskuteras i avsnitt 3.3. nedan.

3.2 Hur påverkas rummets färger av ljuset?

Den strålning som når våra ögon när vi tittar på en yta beror på karaktären (riktningen, intensiteten och spektralfördelningen) hos den strålning som träffar ytan, på ytans egenskaper vad gäller spektral absorption/reflektion och ytstruktur/glans samt på de absorberande/transmitterande egenskaperna hos mediet mellan ytan och ögat. Det sistnämnda innefattar t.ex. luftföroreningar och luftfuktighet och har normalt inte särskilt stor betydelse vid någorlunda nära betraktande.

En mängd olika kombinationer av strålningsvåglängder kan i den specifika situationen ge färger som uppfattas som identiska. Det innebär att ytor med specifikt olika reflektionsegenskaper kan se likadana ut i en viss belysning medan de är tydligt olika i en annan belysning. Detta fenomen kallas *metameri* och är ett centralt problem vid alla försök att mäta och reproducera färger.

Metamerin innebär att de färgmätningar eller bedömningar som gjorts i en standardbelysning inte är giltiga i andra situationer. Metoden att bestämma en ytas egenfärg genom visuell jämförelse med färgprover riskerar därmed att ge missvisande resultat, eftersom det i olika belysningssituationer kan vara olika färgprover som liknar ytan mest (Fridell Anter 2000 s.59ff).

Metamerin innebär också att mätningar eller bedömningar av ett färgat material inte behöver vara giltiga för ett annat material, även om de ser likadana ut i standardsituationen. I praktiken stöter man ofta på problemet att material som infärgats med olika pigment/färgämnen och metoder kan se likadana ut under en ljuskälla – t.ex. i dagsljus – men bli tydligt olika i en annan belysning.

Vid tillverkningen av målningsfärg och färgade material är metamerin en återkommande källa till problem, eftersom den försvårar kombinationer av olika material med samma uppfattade färg. Samtidigt kan den användas som ett gestaltningsmässigt eller konstnärligt uttrycksmedel, genom att ge färger och mönster som skiftar karaktär beroende på belysningen.

De färger vi ser i ett rum påverkas alltså av ljusets karaktär. Ljuskällors färgåtergivningens förmåga brukar anges med *Ra-index*, som dock inte mäter utan enbart rangordnar förmågan att återge färger utan förvanskning. Glödlampor och dagsljus har åsatts ett Ra-index 100, och för övriga ljuskällor grundar sig siffran på en matematisk jämförelse mellan ljuskällans spektrala effektfördelning i förhållande till spektral reflektion hos åtta standardfärger. Själva beräkningsmetoden medför att man kan bara jämföra Ra-index hos ljuskällor som har samma färgtemperatur, något som lätt glöms bort. (Starby 1992 s. 26)

Ra-index är ett otillräckligt medel för att förstå hur en ljuskälla påverkar vilka färger vi ser. Eftersom det rör sig om ett medelvärde vet man inte vilka färger som återges väl och vilka som förvanskas, och två ljuskällor kan ha samma Ra-index men ändå återge färger olika. Dessutom kan ett värde som utgår från fysiska mätdata aldrig fånga in och ta hänsyn till färgkonstansen i det mänskliga färgseendet. (Svedmyr 1995 sid 88). Inom CIE och belysningsindustrin pågår arbete med att hitta begrepp och mätmetoder som bättre anger färgåtergivningen hos ljuskällor med diskontinuerliga spektra, t.ex. LED (Philips Odaterad) (samtal med Leif Berggren dec. -07).

Även belysningens intensitet påverkar vår förmåga att uppfatta färger. Vid bedömningar och beräkningar av färgåtergivning förutsätts normalt en belysningsstyrka på c:a 300-800 lyx. Lägre belysningsnivåer minskar vår förmåga att särskilja olika färger, medan starkare belysning upp till en viss gräns gör att vi ser färgskillnader tydligare och upplever större färgintensitet. Riktigt rakt ljus gör dock i stället att färgerna blir mindre intensiva och synupplevelsen i allt högre grad präglas av stor ljushet. (Samtal med Leif Berggren dec -07)

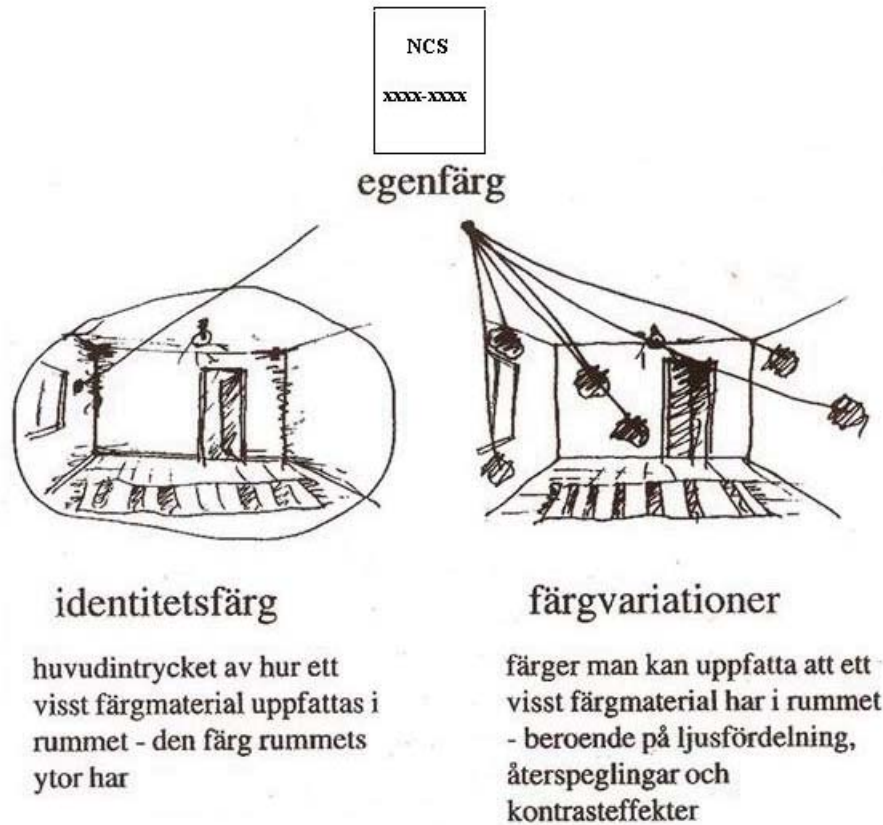
Några svenska forskningsprojekt har undersökt belysningens betydelse för färgupplevelsen i rummet genom att fråga försökspersoner vad de ser. Hård, Sivik och Svedmyr undersökte kring 1980 hur färgprover uppfattades i ljuset från några av de ljuskällor som då var vanliga på marknaden (Svedmyr 1995 s.88-97). Provernans färg bedömdes under en ljuskälla i taget av personer som var adapterade till denna ljussituation. Färgens uppfattade kulörton och nyans noterades i NCS-diagram med utgångspunkt från betraktarens föreställning om elementarfärgerna. En av ljuskällorna var det dagsljuslysrör (Luma Colorette) som använts i NCS-försökens standardsituation, och därmed kunde bedömningarna i denna ljussituation användas som referens för den uppfattade färgens förändring med ljuset.

Vid en jämförelse mellan färgbedömningarna under glödlampor (korrelerad färgtemperatur 2860 K, Ra-index 100) och varmvita standardlysrör (korrelerad färgtemperatur 3000 K, Ra-index 52) visade sig betydande skillnader för vissa färgområden: Gulaktiga färgprover blev tydligt mera grönaktiga / mindre rödaktiga i lysrörslyset än i glödljus, och många färgprover inom olika kulörtonområden blev tydligt mindre kulörta i lysrörslyset. Författarna understryker dock, att dessa förändringar enbart gäller målade ytor liknande dem som använts vid försöken och att de inte alls behöver vara giltiga för t.ex. textilier eller trycksaker som fått sina färger med andra material och metoder (se ovan om metameri). Det måste dessutom framhållas, att Ra-index hos dagens lysrör vanligtvis är betydligt högre än när försöken gjordes.

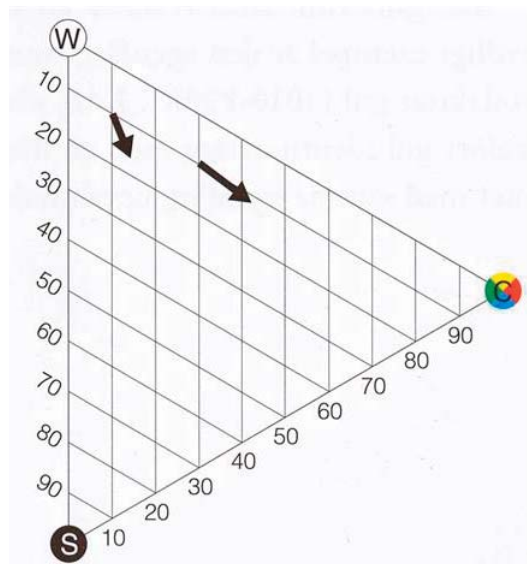
Vid Chalmers/Arkitektur har Monica Billger i sin forskning och tillsammans med sina studenter studerat skalmodeller och fullskalrum med olika färgsättning och belysning. I jämförelsen mellan dagsljus och glödljus konstaterar hon att gula ytor blev blekare, mindre kulörstarka och mer vitaktiga i dagsljus än i glödljus, medan blå ytor tvärtom blev mer intensiva i dagsljuset. Hon jämför också rum belysta med glödljus och med lysrör med ungefär samma korrelerade färgtemperatur (2700 K). Både ljusfärg och färgåtergivning förändrades mellan dessa rum: Glödljuset uppfattades som gulrött medan lysrörslyset uppfattades som gulgrönt. Dessutom fanns ett samband mellan ljuskällans Ra-index och mångfalden av kulörtoner hos de små färgvariationer som tillsammans skapar *identitetsfärgen* hos en yta som vid spontant betraktande först uppfattas som enfärgad. Sämre färgåtergivning medförde mindre färgvariationer, något som i sin tur påverkade totalintrycket av rummet (se avsnitt 3.4) (Billger 1999; 2006 s.156f).

Billger uppmärksammar också det hon kallar återspeglings effekter och som motsvarar det som Starby (Starby 1992 s.161) kallar färggivning. Ytor som möts i vinkel eller står mitt för varandra i ett rum påverkar varandra så att deras färger blir mera lika – ”smittar av sig på varandra”. Förklaringen är att strålning reflekteras mellan de olika ytorna, och de ytor som är starkast belysta är de som ger störst påverkan på de övriga (Billger 1999; 2006 s.154)

Färguppfattning och rumsupplevelse i dagsljusbelysta rum mot olika väderstreck har studerats av Maud Hårleman vid KTH, Arkitektur-Formlära. I rum där alla fyra väggarna har samma egenfärg kan hon konstatera viktiga skillnader mellan söderrum med direkt solljus och norrum med endast himmelsljus. Den tydligaste skillnaden gällde gula rum, som uppfattades starkare kulörta i söder än i norr, samtidigt som söderlyset försköt kulörtonen i riktning mot rent gult. För blå rum var det i stället norrljuset som gav den mest intensiva identitetsfärgen. Hårleman konstaterar också, att den uppfattade identitetsfärgen genomgående var mera kulört och mindre vitaktig än egenfärgen, med undantag för de norrvettande gula rummen där kulörtheten inte ökade. (Hårleman 2006, 2007)

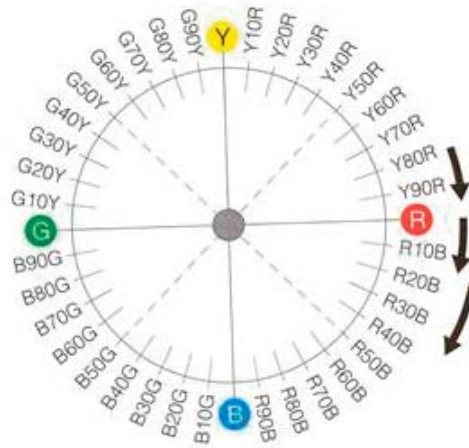


Figur 8. Efter Billger 2006.



Figur 9. I dagsljusbelysta enfärgade rum blev identitetsfärgen normalt intensivare och mörkare än egenfärgen. Pilarna pekar från egenfärg mot identitetsfärg och visar tendenser, inte exakta mått. Ur Hårleman 2006.

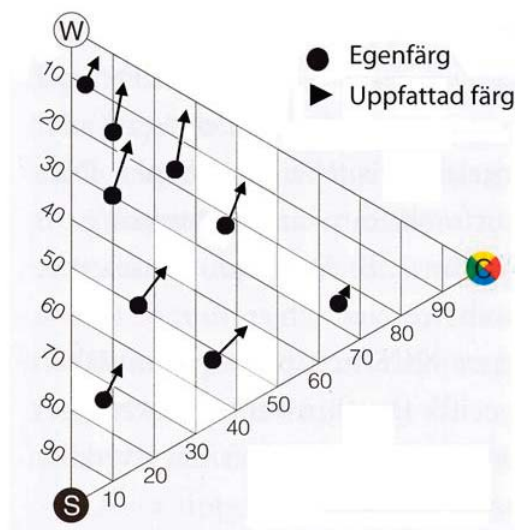
Fönsterglasets egenskaper påverkar också dagsljus kvaliteten inne i rummet, och även för glas kan man ange Ra-index. Isra Hussein vid KTH-Syd har i ett examensarbete undersökt färgåtergivning i modellrum med fönster av olika sorters energisparglas, solskyddsglas och, som referens, järnoxidfritt glas med Ra-index 99. I vissa av modellrummen kombinerades dagsljuset genom glas med artificiell belysning av olika typ. Studien visade på stora skillnader i färgåtergivning även mellan till synes liknande glas från olika fabrikanter. (Pettersson 2007)



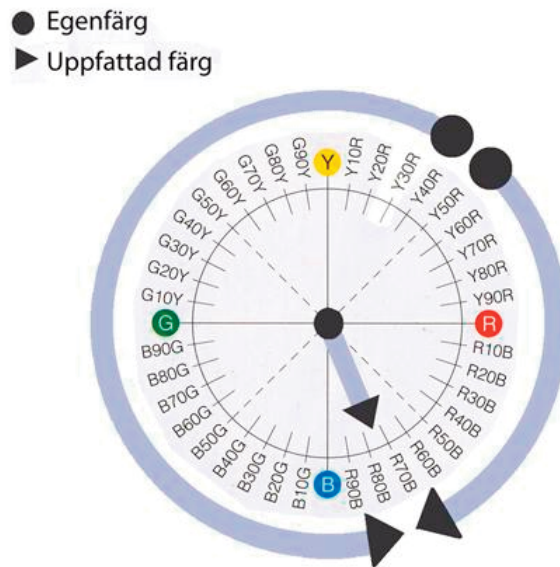
Figur 10. Norrum med rosa egenfärg försköts identitetsfärgen från gulaktigt mot blåaktigt. Pilarna pekar från egenfärg mot identitetsfärg och visar tendenser, inte exakta mått. Ur Härleman 2006.

Hur man uppfattar färg på fasader under olika betraktningförhållanden har undersökts av Karin Fridell Anter. Hon har låtit försökspersoner göra visuella bedömningar av färgen på målade fasader i sitt verkliga sammanhang. Belysningen har bestått av dagsljus som bedömts som tillräckligt starkt för att möjliggöra fullgott fotopiskt seende och som inte upplevts ha skymningsljusets gyllene karaktär. I undersökningen jämförs den uppfattade fasadfärgen vid belysning av direkt solljus med olika infallsvinklar mot fasaden, diffust ljus från molnig himmel och enbart himmelsljus från klar himmel (fasadens beskuggade sida). De tydligaste skillnaderna konstaterades mellan å ena sidan direkt solbelyst fasad, oavsett infallsvinkel, och å andra sidan fasad belyst med diffust ljus från klar eller molntäckt himmel. De diffust belysta fasaderna var mera svartaktiga och mindre vitaktiga än de direkt solbelysta, och de visade också en tendens till mindre gulhet /större blåhet, vilket kunde påverka både kulörton och nyans. (Fridell Anter 2000 s.152)

Den viktigaste slutsatsen i Fridell Anters undersökning var dock de stora och genomgående skillnaderna mellan fasadens egenfärg, alltså den färg den skulle ha haft om den sågs i den standardiserade NCS-situationen, och dess uppfattade färg i den verkliga situationen, oavsett dagsljusets karaktär. Den uppfattade färgen var genomgående mindre svartaktig än egenfärgen och uppvisade i stället en större vithet och/eller kulörthet, beroende på färgområde. Den uppfattade färgen tenderade också att ha en kulörton som för de flesta färgområden kan beskrivas som mera blåaktig /mindre gulaktig än egenfärgens. Rödaktigt gula egenfärger tenderade i stället att ge en uppfattad kulörton som låg närmare gult. Dessa skillnader kan förmodas bero på en kombination av olika faktorer, bland annat skillnaden i intensitet och spektralsammansättning mellan dagsljus och standardsituationens lysrörsljus. (Fridell Anter 2000 s 225ff)



Figur 11. Mönster för nyansskillnad mellan egenfärg (cirkel) och uppfattad färg (pilspets) för ett antal målade träfasader. Efter Fridell Anter 2000.



Figur 12. Tendens till kulörtonförskjutning mellan egenfärg (cirkel) och uppfattad färg (pilspets) för målade träfasader. Pilarna visar förskjutningens riktning, inte dess storlek. Efter Fridell Anter 2000.

3.3 Hur påverkas ljuset i rummet av ytornas färger?

De färger som finns på rummets väggar, golv och tak påverkar ljuset i rummet på flera sätt. Strålningsintensiteten och det fysiskt mätbara ljuset påverkas direkt av ytornas *reflektans*. En riktigt ljus yta reflekterar 80-85% av strålningen medan en mörk yta kan reflektera kring 10 eller kanske ända ned till endast 4% (Starby 1992 s.160; Liljefors 2006 s.247). Detta har naturligtvis följder för hur stark belysning som måste installeras för att ge önskad ljusnivå.

Som redan diskuterats är dock den fysiskt mätbara reflektansen hos en yta inte samma sak som dess upplevda ljushet. Av detta följer att två rum som belyses på identiskt sätt och där väggarna har samma genomsnittliga reflektans ändå inte behöver uppfattas som lika ljusa. Hård har visat detta genom observatörers bedömningar av ett rum med enfärgat blågrå väggar och ett med randiga väggar i vitt och mörkare blått. (Hård 1995 s.148f) Trots att båda rummen hade samma genomsnittliga ljusreflektans ($Y_{CIE} = 45\%$) bedömdes det enfärgade rummet som ljusare än det randiga, oberoende av belysningssituation. När de uppmätta ljusreflektansvärdena räknades om till visuell ljushet med hjälp av den tidigare nämnda NCS-ekvationen visades det sig, att det framräknade ljushetsvärdet för det enfärgade rummet blev högre än för det randiga, vilket alltså överensstämde med försökspersonernas bedömningar.

Hur ljust eller mörkt man uppfattar ett rum sammanhänger också med vilka kontraster det erbjuder. Starby anger att belysningsstyrka och ljuskällans färgåtergivning förmåga tillsammans ger det han kallar *visuell klarhet*, alltså möjligheten att uppfatta klara distinkta färger (Starby 1992 s.29). Samtidigt är det väl känt, att en högre belysningsstyrka medför att man kan särskilja betydligt fler färger och att kontrasten mellan olikfärgade ytor bli tydligare än vid lägre belysningsstyrka (Svedmyr 1995 s.95). Tydliga kontraster och klara färger i ett rum skulle därmed kunna medverka till att rummet upplevdes som bättre belyst och därmed kändes ljusare än vad som motsvarade den faktiska belysningsstyrkan. Genom att arbeta med olika typer av kontraster kan man ge ett rum olika ljuskaraktär, exempelvis kan blanka eller tillsynes lysande ytor (*lysfärger*, se ovan) medverka till att ge känslan av andlighet. I konsten, där färg och ljus i ett rumsligt sammanhang ska avbildas på en plan yta, har man genom tiderna hittat olika *logiskt expressiva symboler* för rummets och ljusets olika sätt att framträda. (Klarén 2006 s.298f)

Ljusfärgen i rummet är i hög grad beroende på färgen hos dess begränsningsytor. Billger uttrycker det som att de olika färgade ytorna fungerar som filter för ljuset. Vilka ytor som har störst betydelse beror på ljuskällornas placering och belysningens riktning, men ofta är golvet den största och mest belysta ytan, och golvfärgen påverkar därmed ljusfärgen i hela rummet. Även starkt belysta väggar kan ge sin prägel åt ljusfärgen i hela rummet (Billger 2006 s.158), men precis som med den ljusfärg som härrör direkt från ljuskällan sker en gradvis adaptation när vi befinner oss en tid i ett och samma rum.

3.4 Ljus, färg och rumsupplevelse

Vårt synsinne arbetar inte med plana bilder, utan vi upplever spontant en helhet med tre dimensioner – ett rum. Vår förståelse av rummet bygger på kunskapen om hur ljus och färg samverkar. Vi är byggda för en värld där ljuset kommer uppifrån och ljuskällan är en temperaturstrålar, och vi har inlärd eller medfödda föreställningar om hur det ser ut när färgytor beskuggas eller befinner sig olika långt bort. Även andra erfarenheter från naturen hjälper oss att tolka vår omgivning och dess rumsliga egenskaper. Samtidigt är vårt synsinne mycket känsligt för kontraster, för att upptäcka det som avviker från omgivningen eller från det förväntade (Klarén 2006; Liljefors 2006).

Även ett mönster på en plan yta uppfattas som rumsligt – som att det har en djupdimension – och avgörande för vår rumsliga tolkning av ytan är dess ljushetskontraster. Ett väggmönster med stora kontraster mellan mörkt och ljust gör det blir svårare att se väggen som yta. I stället försöker vårt synsinne att tolka mönstret som framför/bakom och belyst/beskuggat. (Klarén 2006). Ett mönster med ljushetslika färger kan lättare förstås som en plan yta. På ett mönstrat golv kan kontraster mellan ljust och mörkt uppfattas som skuggor, ojämnheter och nivåskillnader, speciellt om mönstret inte är regelbundet och lättolkat. Detta kan leda till osäkerhet, speciellt hos synsvaga personer, samtidigt som medvetet använda kontraster i golvets ljushet kan användas för att varna för nivåskillnader (Boverket 2004; Wijk 2006).

I ett rum där alla väggar har samma färg blir själva rumsligheten tydlig. Är väggarna ljusa ser vi skuggor och dagrar som skapas av rummets form och ljus. Är väggarna mörkare kan vi uppleva oss omslutna av färg. Knez skriver om *ljusets modelleringsförmåga* som ett viktigt begrepp när man arbetar med rumsgestaltning, men menar att det ännu inte finns några välfungerade mätetal för detta komplicerade och dynamiska fenomen. (Knez 2005 s 73).

Rumsligheten påverkas också av vilken kulörton de enfärgade väggarna har och hur rummet är belyst. En ljuskälla med sämre färgåtergivning minskar den småskaliga färgvariationen inom varje yta, och detta i sin tur medför att rummet uppfattas som flackare och mindre tydligt (Billger 1999 paper 2 s37-38).

Om väggarna har ett storskaligt mönster kan det bidra till att minska känslan av rumslighet och omslutenhet (Hård 1995). En vägg med avvikande färg tenderar att dra till sig uppmärksamheten och kan, beroende på färg och belysning, kännas som en öppning utåt eller som en påträngande skärm.

Detaljer med avvikande färg drar till sig uppmärksamheten främst om ljushetskontrasten är stor, och allra mest om detaljen är tydligt ljusare än sin bakgrund. Därmed kan de framhävas eller inordnas i helheten, förtydliga rummets form och/eller markeras för att underlätta förståelse och orientering (Wijk 2006). Ett golv som är ljusare än väggar och tak ger intrycket av att vara kraftigt belyst och kan dra till sig vår uppmärksamhet, nästan som en scen, och samma sak gäller en ljus matta på ett mörkare golv (Billger 2006).

Takets färg har stor betydelse för hur ljuset reflekteras i rummet. Vita tak ger en större spridning av ljuset, medverkar till återspeglings effekter och minskar på så sätt kontrasterna. Svarta tak dämpar i stället reflektionen och kan på så vis bidra till mera kontrastrika rum. (Billger 2006)

Erfarenheten visar, att vår upplevelse av rumsliga kvaliteter ofta tar sitt stöd i de färg- och ljusrelationer som finns i naturen. Några exempel:

Om golvet är mörkare än väggarna får rummet en stabilitet, en trygg förankring, som en fast mark att gå på. Om det samtidigt är mycket blankt kan det i stället upplevas förrädiskt, som en speglade vattenyta. (Torsson 2006). Ett ljust tak öppnar rummet uppåt, mot ljuset som ju naturligt kommer uppifrån. Ett mörkt eller mönstrat tak blir i stället mycket påtagligt, som ett lock över rummet. (Hård 1995). Om den ljusare takfärgen dras ned en bit på väggen kan rummet upplevas som lägre alternativt luftigare, beroende på väggfärgen och belysningen. Om väggarna delas i en nedre mörkare och en övre ljusare del kan det kombinera upplevelsen av omslutenhet och rymd – som att sitta på en veranda.

Erfarenheter som dessa kan dock inte generaliseras till att gälla alla rum och alla situationer. Inte heller kan man dra allmängiltiga slutsatser om hur färgerna och ljuset samverkar till att ge rummet en helhetskaraktär, en stämning som kan uttryckas med ord som varm, kall, harmonisk, livfull, lugn etc. Här är det mycket annat som också spelar in, exempelvis

rummets funktion, karaktären hos den byggnad där det återfinns och, inte minst, faktorer som ligger inom oss själva. Vi påverkas av våra förväntningar och invanda referenser, vårt tillfälliga sinnestillstånd och vår personlighet. Själva det faktum att en situation förändras – t.ex. att ett rum får nya färger eller nya belysning – kan också påverka vår upplevelse, alldeles oavsett hur det förändrade rummet ser ut (Küller 2006 s. 193).

3.5 Ljus, färg och människors välbefinnande

Upplevelsen av rummet omkring oss påverkar naturligtvis människors välbefinnande och trivsel. Utöver detta har både färg och ljus direkta verkningar på oss som biologiska organismer, ofta utan att vi alls blir medvetna om det.

Forskare vid miljöpsykologiska enheten vid Lunds Tekniska Högskola har försökt kartlägga vissa allmänmänskliga reaktioner genom att låta människor vistas i rum med olika färg och mäta deras hjärnaktivitet och andra kroppsliga funktioner. På det sättet vill man komma åt vad man kallar ljusets och färgens *icke-visuella effekter*. I detta begrepp innefattas både sådana effekter som uppkommer genom påverkan på huden och sådana effekter som skapas via synorganen men inte innefattar medvetna synintryck. (Küller 2005) Man har visat att starka, kontrastrika och varma färgsättningar aktiverar hjärnan mer än färgsättningar som är milda, kontrastlösa och kalla. Men vad det innebär i praktiken är mera svårtolkat: Aktiveringen kan vara stimulerande eller innebära en påfrestande stress, och den lugnare färgsättningen kan göra oss sömniga eller ge en lämplig ram för krävande arbetsuppgifter. Forskarna drar slutsatsen att problematiken är mycket komplex och att olika människor påverkas olika, beroende på personligheten, det tillfälliga känsloläget och det sätt som rummet ska användas på. (Janssens 2006; Küller 2006). Det finns också forskningsresultat som tyder på att ljusfärgen kan inverka olika på det emotionella stämningläget beroende på kön och ålder. (Knez 2005).

Betydelsen av ljusstrålningens spektralfördelning för synfunktionen, exempelvis synskärpa har undersökts i ett antal studier med olika försöksdesign men man har inte funnit några klara samband mellan synfunktion och spektralfördelning. (Sandström et al. 2002 s. 28). Spektralfördelningen kan dock ha stor betydelse för funktioner som inte har med seendet att göra. Att belysningen har stor betydelse för vakenhet och dygnsrytm är känt sedan länge, men det var först år 2002 man hittade den ”tredje receptor” i näthinnan som påverkar produktionen av stress- respektive sömnhormoner. Denna receptor har sin känslighetstopp för kortare våglängder än tapparna och stavarna. Detta innebär att den strålning som ger optimalt utbyte i form av ljusmängd inte har samma spektralfördelning som den som påverkar vakenheten mest (van Bommel 2003). Inte bara mängden ljus utan också ljusfärgen har betydelse för dygnsrytmen. Kallt ljus (hög färgtemperatur) motsvarar dagsljuset på förmiddagen och bidrar till att öka vår vakenhet, medan varmt ljus (låg färgtemperatur) motsvarar skymningsljuset och bidrar till att göra oss lugna och sömniga. (NSVV 2003) Därmed finns en konflikt mellan att låta ljuskällorna utnyttja energi för att ge maximalt synligt ljus eller för att avge strålning som har andra positiva effekter. (Wunsch 2007)

Även strålningens infallsvinkel har betydelse för påverkan på näthinnans tredje receptor, på så vis att hormonproduktionen påverkas mera när strålningen kommer uppifrån (NSVV 2003). Ljusets infallsvinkel har också stor betydelse för det sammansatta fenomen som kallas bländning. Starby skiljer mellan *irriterande bländning*, som endast undantagsvis kan beräknas matematiskt, och *synnedsättande bländning*. Han presenterar en formel för beräkning av *bländtal (UGR= Unified GlareRating)* men understryker att den bara är tillämplig under vissa förhållanden och att man i praktiken kan komma längre genom att bedöma det man ser eller lita till sin erfarenhet. (Starby 2006 s.84f, 148)

En annan belysningseffekt som kan vara irriterande är *flimmer*. Sandström et.al. skiljer mellan *ljusmodulation*, som är en spatial (i rummet) eller temporal (i tiden) periodisk variation vad gäller ljusstyrkan från en ljuskälla eller ett synobjekt, och *flimmer* som är den fysiologiska betydelsen av temporal ljusmodulation (Sandström et al. 2002). Alla lysrör som är kopplade till växelströmsnätet har en modulation där frekvensen är 100 perioder per sekund. Detta syns oftast inte för blotta ögat men har ändå visat sig ”tränga in i” hjärnan via ögat - så kallat subliminallt flimmer – och ge upphov till stressreaktioner. (Küller 2005 s95f). Flimmer med högre *flimmerindex* - procentuell luminansförändring under en växelströmsperiod kan störa även det medvetna seendet (Starby 2006). Känsligheten för flimmer är klart åldersberoende och minskar med stigande ålder (Sandström et al. 2002 s.23)

3.6 Slutsatser

De senaste decenniernas tekniska utveckling har skapat nya ljuskällor för belysning av den byggda miljön. Kraven på en effektiv energianvändning har lett till ljuskällor där ljusutbytet, mätt i lumen per watt, är mycket högre än hos traditionella glödlampor. När man inte längre använder temperaturstrålare med ett kontinuerligt spektrum uppkommer dock nya problem, och nya val, vad gäller den spektrala sammansättningen hos den strålning som avges. Olika sätt att definiera ”bra ljus” vägs mot varandra och ger lösningar som i olika grad tillfredställer krav på energieffektivitet, påverkan på välbefinnande och dygnsrytm, upplevd ljusfärg och färgåtergivning. Resultatet blir alltid en kompromiss, och för att man ska kunna väga ihop alla dessa krav krävs en bred förståelse av många olika aspekter hos ljuset.

Vissa av de mått och kriterier som används för att ange ljusets egenskaper är dock inte anpassade för de nya ljuskällorna. Ra-index anger endast ett medeltal för hur färger återges, och två ljuskällor med samma Ra-index behöver inte ge samma färgåtergivning i det specifika fallet. För att man ska kunna göra de nödvändiga valen vad gäller ljuskällornas strålningspektrum behövs alltså nya metoder att beskriva ljusfärg och färgåtergivning.

Det behövs också forskning kring de nya ljuskällornas upplevelsemässiga effekter i interiöra och exteriöra sammanhang, deras betydelse för rumsupplevelsen och deras samverkan med färg och övriga egenskaper hos naturliga och tillverkade material.

Även vad gäller målningsmaterial och färgade ytskikt sker en snabb produktutveckling som möjliggör nya visuella uttryck. För att kunna kontrollera metameri-effekter och förstå hur produkterna kan komma att se ut i olika sammanhang är det angeläget att färgfabrikanterna har god kännedom om de nya ljuskällornas egenskaper.

Förståelsen av färg som visuellt fenomen har hitintills berört framför allt förenklade, tvådimensionella sammanhang. Nyare forskning har dock också berört färg i komplexa sammanhang, färg i samspel med ljus och färg i realistiska rumsliga situationer. Detta har givit nya insikter som visar att den plana färgläras lärdomar inte alltid är giltiga i det tredimensionella rummet. Samtidigt har de nya forskningsfrågorna bidragit till utvecklandet av metoder för utforskningen av upplevelser och sinnesintryck i komplexa rumsliga sammanhang.

Slutligen finns ett mycket stort behov av informations- och utbildningsinsatser för att sprida och nyttiggöra den kunskap som kontinuerligt skapas genom forskning och praktikererfarenhet inom ljus- och färgområdena. Ett led i detta är den antologi riktad till byggbranschens professionella aktörer som publicerades 2006 (Fridell Anter 2006). Ytterligare insatser för att öka kunskapen inom området är mycket angelägna, inte minst kring de nya ljuskällornas möjligheter och begränsningar.

4. Pågående forskning om färg och ljus i rumsliga sammanhang

Den internationella belysningskommissionen CIE arbetar med att initiera, förmedla och sammanställa forskning om belysning, där samverkan mellan ljus och färg är en naturligt del. CIE har också den internationella standardiseringskommissionens uppdrag att utarbeta standarddokument vad gäller begrepp, mätmetoder och krav inom det belysningstekniska området. members.eunet.at/cie

Den internationella färgorganisationen AIC arbetar genom konferenser och studiegrupper för ett erfarenhetsutbyte mellan färgforskare från olika länder och discipliner. www.aic-colour.org

I Sverige bedrivs sedan flera decennier en internationellt väl ansedd forskning om färg som perceptuellt fenomen. Dess mest kända resultat är färgsystemet NCS (Svensk standard 1979) som används inom forskning och planering över hela världen. Även vad gäller ljus finns en lång tradition av framgångsrik svensk forskning. Gunnar Pleijel arbetade framför allt med det naturliga ljusets variationer och fick 1955 Polhemspriset för sina insatser (Pleijel 1954) Senare insatser inom detta område har gjorts av bl.a. Hans Allan Löfberg (Löfberg 1987).

Sverige har också en väl etablerad miljöpsykologisk forskning, som bl.a. har arbetat med färg- och ljusfrågor (Miljöpsykologi, Lund). Sedan slutet av 1990-talet har allt mer forskning inriktats mot samspelet mellan färg och ljus i tredimensionella rumsliga sammanhang (Chalmers Arkitektur, KTH Arkitektur-Formlära och Konstfack). Under de senaste åren har ljusdesign etablerats som ett ämne med akademisk grundutbildning och en påbörjad forskning (Ljuslaboratoriet, KTH Haninge och Ljushögskolan i Jönköping). Betydelsen av färg och ljus har dessutom utforskats utifrån hälso- och omvårdnadsperspektiv (Sahlgrenska akademien, Stressforskningsinstitutet vid Stockholms universitet).

I detta avsnitt presenteras viktiga teman i den internationella forskningen om färg och ljus, pågående forskning vid svenska och nordiska universitet samt det utvecklingsarbete som pågår inom färg- och belysningsindustrin.

4.1 Viktiga frågor i internationell färg- och ljusforskning

Den internationella belysningskommissionen CIE hade sin senaste kongress i Beijing sommaren 2007. Den gav utrymme för forskningspresentationer och diskussioner om en rad olika belysningsrelaterade frågor. Viktiga teman var:

Hållbar miljö, energi, växthuseffekt och koldioxid. I ett pressmeddelande från kongressen uppmanas till internationella insatser för att minska förbrukningen av belysningsenergi. Detta kan göras både genom att använda belysningseffektiva lampor och genom att använda dagsljuset på ett effektivare sätt. Speciellt påpekades att många länder fortfarande använder gatlyktor med högtrycksskviksilverlampor, trots att det idag finns alternativ som inte bara ger bättre belysning utom dessutom halverar energiförbrukningen. Man påpekar också att det idag finns moderna elektroniska styrsystem som kan minimera energiförbrukningen genom att anpassa ljusstyrkan och aktiveringstiderna för artificiell belysning. Därmed kan belysningen anpassas till sådant som det tillgängliga dagsljuset, antalet personer som befinner sig i en byggnad och trafiktätheten på vägarna. (CIE 2007)

Ljus, hälsa och välbefinnande. Sedan några år tillbaka finns en ökad förståelse av hur våra fysiologiska och neurologiska system reagerar på elektromagnetisk strålning. Den nya kunskapen är inte framtagen av ljusforskare utan främst inom det medicinska området, vilket innebär att den inte är direkt tillämpbar i praktisk ljusplanering. Det behöver utvecklas planeringsmetoder och även regelverk som tar hänsyn till de nya forskningsrönen, ett arbete som ännu bara är påbörjat. (Ejhed 2007)

Den internationella färgorganisationen AIC samlar forskare och praktiker med en mängd olika infallsvinklar på ämnet färg. Inom organisationen finns *Study Group for Environmental Colour Design*, där många av deltagarna är arkitekturforskare eller praktiker inom arkitektur eller inredning. Inom studiegruppen diskuteras frågor som rör färg i rumsliga sammanhang, vilket naturligt innefattar frågor som rör ljus. Ordförande för gruppen är konstnären Verena Schindler, Paris. Bland de medlemmar som bedriver forskning om färg och ljus i rumslig samverkan kan nämnas arkitekturprofessor Galen Minah, Seattle, arkitekt Malvina Arrarte Grau, Lima och PhD Paul Green-Armytage, Perth samt de svenska forskarna Monica Billger, Karin Fridell Anter och Maud Hårleman. www.fadu.uba.ar/sitios/sicyt/color/ecd.htm

Inom AIC finns också andra studiegrupper och forskare som mer eller mindre explicit behandlar samspelet mellan färg och ljus, dock oftast utan ett tydligt rumsligt kontext. *Study Group on Visual Illusions and Effects* leds av psykologiprofessor Osvaldo da Pos, Padua och syftar bl.a. till att diskutera tolkningen av skillnaden mellan mätbar och upplevd verklighet utifrån fysiska, psykologiska och neurofysiologiska aspekter. www.psy.unipd.it/~dapos/visual_illusions

Många forskare inom AIC arbetar också med frågor om *Colour appearance*, alltså skillanden mellan den fysiskt mätbara färgen och den uppfattade färgen, ofta i digitala sammanhang. Ett centrum för sådan forskning finns i Leeds och leds av professor M. Ronnier Luo. Annan forskning som berör ljus och färg i samverkan bedrivs vid University of Pannonia i Ungern och leds av professor János Schanda.

4.2 Forskning vid nordiska universitet och högskolor

I detta avsnitt presenteras forskningsprojekt som berör färg och ljus vid ett antal nordiska forskningscentra. De presenteras geografiskt, med början i Sverige söderifrån och norrut. Informationen är till stor del hämtad från respektive hemsidor på Internet varför de olika forskningsenheterna och deras projekt presenteras med delvis olika typer av information. Uppgifterna är aktuella hösten 2007.

Lunds tekniska högskola – Arkitektur

Vid Miljöpsykologiska enheten bedrivs sedan flera decennier forskning kring olika aspekter av ljus och färg i den byggda miljön. Bland aktuella projekt kan nämnas *Färgperception* (Jan Janssens och Rikard Küller) och *Ljus, kronobiologi och tekniska lösningar* (Rikard Küller, Thorbjörn Laike, Marianne Küller). mpe.arkitektur.lth.se/forskning/aktuella_projekt. Det pågående projektet *Omfältsluminansens och färgtemperaturens betydelse för vakenhet, välbefinnande och prestation* (projektledare Thorbjörn Laike) presenteras översiktligt i en aktuell artikel i Ljuskultur.(Thelke Schröder 2007). Vid LTH-arkitektur finns också doktoranden Richard Kjellström (Kjellström 2004), som arbetar med färg ur ett bebyggelsehistoriskt perspektiv (handledare Kerstin Barup, professor i Bebyggelsevård)

Jönköpings Tekniska Högskola - Belysningslära

Forskare med så skilda bakgrunder som konst, belysningsteknik, arkitektur och miljöpsykologi arbetar med *Ljus och färg i rum*. Målet är att lägga grunden för ett sätt att behandla ljus, färg och rum med utgångspunkt från det mänskliga synsinnet. Anders Liljefors forskar om belysningsteori, alltså de fundamentala sambanden mellan seendet och dess stimuli i den fysiska världen. Monica Sätters forskningsprojekt har titeln *Det goda rummet* och är inriktad på att utforma psykologiskt, biologiskt och fysiologiskt stödjande samband mellan människa, ljus, färg och rum. Ytterligare två doktorander (Annika Jarskär och Mathias Adamsson) har nyligen påbörjat forskarstudier kring frågor som rör belysning av arbetsplatser respektive samverkan elljus-dagsljus. Docent Thorbjörn Laike från miljöpsykologiska enheten vid LTH är handledare för två av doktoranderna. www.jth.hj.se/doc/5617

Chalmers Tekniska Högskola - Arkitektur

Informationsprojektet *Interactive Colour Environment* (ICE) finansieras av Formas och har pågått sedan 2005. Projektledare är docent Monica Billger. Syftet är att utveckla en form för interaktiv VR-presentation för redan existerande forskningsresultat om färg i arkitektursammanhang. Målgruppen för presentationen är arkitekter, arkitektstuderande och övriga professionellt intresserade. www.chalmers.se/arch/SV/verksamhetsomrade/visualisering/forskning/interactive-colour

För TV-reportage om projektet se: reportagearkiv.adm.gu.se sök ”färgforskning”.

Beata Stahres doktorandprojekt *Att återskapa rumsupplevelse i Virtual Reality* (handledare Monica Billger) lägger speciell tonvikt på återgivningen av färger och ljus. Arbetets första fas finns redovisad i en licentiatavhandling (Stahre 2006). Doktoranden Vicki Wenander arbetar med färg ur ett bebyggelsehistoriskt perspektiv (handledare Solweig Schultz).

Göteborgs universitet, HDK (Högskolan för Design och Konsthantverk)

Ulrika Wänström Lindhs doktorandprojekt *Ljusfördelningens betydelse för rumsuppfattning och rumsupplevelse* (handledare Monica Billger) bygger på analyser av befintliga miljöer och praktiska experiment i såväl skalmodell som verkliga rum. Genom kvalitativa metoder, främst baserade på ett fenomenologiskt angreppssätt, beskrivs och analyseras hur rummens dimensioner och form uppfattas samt hur rummens atmosfär upplevs i relation till ljusfördelningen. www.hdk.gu.se/forskning/ulrika/index.html

Göteborgs universitet, Sahlgrenska akademien

Vid Institutionen för vårdvetenskap och hälsa pågår forskningsprojektet *Miljö som hinder eller möjlighet - Fysisk och psykosocial miljö och äldres livskvalitet*. Projektledare är Helle Wijk, och i projektet arbetar också doktoranden Hanna Falk. Bland annat genomförs interventionsstudier kring effekten av att utforma den fysiska miljön på demensboenden för att bemöta den äldre patientens behov. I detta har valet av färger och belysning en mycket viktig roll för miljöns tydlighet och orienterbarhet och för patienternas trivsel, funktion och livskvalitet. (Wijk 2006)

www.caresci.gu.se/Forskning/forskare/Helle_Wikh

Konstfack, Stockholm

Projektet *Visuella världar II* (projektledare Gösta Wessel) bekostas inom Vetenskapsrådets program för konstnärlig forskning. Projektet innebär ett samarbete mellan forskningsområdena perception och kognitiv neuropsykologi och ett konstnärligt utvecklingsarbete. Den gemensamma utgångspunkten är den visuella upplevelsen av omvärlden, d.v.s. upplevelsen av färg, ljus, form och rörelse. Målsättningen är att förena erfarenheter och kunskaper från konstnärliga och vetenskapliga traditioner. (Wessel 2005). www.wessel.se

Projektet *Gråfärger och rumsupplevelse* genomförs av Ulf Klarén och Karin Fridell Anter som ett pilotprojekt finansierat med Konstfacks interna medel för konstnärlig utveckling. Utgångspunkten är, att färger som ligger på eller nära den okulörta skalan mellan vitt och svart, alltså färger som med ett gemensamt ord kan kallas för *grå*, kan ha stor betydelse för hur vår rumsuppfattning skapas. Pilotprojektet ska resultera i en tydlig problemformulering, som förhoppningsvis ska kunna skapa de vetenskapliga och finansiella förutsättningarna för en breddad och fördjupad forskning om gråfärger och rumsupplevelse.

Stockholms universitet, Stressforskningsinstitutet

Forskningen vid Stressforskningsinstitutet behandlar bl.a. människors fysiologiska och psykologiska reaktioner på de ljusförhållanden som sammanhänger med oregelbunden dygnsrytm (kronobiologi). Inom forskningsgruppen för Sömn och återhämtning bedrivs bl.a. projektet *Ljusbehandling på arbetsplatsen*. Syftet med detta projekt är att med artificiellt ljus påskynda möjligheterna till återanpassning till dagtid för personer med skilda arbetsmiljöer där den dygnsrytmiska anpassningen är otillräcklig. Kontaktperson dr. Arne Lowden. www.stressforskning.su.se

Kungliga tekniska högskolan (KTH) - Arkitektur

Inom forskningsämnet Arkitektur-Formlära, som leds av professor Jadwiga Krupinska, bedrivs forskning om färg och rum ur olika aspekter. Bland genomförda arbeten finns doktorsavhandlingar om uppfattad färg på fasader (Fridell Anter 2000) och i dagsljusbelysta rum (Hårleman 2007) samt arbeten kring rum som ett centralt begrepp inom arkitekturteorin (Krupinska 2006). För närvarande arbetar doktoranderna Katrin Fagerström och Gertrud Olsson (Olsson 2004) vid Arkitektur-Formlära samt Mari Ferring vid Arkitekturhistoria (Ferring 2006) med färg ur arkitektur- och konsthistoriska perspektiv.

Luleå Tekniska Universitet (LTU) - Arbetsvetenskap

Vid avdelningen för Teknisk psykologi arbetar doktoranden Alexandra Moore med projektet *Designfaktorer för välbefinnande i arbetsmiljö*. Handledare är professor Håkan Alm. Projektet utgår från miljöpsykologisk kunskap om hur ljus, färg m.m. påverkar människor biologiskt. Genom studier av verkliga arbetsplatser undersöks hur arkitekturen och några designfaktorer påverkar människors välbefinnande, upplevelser av energi i arbetet och arbetsresultat. En journalistisk presentation finns i (Cras 2007)

Finland: Oulu Universitet, Avdelningen för Arkitektur

Doktorand Henrika Ojala forskar om *Lägenheternas dagsljus och fasadutformningen i flerbostadshus*. Vid avdelningen bedrivs även forskning om färg ur ett arkitekturhistoriskt perspektiv, kontaktperson Aulikki Herneoja.

Finland: Helsingfors Tekniska Universitet (TKK), Avdelningen för arkitektur

SOTERA-institutet inom arkitekturavdelningen vid TKK (forskningsledare Satu Åkerblom) bedriver forskning om den byggda miljöns ljus och färg utifrån ett hälso- och omvårdnadsperspektiv. Projektet *En stad för alla sinnen* undersöker

den byggda miljön utifrån synskadades behov, och forskaren, doktorand Jukka Jokiniemi, är själv synskadad. www.tkk.fi/Yksikot/SOTERA/english/enindex.htm

Norge: Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet (NTNU), Trondheim

LYSFORSK är en tvärvetenskaplig forskningsgrupp som består av forskare från NTNU och forskningsinstitutet SINTEF. Gruppen leds av arkitekturprofessor Barbara Matusiak. Med utgångspunkt från fysik, fysiologi och psykologi arbetar man med ett brett spektrum av vetenskapliga problem kring ljus och färg, naturlig och artificiell belysning, seende och synnedsättningar. Bland annat bedrivs forskning om dagsljus och bebyggelse vid NTNU:s dagsljuslaboratorium.

www.ntnu.no/doktorgrader/2.halvaar.05/11.05/wyckmans.htm, www.ab.ntnu.no/byggekunst/ansatte/ansattesider/bam.html

Danmark: Arkitektskolan i Aarhus

Flera forskare arbetar med olika aspekter av dagsljus, bl.a. Ellen Kathrine Hansen som också är initiativtagare till nätverket **LYSnET** med focus på forskning och utbildning om liv, ljus och luft i byggnader. www.lysnet.com,

aarch.dk/23/personale/persondata/ellen-kathrine-hansen/?no_cache=1

Danmark, Arkitektskolan vid Det Kongelige Danske Kunstakademi, Köpenhamn

Här arbetar bland andra arkitekt Nanet Mathiasen med forskning kring dagsljus och byggnader. www.karch.dk

4.3 Utvecklingsarbete inom färg- och belysningsindustri

För att få en förståelse av industrins utvecklingsarbete har vi intervjuat företrädare för belysningsföretaget Philips, färgföretagen Alcro-Beckers och Akzo Nobel (som, bl.a. tillverkar färg med varumärket Nordsjö) samt Färginstitutet, som producerar färgkartor och färgprover.

Färginstitutet är ett kunskaps- och kompetenscentrum för färg. Basen för verksamheten är NCS-systemet, som man äger rättigheterna till. De prover som illustrerar NCS-systemet används för olika syften, där industrins produktion och kontroll av färgade produkter ställer mycket större noggrannhetskrav än färgkommunikation och färgval inom t.ex. byggnadssektorn. Färgprovssamlingar och andra NCS-produkter tillverkas därför med tre tydliga kvalitetsnivåer med olika krav på provernas färgnoggrannhet. Eftersom kolorimetriska värden beror på det enskilda instrumentet är det ännu så länge nödvändigt att använda fysiska referensprover vid noggranna färgbestämningar, och NCS-prover med den högsta kvalitetsnivån (NCS Calibrated Matching Standards) används som likare inom industri över hela världen.

Prover på de 1950 färger som illustrerar NCS-systemet produceras kontinuerligt. Man använder en i stort sett konstant uppsättning pigment, där grundkravet är att de ska vara ljusstabila och inte ge negativ miljöpåverkan. Pigmentens egenskaper kan dock ändras något mellan produktionstillfällena, varför recepten vid varje nyproduktion justeras så att proverna blir likadana som i tidigare serier – med vald noggrannhetsnivå. Bedömningarna sker visuellt i dagsljuslysrör, trebandslysrör och glödljus, och genom kolorimetrisk mätning fastställs att avvikelserna från fastställda värden håller sig inom toleransen.

De prover som utgör NCS-systemets likare är släta och relativt blanka. Jämförelser med ytor med andra glanser eller ytstrukturer erbjuder stora svårigheter, som till stor del har med belysnings- och betraktningssvinklar att göra. Om två ytor med olika glans och/eller struktur ger likadana kolorimetriska värden så innebär detta att de ser likadana ut i den specifika situation där mätningen görs. Redan en mycket liten skillnad i belysningsvinkel eller betraktningssituation kan dock göra att de ser olika ut. Detta beror till en del på effekter som blänk och beskuggning, men också på vår förståelse av materialen och deras egenskaper.

Färginstitutet arbetar med att hitta metoder att ange färgbeteckningar för prover med olika glanser och strukturer, t.ex. putsliknande prover för den planerade färgkartan *Exterior*. Man arbetar också med att hitta metoder att specificera färgen hos ytor som målats med effekt- och metallicpigment.

Utvecklingsarbetet inom de intervjuade färgföretagen är till stor del inriktat på att få fram produkter som till optimerade kostnader svarar mot högt ställda krav vad gäller både miljövänlighet och tekniska prestanda. Det sker ett kontinuerligt arbete med att få fram önskade kulörer i olika färgmaterial. I stort sett alla kulörer bryts fram med hjälp av ett begränsat antal brytpastor, som är anpassade till att kunna användas i en mängd olika färgtyper, med olika binde- och lösningsmedel.

En omfattande bank av recept utgår från dessa brytpastor, som hålls konstanta, i kombination med de olika färgprodukternas brytbaser som lättare kan förändras vid behov.

Vid Akzo Nobels Tintorama-laboratorium arbetar man med att utveckla nya kulörrecept. Man utgår från förlagor, som kan vara färgprover ur NCS färgkartor eller andra färg- eller materialprover. För att få fram ett ungefärligt recept börjar man med att jämföra förlagans spektralfördelning med redan existerande recept. Detta sker genom mätning med en spektrofotometer som utgår från den standardiserade teoretiska dagsljus-ljuskällan D65. Man kan välja att utgå från det recept som ger bästa färgåtergivning under denna ljuskälla eller från det som ger minsta känslighet för metameri i förhållande till förlagan. Frambrutna färgprodukter med valt recept stryks sedan upp på standardiserade underlag och bedöms visuellt i ljusboxar med dagsljusimiterande lysrör, vilket ger underlag för slutjusteringen av receptet.

Proceduren är densamma oavsett om det gäller produkter för utvändig eller invändig målning. Både lysrör och NCS-likare byts ut med jämna mellanrum för att minimera risken för åldersförändringar. Uppgifter om färgtemperatur och Ra-index hos en specifik ljuskälla är vanligtvis inte relevanta för färgindustrin, eftersom målsättningen är att få fram kulörer som är stabila oavsett belysning. Inte heller gör man någon speciell anpassning i förhållande till olika typer av ljuskällor.

En viktig del av färgindustrins utvecklingsarbete ligger inom det estetiska området. Akzo Nobel har av den anledningen upprättat en specialavdelning, *Estetiskt Center*, där man arbetar med bl.a. färgkartornas kulörurval, utveckling av produkter med speciella utseendekvaliteter och färgsättningar av interiöra och exteriöra miljöer. Alcro-Beckers samarbetar med externa färgsättare och designers, vilket bland annat resulterat i de årliga AD-kollektionerna (*Alcro Designers*). Målsättningen är, att de fackbutiker som säljer respektive varumärke också ska kunna bistå med både teknisk och estetisk rådgivning, och färgföretagen utvecklar för detta ändamål färgkartor med förslag på färgkombinationer och/eller fullständigt färgsatta miljöer. Anders Gustafsson på Alcro-Beckers understryker att färgindustrin har ett speciellt ansvar vad gäller färgförslag för utvändig färgsättning, där den enskilda byggnadens utseende påverkar en hel miljö.

Oavsett färgproduktens kvalitet kan får man räkna med större eller mindre metameri-effekter när den ska kombineras med andra material. För att skapa förståelse av detta förespråkar Alcro-Beckers att deras återförsäljare i sina butiker installerar "ljusbarer", där man kan jämföra prover av olika material under olika ljuskällor. Här används glödljus och olika lysrör, men inte LED eller metallhalogenlampor. Syftet med ljusbaren är framför allt att påvisa ljusberoende färgskillnader mellan de olika materialen. För att bedöma själva färgupplevelsen är dess värde begränsat, eftersom betraktaren inte är adapterad till ljuset inne i lådan.

En del av utvecklingsarbetet inom färgindustrin handlar om att utnyttja struktur, glans, transparens och andra specifika egenskaper hos den målade ytan för att åstadkomma speciella estetiska effekter. Här är samspelet med ljuset avgörande. Framför allt ljusets riktning kan, i samverkan med ytegenskaper och betraktningssvinkel, skapa mycket varierade visuella uttryck även hos ytor som har en och samma mätbara kulör. Ett annat sätt att skapa föränderliga upplevelser är att frångå kravet på minimal metamerikänslighet, något som har utnyttjats i Nordsjö:s kollektion *Levande kulörer*. För varje kulör har man där använt upp till sju olika brytpastor mot normalt högst tre, vilket gör att ytor målade med *Levande kulörer* varierar med belysningen mer än ytor målade med andra färgprodukter,

I belysningsindustrins utvecklingsarbete är den främsta uppgiften att erbjuda god belysning på ett energieffektivt sätt. Detta innebär en kontinuerlig utveckling av nya typer av ljuskällor och förbättringar av redan existerande typer. Det är här nödvändigt att göra kompromisser mellan olika krav på belysningens kvalitet och kravet på minskad energianvändning.

Vad gäller belysningens kvalitet ligger ett viktigt fokus på sambandet mellan ljus och hälsa. Ögats "tredje receptor" som reglerar bl.a. hormonproduktion är känsligast för korta våglängder, medan den strålning som gör att vi uppfattar ljus har starkast effekt vid längre våglängder. För färgåtergivningen är det viktigt att ljuset även innehåller våglängder som är både kortare och längre än det område som ger den största verkningsgraden i lumen per watt.

Vid användningen av LED, som ännu inte är aktuella för belysningsändamål, kan våglängdssammansättningen styras så att man, åtminstone i teorin, kan uppnå en optimal balans mellan hälsofrämjande kortvågig strålning och ljusgivande mer långvågig strålning.

Globalt används c:a 19% av all elektricitet till belysning, och av miljöskäl är det därmed angeläget att öka ljuskällornas energieffektivitet. De temperaturstrålare som ger god färgåtergivning, t.ex. glödlampor, har ofta dålig verkningsgrad genom att mycket av den använda energin omvandlas till värme i stället för ljus. Av den anledningen har de europeiska lamptillverkarna gemensamt föreslagit för EU en plan om successiv utfasning av de minst energieffektiva typerna av glödlampor. Detta ökar kraven på att utveckla nya lamptyper och förbättra den existerande lysrörsteknologin (Samtal med Leif Berggren dec -07).

På det internationella planet har företagen Philips och Akzo Nobel har ett etablerat samarbete. Under 2005 anordnade Philips en ljusutställning där sju containrar, ljussatta av olika arkitekter och konstnärer, turnerade runt i Europa. Den svenska containern skapades av konstnären Gösta Wessel och arkitekten Mårten Wessel och byggde på mönster som blev synliga eller osynliga när de belystes av dioder med olika färg. Mönstren var målade med Nordsjö-färg, speciellt framtagen för att optimalt motsvara diodljusets våglängder.

4.4 Slutsatser

Kunskapsfältet Färg – ljus – perception är till sin natur tvärvetenskapligt, och forskning och utbildning inom området är uppdelat på ett flertal discipliner vid universitet och högskola. Utöver detta bedrivs utvecklingsarbete inom industrin, vad gäller exempelvis ljuskällor, belysningsarmaturer och material för målning och infärgning. Detta utvecklingsarbete bygger i vissa fall vidare på den akademiska forskningens resultat.

Genom uppdelningen mellan olika institutioner och organisationer har det kommit att utvecklas olika forskningstraditioner och kunskapskulturer, vilket innebär att forskare ofta har svårt att tillgodogöra sig och förhålla sig till varandras metoder och resultat, trots att de arbetar med likartade frågor.

Huvuddelen av genomförd forskning behandlar antingen färg- eller ljusfrågor, men det har också gjorts ett fåtal studier av färg och ljus i samverkan och deras gemensamma betydelse för upplevelser av och i rum. Den metodutveckling som har gjorts inom dessa studier lägger grunden för en bredare forskning inom området.

5. Ljus- och färgsättning i praktiken

Nedanstående avsnitt bygger till stor del på en intervjuundersökning genomförd hösten 2007 av Jakob Behaya, studerande vid Konstfack och specialelev vid KTH-Arkitektur. Nio arkitektkontor av olika storlek och inriktning har intervjuats om hur färg- och ljusfrågor hanteras i projekteringen.

5.1 Vem väljer färger och ljus?

Valet av färger i arkitektur och byggande ses oftast som en del av det övergripande projekteringsarbetet och blir därmed arkitektens ansvar. Det är alltså relativt ovanligt att färgvalet görs av speciella konsulter. För större projekt där speciella inredningsarkitekter deltar finns en glidande ansvarsgräns mellan å ena sidan hus- och å andra sidan inredningsarkitekten. När det gäller ljus är det vanligare att någon speciell person på kontoret är den som tar hand om gestaltningen, ofta i samarbete med en el-konsult med speciell inriktning mot belysningsfrågor. På mindre kontor kan man också söka samarbete kring ljusfrågor med ett större arkitektkontor som har denna kompetens.

5.2 Projektörernas kunskaper om färg och ljus

Vilka kunskaper har då de personer som arbetar med ljus- och färggestaltning, och på vilket sätt har de skaffat sig dessa kunskaper? När det gäller färg går det inte att utläsa mycket ur den aktuella intervjuundersökningen, eftersom färgfrågor handhas av flertalet av kontorens arkitekter. Tidigare studier har visat på att arkitekternas utbildning inte har förmedlat tillgänglig kunskap på ett tillfredsställande sätt och att den färgförståelse som har förmedlats genom arkitektutbildningen har upplevts som otillräcklig av många projekterande arkitekter (Enberg et al. 1974). Vid en undersökning i slutet av 1990-talet visade sig studenternas faktiska kännedom om adekvata forskningsresultat etc. vara bristfällig, och de upplevde också att utbildningen lämnade dem otillräckligt rustade för att genomföra färggestaltande uppgifter. (Janssens & Mickelides 1998). I den nu aktuella undersökningen anger flera personer att de skaffat sig färgkunskap genom kurser, egna litteraturstudier eller annan vidareutbildning efter arkitektexamen, samt genom sin egen yrkeserfarenhet. Det förekommer samtidigt kommentarer om att dessa frågor behandlats otillräckligt inom den ordinarie arkitektutbildningen.

Frågor om ljus verkar på ett tydligare sätt särskiljas från den övergripande gestaltungsoppgiften och handhas av specialutbildade personer inom eller utanför arkitektkontoret. Den arkitekt eller inredningsarkitekt som arbetar med ljusfrågor har normalt skaffat sig ytterligare kompetens inom just ljusområdet, och detsamma gäller den el-konsult som åtar sig frågor om belysningsplanering. Däremot finns ingen entydig väg till att erhålla denna specialistkompetens. De som arbetar med ljusdesign /gestaltning har gått olika vägar för att hitta sin kunskap: Utbildning och/eller arbete inom scenografi, utbildning vid någon av de svenska högskolor som specialiserat sig på ljusutbildning (se nedan), grundläggande arkitektutbildning utomlands på skolor där ljus får större utrymme än vid svenska arkitektskolor, fortbildningskurser anordnade av belysningsföretag eller andra.

Det förefaller alltså som om den ordinarie arkitektutbildningen långt ifrån alltid givit de nu verksamma projektörerna tillräckliga kunskaper om frågor som rör färg och ljus. I vilken mån detta gäller även dagens utbildningsprogram framgår inte av undersökningen, men som framgår av bilaga 1 är det endast vid Chalmers som arkitektutbildningen innehåller obligatoriska kurser om färg och ljus i rumsliga sammanhang. Vid LTH och KTH bedrivs undervisningen huvudsakligen i projekt, vilket gör att innehållet av ljus- och färgkunskap beror på läraren och inte kan spåras genom kursbeskrivningar. För de övre årskurserna finns vid Chalmers och LTH valbara kurser som på olika sätt tar upp ljus- och färgfrågor.

5.3 Slutsatser

Vad gäller frågan om vem som ansvarar för färg- och ljusdesign förefaller det finnas två delvis motstridiga trender. Flera av de intervjuade arkitekterna trycker på att ljus och färg inte bör behandlas skilt från övrig gestaltning, varför arkitekten bör kunna arbeta med dessa frågor på samma sätt som med projektets övriga aspekter. Samtidigt finns en tydlig specialisering där ljusfrågor handhas av arkitekter med speciell kompetens inom området, eller av en ny yrkesgrupp, ljusdesigners. Detta kan i både tanke och praktik leda till att ljusfrågor särskiljs från övrig gestaltning och att man inte tillräckligt beaktar samverkan mellan färg och ljus. Resultatet kan bli en väl genomtänkt ljusmiljö, men risken finns också för outnyttjade gestaltungsmissigheter och direkta misstag eftersom ljus och färg inte planeras tillsammans.

Det förefaller också finnas behov av utökad utbildning inom färg- och ljusområdena. Det vore önskvärt att studieplanerna vid de ordinarie arkitektutbildningarna angav kunskapsmål om färg och ljus eller på annat sätt ställde krav på att dessa frågor skulle ingå i den obligatoriska undervisningen. Behoven av påbyggnadsutbildning inom området kan tillgodoses både inom högskolans ram och genom andra organisationer eller företag. Detta sker redan, men kan utvecklas ytterligare.

De existerande utbildningsinsatserna inom området är oftast inriktade mot antingen ljus eller färg. Det är angeläget att man i högre grad ser till ljus och färg i deras rumsliga samverkan och bygger upp utbildningar som skapar en förståelse för detta. För att främja och förbättra samarbetet mellan olika yrkesgrupper som arbetar med ljus och färg är det också angeläget att erbjuda utbildningsinsatser som kan ge dem ökad förståelse för varandras kompetens.

6. Om forskningsbehovet

Kunskapsöversikten visar att forskningen om färg och ljus är uppdelat på ett flertal discipliner vid universitet och högskola. Utöver detta bedrivs utvecklingsarbete inom industrin vad gäller exempelvis ljuskällor, belysningsarmaturer och material för målning och infärgning. Genom uppdelningen mellan olika institutioner och organisationer har det kommit att utvecklas olika forskningstraditioner och kunskapskulturer, vilket innebär att forskare ofta har svårt att tillgodogöra sig och förhålla sig till varandras metoder och resultat, trots att de arbetar med likartade frågor.

Samtidigt finns ett stort behov av forskning som sammanför kompetens från olika discipliner och professioner. De senaste decenniernas tekniska utveckling har skapat nya ljuskällor för belysning av den byggda miljön. Dessa tillgodoser ofta kraven på effektiv energianvändning mycket bättre än traditionella glödlampor. När man inte längre använder temperaturstrålare med ett kontinuerligt spektrum uppkommer dock nya problem och nya val vad gäller den spektrala sammansättningen hos den strålning som avges. Olika sätt att definiera ”bra ljus” vägs mot varandra och ger lösningar som i olika grad tillfredställer krav på energieffektivitet, påverkan på vakenhet och dygnsrytm, upplevd ljusfärg och färgåtergivning. Resultatet blir alltid en kompromiss, och för att man ska kunna väga ihop alla dessa krav krävs en bred förståelse av många olika aspekter hos ljuset.

Redskapen för denna förståelse är dock relativt dåligt utvecklade. De etablerade metoderna och begreppen för att beskriva ljusfärg och färgåtergivning är inte anpassade efter de nya ljuskällornas egenskaper. Det saknas också kunskap om de nya ljuskällornas upplevelsemässiga effekter i interiöra och exteriöra sammanhang, deras betydelse för rumsupplevelsen och deras samverkan med färg och övriga egenskaper hos naturliga och tillverkade material.

Under det senaste decenniet har det inom svensk arkitekturforskning genomförts flera studier av samverkan mellan ljus och färg i rumsliga sammanhang, och ytterligare forskning inom området pågår. De gjorda studierna har ökat vår förståelse för det komplexa problemområdet och samtidigt gjort det möjligt att formulera nya frågor av stor relevans för helhetsupplevelsen av färg, ljus och rum i den byggda miljön. En viktig del av denna forskning har varit att utveckla metoder för studiet av människors visuella bedömning och upplevelse av färg, ljus och rum. Därigenom finns idag bättre utvecklade redskap för studiet av dessa frågor. (Janssens 1998; Billger 1999; Fridell Anter 2000; Klarén 2002; Janssens 2004; Hårleman 2007). Även internationellt pågår arbete med att utveckla metoder för visuell bedömning och utvärdering av existerande eller planerad fysisk miljö (Xiao et al. 2003; Hering 2004; Kutas et al. 2005; Pernaio 2007).

Mot bakgrund av detta kan vi identifiera två områden där redan genomförda forskningsinsatser skulle kunna ligga till grund för nya forskningsprojekt, med målet att ge väsentliga bidrag till vår kunskap om färg, ljus och deras samverkan i rummet.

”Bra ljus” och ”bra färg” ur olika aspekter. Tvärvetenskaplig förståelse av ljusets och färgsättningens betydelse för människan hälsa och välbefinnande.

Forskning kring dessa frågor berör både färg- och ljusfrågor, är med nödvändighet tvärvetenskaplig och innefattar personer, teorier och metoder från flera olika discipliner och erfarenhetsområden (arkitektur, vårdvetenskap, psykologi, fysiologi, belysningsteknik, estetisk/konstnärlig erfarenhet inom det visuella området etc.). För åtskilliga delaskpekter finns redan relevanta forskningsrön och i flera fall även pågående forskning. Det finns dock ett behov av att samordna dessa insatser och formulera forskningsfrågor och metoder som gör det möjligt att förstå helhetsverkan av olika lösningar, med beaktande av delaskpekter som i många fall kan ge motstridiga indikationer om vad som bör väljas.

Färg, ljus och rumsupplevelse

Avsikten med forskning inom detta fält är att förbättra kunskapsgrunden för användningen av ljus och färg i arkitektonisk gestaltning. Redan genomfört arbete inom området kan tjäna som utgångspunkt för studier av samverkan mellan ljus och färg i rumsliga sammanhang. Frågeställningen berör både färg- och ljusfrågor och forskningsarbetet innefattar personer, teorier och metoder från flera olika discipliner (arkitektur, belysningsteknik, psykologi etc.). Det är angeläget att genom internationellt samarbete utvärdera och utveckla metoder för studiet av dessa frågor, och detta kan i sin tur bidra till en förnyad och klargörande diskussion om till synes motstridiga forskningsresultat som erhållits med sina emellan olika metoder.

7. Övriga åtgärder, förslag

Kunskapsöversikten visar på ett stort behov av ökad förståelse och kunskapsutbyte mellan akademiska discipliner, professioner och branscher som arbetar med olika aspekter av färg och ljus. De grundläggande begreppen används ofta på olika sätt i olika sammanhang, vilket kan leda till missförstånd om inte alla inblandade är medvetna om den komplexa naturen hos de företeelser man arbetar med. En tvärvetenskaplig och interprofessionell förståelse förutsätter också grundläggande kunskap om varandras terminologi, teoretiska grundvalar och praktiska arbetsbetingelser. Allt detta visar på behovet av utbildningsinsatser med syfte att bredda förståelsen av ljus- och färgfrågor och skapa förutsättningar för förbättrad kommunikation mellan människor med olika specialkompetens. Både inom den ordinarie utbildningen för respektive yrken och genom vidareutbildning bör man visa på kunskapsområdets komplexa och motsägelsefulla karaktär. En viktig utbildningsinsats skulle också vara konferenser, seminarier eller *workshops* där människor som arbetar inom de berörda områdena kunde träffas kring olika frågeställningar och lära av varandra.

Högskoleutbildning om ljus och färg i rumslig samverkan

Det är angeläget att man i högre grad än idag ser till ljus och färg i deras rumsliga samverkan och bygger upp utbildningar som skapar en förståelse för detta. Som framgår av inventeringen av nuvarande utbildningsinsatser finns ingen samlad utbildning på högskolenivå som lägger focus på samverkan mellan färg och ljus. Det finns dock ett antal ansatser, främst i samband med utbildningar som primärt behandlar ljusfrågor. Hösten 2007 påbörjas arbetet med ett nordiskt nätverk med målet att åstadkomma en gemensam ljusutbildning på masternivå. Vi ser detta som en möjlig öppning för att åstadkomma en utbildning som på ett integrerat sätt behandlar ljus, färg och deras samverkan i rummet.

Färg och ljus i arkitekternas utbildning

Ansvaret för ljus- och färgfrågor i byggnadsprojekteringen är oftast en integrerad del av arkitekternas rumsgestaltande arbete. Det förefaller dock som om den ordinarie arkitektutbildningen inte alltid ger projektören tillräckliga kunskaper i färg- och ljusfrågor. Det vore därför önskvärt att studieplanerna vid de ordinarie arkitektutbildningarna angav kunskapsmål om färg och ljus eller på annat sätt ställde krav på att dessa frågor skulle ingå i den obligatoriska undervisningen.

Utbildning för ökad samverkan och utbyte mellan färg- och ljusindustrin

Både ljuskällor och färgmaterial utvecklas och marknadsförs som verkningsfulla medel i skapandet av rum och miljöer för människor att vistas i. En ökad kunskap om samverkan mellan ljus och färg och deras gemensamma betydelse för rumsupplevelsen skulle kunna underlätta för både färg- och ljusindustrin att tillhandahålla optimalt anpassade produkter. En förbättrad kontakt mellan färg- och ljusindustrins respektive kunskapsvärldar och människor kan också resultera i hittills osedda innovativa idéer. Detta kan åstadkommas genom seminarier och kurser riktade till färg- och ljusindustrins anställda, med utrymme för information om aktuella forsknings- och innovationsprojekt och ett ömsesidigt kunskapsutbyte mellan människor från respektive bransch.

Forskar- och branschkonferens om nya ljuskällor och deras effekter

Den växande medvetenheten om miljöhot och klimatförändringar leder till hårdare krav på energisparande inom belysningsområdet, och nya typer av ljuskällor utvecklas snabbt för att möta de nya förutsättningarna. Kunskapen om egenskaperna hos de nya ljuskällorna (bl.a. LED) och deras effekter för människor och miljö är dock fragmenterad. Som ett första led i en förstärkt kunskapsuppbyggnad inom området föreslår vi en konferens där ledande forskare och företrädare för ljus- och färgbranscherna presenterar sina rön och erfarenheter. Konferensen skulle vara öppen för forskare och praktiker som arbetar med ljus, färg och /eller rumsgestaltning.

Publicering av kunskap och debatt

Det finns ett mycket stort behov av informationsinsatser för att sprida och nyttiggöra den kunskap som kontinuerligt skapas genom forskning och praktikererfarenhet inom ljus- och färgområdena. Den annoterade bibliografin om ljus- och färglitteratur som gjorts parallellt med denna kunskapsöversikt uppvisar endast ett fåtal aktuella titlar som tar upp både färg och ljus och diskuterar dem ur ett rumsligt perspektiv.

För att öka förståelsen för ämnesområdet är det angeläget att kunskap och debatt om ljus, färg och deras samverkan i rummet förs ut till både allmänhet och fackfolk. Detta kan ske genom böcker, småskrifter, artiklar i fack- och dagspress samt genom Internet.

8. Referenser

- Billger, M. (1999). *Colour in Enclosed Space*. Göteborg, Dep. of Building Design, Chalmers University of Technology.
- Billger, M. (2006). Rummet som färgernas möteplats. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 147-164.
- Boverket (2004). *Boverkets författningssamling BFS 2004:15*.
- CIE (2004). *Publication 159: A Colour Appearance Model for Colour Management Systems: CIECAM02*, International Commission on Illumination **159**.
- CIE (2007). "Energisparande kräver smart belysning. Pressmeddelande från CIE:s kongress 2007." *Ljuskultur*(5/2007): 24.
- Cras, I.-L. (2007). "Färg bland de viktigaste designfaktorerna på kontor." *Färghotiser*(86).
- Derefeldt, G. & U. Berggrund (1994). *Färg som informationsbärare*. Stockholm, FOA.
- Ejhed, J. (2007). "Den 26:e CIE-kongressen i Beijing 2007." *Ljuskultur*(5/2007): 19-22.
- Enberg, K., K. Fridell-Larsson, Å. Svedmyr & H. Wannfors (1974). *Färgsättning inom byggnadsbranschen*. Stockholm, Målaremästarnas Riksförening i Sverige.
- Ferring, M. (2006). *Dionysos på Årsta Torg - färgfrågan i svensk efterkrigsarkitektur*. Stockholm, Arkitektur och samhällsbyggnad, KTH.
- Fridell Anter, K. (2000). *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*. Stockholm, Arkitektur, KTH, Stockholm.
- Fridell Anter, K., Ed. (2006). *Forskare och praktiker om FÄRG, LJUS, RUM*. Stockholm, Formas.
- Fridell Anter, K. (2006). Färgsystem och färgbeteckningar. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 139-146.
- Gibson, J. J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston.
- Green-Armytage, P. (2006). "The Value of Knowledge for Colour Design." *Color Res. Appl* **31**(4): 253-269.
- Hering, B. (2004). *Farben im Jahreskreis (Colours of the Seasons)*, Exhibition presentation, WESTWERK.
- Hjertén, R., I. Mattsson & H. Westholm (2001). *Ljus inomhus*. Stockholm, Arkus.
- Hård, A. (1995). Det naturliga färgsystemet. *Färgsystemet NCS. Tanke, tillkomst, tillämpning. Färgantologi bok 1*. A. Hård & Å. Svedmyr. Stockholm, Bygghälsningsrådet.: 53-125.
- Hård, A. (1995). Rum i olika ljus och färg. *Upplevelse av färg och färgsatt miljö. Färgantologi bok 2*. A. Hård, R. Küller, L. Sivik & Å. Svedmyr. Stockholm, Bygghälsningsrådet: 121-161.
- Hård, A. & Å. Svedmyr (1995). *Färgsystemet NCS. Tanke, tillkomst, tillämpning. Färgantologi bok 1*. Stockholm, Bygghälsningsrådet
- Hårleman, M. (2006). Varmt och kallt i norr och söder. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas.
- Hårleman, M. (2007). *Daylight Influence on Colour Design. Empirical study on perceived colour and colour experience indoors*. Stockholm, Axl Books.
- Janssens, J. (1998). Computerised environmental simulation and perceptual evaluation. *Architectural and urban simulation techniques in research and education. Third conference of the European Architectural Endoscopy association*. J. van der Does, J. Breen & M. Stellingwerff. Delft, Delft University Press: 65-72.
- Janssens, J. (2004). Miljösimulering. *Svensk miljöpsykologi*. M. Johansson & M. Küller. Lund, Studentlitteratur: 193-206.
- Janssens, J. (2006). Lagom är bäst - om belysning och färgsättning på kontor. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 197-212.
- Janssens, J. & B. Mikellides (1998). "Color Research in Architectural Education - A Cross-Cultural Explorative Study." *Color Res Appl* **23**(5): 328-334.
- Katz, D. (1935). *The world of colour*. London.
- Kjellström, R. (2004). *Exteriör färgsättning på bostadsbebyggelse under 1800-talet. Fyra områden i södra Sverige*. Lund, Bebyggelsevård, Lunds Tekniska Högskola.
- Klarén, U. (2000). *Den estetiska ytan. Om formell gestalt, analog abstraktion och logiskt expressiv symbolik*. Stockholm, Konstfack.
- Klarén, U. (2002). *Färg, Ljus och Rum - Om Gösta Wessels ljusstittskåp*. Stockholm, Konstfack.
- Klarén, U. (2006). Vara verkan eller verka vara. Om färg, ljus, rum och estetisk uppmärksamhet. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 283-310.

- Klarén, U. & K. Fridell Anter (2007). *Gråfärger och rumsupplevelse*. Stockholm, Pågående arbete vid Konstfack.
- Knez, I. (2005). Ljusets psykologiska inverkan. *Svensk miljöpsykologi*. M. Johansson & M. Küller. Lund, Studentlitteratur: 71-84.
- Krupinska, J. (2006). Rummet - arkitekturens väsen. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 253-282.
- Kutas, G., K. Gócza, P. Bodrogi & J. Schanda (2005). Colour size effect. *AIC Colour 05. The 10:th congress of the International Colour Association*. J. L. Nieves & J. Hernández-Andrés. Granada, Spain: 887-890.
- Küller, R. (1981). *Non-Visual Effects of Light and Colour. Annotated Bibliography*. Stockholm, Bygghälsorådet.
- Küller, R. (2005). Icke-visuella effekter på människan av ljus och färg. *Svensk miljöpsykologi*. M. Johansson & M. Küller. Lund, Studentlitteratur: 85-100.
- Küller, R. (2006). Färg, ljus och människa. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas.
- Liljefors, A. (2003). *Seende och ljusstrålning*. Jönköping, Belysningslära, Ljushögskolan, Högskolan i Jönköping.
- Liljefors, A. (2006). Ljus och färg i seendets rum. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 229-250.
- Ljuskultur (2007). *LED- ljus ur lysdioden*, Ljuskultur.
- Löfberg, H. A. (1987). *Räkna med dagsljus*, Statens institut för byggnadsforskning.
- Magnusson, L. (2007). *Ny och framtida effektiv belysningsteknik*, Elforsk rapport 07:03.
- NSVV (2003). *Light and Health in the Workplace*. Arnheim, NSVV Committee on Light and Health.
- Olsson, G. (2004). *Färgperspektiv - kunskap och forskning om färg i arkitekturen*. Stockholm, KTH Arkitekturskolan.
- Pernao, J. (2007). *The interpretation of reality through color: Measurement, registration, analysis and application of psychometric data to the establishment of chromatic invariables in perception. Work in progress*. Lisbon, Lisbon Tecnical University - Architecture.
- Pettersson, T. (2007). *Glas påverkar färgerna i en miljö*. *Ljuskultur*: 40-45.
- Philips (Odaterad). *Ljus och färger. Färgval och ljuskällor*, Philips.
- Pleijel, G. (1954). *The computation of natural radiation in architecture and town planning*, Meddelande från Statens nämnd för byggnadsforskning.
- Sandström, M., U. Bergqvist, R. Küller, T. Laike, A. Ottosson & R. Wibom (2002). *Belysning och hälsa. En kunskapsöversikt med fokus på ljusets modulation, spektralfördelning och dess kronobiologiska betydelse*. Stockholm, Arbetslivsinstitutet.
- Stahre, B. (2006). *How to Convert Reality into Virtual Reality. Exploring Colour Appearance in Digital Models*. Göteborg, Architecture, Chalmers University of Technology.
- Starby, L. (1992). *Belysningshandboken. Underlag för planering av belysningsanläggningar*. Stockholm, Ljuskultur.
- Starby, L. (2006). *En bok om belysning*. Stockholm, Ljuskultur.
- Svedmyr, Å. (1995). Färg och varierande yttre betingelser. *Upplevelse av färg och färgsatt miljö Färgantologi bok 2*. . A. Hård, R. Küller, L. Sivik & Å. Svedmyr. Stockholm, Bygghälsorådet: 79-107.
- Svedmyr, Å. (2002). *Den målade fasadytans materialitet*. Stockholm, Arkitektur/Formlära, KTH.
- Thelke Schröder, K. (2007). *Nya forskningsrön påverkar framtidens belysningslösningar*. *Ljuskultur*: 32-39.
- Tonnquist, G. (1995). *Färgsystemanalys. Färgantologi bok 3*. Stockholm, Bygghälsorådet.
- Torsson, B. (2006). I färgernas värld. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas.
- van Bommel, W. (2003). *The third photoreceptor in the human eye and its meaning for lighting* *PAL 2003 Symposium*. Darmstadt University of Technology.
- Wessel, G. (2005). Visuella världar 2. *Metod och praktik - Årsbok 2005 om Konstnärligt FoU*. T. Lind. Stockholm, Vetenskapsrådet: 146-168.
- Wessel, G. (2006). *Vernissagetext 13/10 2006* from www.wessel.se
- Wijk, H. (2006). Färg som stöd och stimulans i vårdmiljön. *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. K. Fridell Anter. Stockholm, Formas: 213-228.
- Wright, W. D. (1969). *The measurement of colour*. London, Adm Hilger.
- Wunsch, A. (2007). "Artificial lighting and health." *Professional Lighting Design* **53**(Jan/Feb 2007): 46.
- Xiao, K., M. R. Luo, C. J. Li, P. A. Rhodes & C. Taylor (2003). *Specifying the Colour Appearance of a Real Room*. The 11th Color Imaging Conference, Scottsdale, Arizona, IS&T and SID.

Bilaga 1: Utbildningar som tar upp ljus och färg

Olika aspekter av fenomenen ljus och färg behandlas inom en rad olika discipliner: fysik, biologi, psykologi, fysiologi, kemi etc. Den ljus- och färgutbildning som kan vara relevant för gestaltning av byggd miljö är dock betydligt mera begränsad. Nedanstående inventering bygger på vår egen bransch erfarenhet, litteraturreferenser, internetsökningar och ett antal telefonintervjuer, genomförda under sommaren och hösten 2007. Den mer specifika informationen bygger till stor del på respektive institutions hemsida på Internet.

Arkitektutbildning

Arkitekter utbildas vid de tekniska högskolorna i Stockholm (KTH), Göteborg (Chalmers) och Lund. Sedan 2007 omfattar utbildningen fem år.

Arkitektutbildningen vid KTH i Stockholm har till största delen projektbaserad undervisning utan fasta kursmoment. Det betyder att frågor om ljus och färg introduceras i utbildningen genom arbete med projekten, vilket gör undervisningen starkt beroende av den enskilda lärarens intresse och kunskaper om dessa frågor. I den aktuella (2007) studiehandboken för KTH-A nämns orden *färg* och *ljus* vardera en gång: Färg i samband med en kurs i arkitekturkommunikation (2 veckor åk 1) och ljus i samband med introduktionskursen för åk1 (som ena ledet i begreppsparet ljus - taktilitet). Forskarutbildningsämnet Formlära omfattar arkitektens formspråk, rummets gestaltning samt upplevelsen av form, material och klimat (i betydelsen ljus, färg, luft och ljud). Fram till c:a 2003 fanns också ämnet Belysningslära, som omfattade den byggda miljöns utformning för att tillgodose kraven på belysning, dagsljus såväl som elbelysning, i människors olika verksamheter.

Chalmers – Arkitektur har i årskurs 1 totalt 8 veckors utbildning i ”Färg form och visualisering”, där ett av de uttalade målen är att analysera, tolka och beskriva färgens, formens och rummets gestalt. Grundläggande begrepp som komposition, dimension, proportion, rytm, färg och ljus övas och diskuteras. I kurslitteraturen handlar fyra av fem specificerade titlar om färg, varav en även om ljus. Forskning och undervisning om färg och ljus ingår i kompetensområdet Form. Sedan läsåret 2006-2007 håller Chalmers-Arkitektur en årlig kurs på masternivå med rubriken *Ljus och mörker i stadsrummet*. Den omfattar 7,5 högskolepoäng (5 arbetsveckor) och vänder sig till arkitekt- och designstuderande som avslutat sina första tre år samt yrkesverksamma arkitekter och planerare. Kursen ges på distans i samarbete med *Ljus i Alingsås*, och avslutas under ljusdagarna i Alingsås. Vid Chalmers finns också det femåriga utbildningsprogrammet Arkitektur och teknik. Inom utbildningens första treårsperiod finns ”grundläggande arkitekturkurser som form, färg, skissteknik och arkitekturhistoria”.

Vid LTH –Arkitektur bedrivs undervisningen huvudsakligen i projekt, vilket gör att innehållet av ljus- och färgkunskap beror på läraren och inte kan spåras genom kursbeskrivningar. I årskurs 4 fanns vårterminen 07 den valfria fyra veckors kursen *Ljus och färg i ett miljöpsykologiskt perspektiv*. Ur kursbeskrivningen: ”Målet med kursen är att ge kunskap om ljuset som en del av människans omgivning samt grunderna för god belysningsplanering, vidare att ge kunskap om färgseende och färgperception samt om färgens inverkan på upplevelsen av omgivningen. Kursen omfattar även en orientering i forskningens senaste landvinningar om hur ljus och färg påverkar människans välbefinnande och hälsa.”

Utbildning till inredningsarkitekt

Inredningsarkitekter utbildas vid Konstfack i Stockholm och vid HDK i Göteborg.

På *Konstfack* bedrivs undervisningen till inredningsarkitekt inom institutionen för inredningsarkitektur och möbeldesign. Gemensamt för hela Konstfack finns *perceptionsstudion*, som beskrivs som ”ett kompetenscentrum för perceptionstudier/färg- och ljus; konstnärlig praktik och sinnlig erfarenhet, estetisk reflexion och filosofi, kognitions- och perceptionspsykologisk teori.” www.konstfack.se/konstfack/jsp/polopoly.jsp?d=10&t=1. Perceptionsstudion ger kurser i perception, färg- och ljus på kandidat- och masternivå, erbjuder enstaka kurser, rådgivande verksamhet och handledning vid examensarbeten. Undervisningen bedrivs som självständigt undersökande arbete - omvärldsstudier och ateljéarbete - med stöd i föreläsningar, seminarier, litteraturstudier, laborationer/ demonstrationer och studiebesök. I utbildningen till inredningsarkitekt ingår på kandidatnivån 7 - 10 heltidsveckor om färg, ljus och perception, och för övriga inriktningar på Konstfack är utbildningen i färg, ljus och perception mellan 0 och 6 veckor på

kandidatnivå. På masternivå erbjuds ytterligare 6 heltidsveckor, som hålls i samarbete mellan perceptionsstudion och institutionen för inredningsarkitektur.

På HDK (*Högskolan för Design och Konsthantverk*) i Göteborg är utbildningen en mer allmän designutbildning. Där det finns möjligheter att läsa kurser i inredningsarkitektur och själv komponera en utbildning till inredningsarkitekt. Hemsidan ger inte tillräcklig information om det konkreta kursinnehållet.

Högskoleprogram för ljusdesign

Vid KTH:s Skola för Teknik och Hälsa i Haninge finns *Ljuslaboratoriet* www.syd.kth.se/ljus/default.php. Där bedrivs utbildning med speciell inriktning på ljusdesign. I kursbeskrivningen nämns ingenting om ljusets samverkan med färg. Ett ettårigt heltidsprogram på magisternivå i "Architectural Lighting Design". Kursen bedrivs på engelska och samlar studenter från många delar av världen. Förkunskapskraven är kandidatexamen (3 år) från arkitektur-, design- eller ingenjörsprogram eller motsvarande internationell utbildning. www.kth.se/sth/haninge/Ljus. Fristående kurser i bl.a. ar-maturdesign.

Vid Tekniska Högskolan i Jönköping www.jth.hj.se/doc/631 finns utbildning i ljusdesign med inriktning mot belysning i provat och offentlig miljö, ute och inne eventljus (utställningar, TV m.m.). Båda utbildningarna är på kandidatnivå och omfattar två år. I kursbeskrivningen nämns ingenting om ljusets samverkan med färg. Dessutom finns ett ettårigt på-byggnadsprogram. Ett ettårigt magisterprogram planeras starta höstterminen 2009.

Övrig designutbildning på högskolenivå

Åtskilliga universitet och högskolor ger utbildningsprogram och/eller kortare kurser med designinriktning. Vanligtvis har de dock ingen speciell inriktning på ljus eller färg. Några exempel:

KTH - Skolan för Teknik och Design (inom utbildningen till högskoleingenjör)

Industridesign med färg och form I. 5 veckors kurs inom institutionen för Byggteknik och design. Förkunskaper grundläggande ingenjörsmetodik. *Industridesign med färg och form II.* 5 veckors kurs inom institutionen för Byggteknik och design. Förkunskaper grundläggande ingenjörsmetodik, grundläggande kunskaper i 3D CAD samt kursen *Industridesign med färg och form I.*

Högskolan i Kalmar, Institutionen för Kommunikation och Design.

Det treåriga *designprogrammet* anger inget specifikt om färg eller ljus i sin kurspresentation. Det ettåriga *magisterprogrammet i design* vänder sig till den som redan har grundexamen i design. I kursbeskrivningen nämns ingenting om färg eller ljus.

Högskolornas vidareutbildningskurser för yrkesverksamma

De kurser som högskolorna ger för yrkesverksamma sammanfaller ibland med magister/master-kurserna, men det finns också renodlade vidareutbildningskurser. Utbudet växlar från år till år. Hösten 2007 kunde vi hitta följande vid de högskolor som har arkitekt- eller inredningsarkitektutbildning.

Vid LTH finns under höstterminen 07 två relevanta vidareutbildningskurser:

Färg, 6 hp (motsvarar 4 heltidsveckor). "Kursen kommer att sätta färgen i centrum vid iakttagelsen av arkitektur. Kursen tränar deltagarens förmåga att förstå färgsättningar på befintlig bebyggelse från olika tidsepoker samt ge insikt i olika färgmaterials egenskaper, sammansättning och karaktär."

Människan och inomhusmiljön, 7,5 hp (motsvarar 5 heltidsveckor). "Kursen ger aktuell kunskap om människan och inomhusmiljön med avseende på klimat, luft, ljud och ljus samt metoder och strategier för riskbedömning och åtgärdande. Kursen ges i samarbete med Center for Indoor Environment and Energy vid DTU i Lyngby."

Vid CTH vänder sig den ovan beskrivna masterkursen *Ljus och mörker i stadsrummet* uttryckligen även till yrkesverksamma. Vidareutbildningskurser för yrkesverksamma ges även av KTH. Jag har dock inte hittat någon som handlar om ljus eller färg (även om dessa moment kan ingå i någon kurs). Vid Konstfack ger perceptionsstudion fortbildningskursen *Färg- och ljusorientering*, motsvarande 3 heltidsveckor

Kvalificerad yrkesutbildning på eftergymnasial nivå

Sverigefinska folkhögskolan i Haparanda ger en tvåårig utbildning i ljusdesign. I kursbeskrivningen nämns ingenting om ljusets samverkan med färg. www.svefi.net/ljusdesign

Gymnasieskolan

Utbildningen till *målare* sker inom byggprogrammet.

http://www.gymnasium.se/Byggprogrammet_BP__96_.html och

www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0405&infotyp=15&skolform=21&id=1834&extraId=0

I kursbeskrivningen står ingenting om färgsättning, men man kan förutsätta att viss utbildning inom området ingår.

Elektrisk utbildning sker inom elprogrammet www.gymnasium.se/Elprogrammet_EC_d2060.html och

www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0405&infotyp=15&skolform=21&id=3&extraId=0

Där finns en valbar kurs i belysningsteknik.

Övrig utbildning

Kurser om NCS och om färganvändning i olika sammanhang ges av företaget *Färgskolan* www.fargskolan.se. De utan-
nonserade kurserna är 2-6 dagar långa, och Färgskolan erbjuder också företagsanpassade kurser. I vissa av dessa kurser
ingår även ljus i kursrubriken.

Korta belysningskurser för yrkesverksamma ges av företaget *Ljusskolan* www.ljusskolan.nu. I kursrubriker och kursbe-
skrivningar nämns ingenting om färg.

Kurser om färg och ljus (separat eller i samverkan) ges även av fristående konsulter.

Tillverkare och återförsäljare av färgmaterial och belysningskomponenter bedriver egna vidareutbildningar av personal,
återförsäljare och andra kontakter.

Konstnärlig utbildning på olika nivåer innefattar naturligtvis mycket om färg och även ljus, men med en inriktning som
vanligtvis inte är direkt tillämpbar i byggnadssammanhang.

Utbildning med *scenografisk inriktning* bedrivs på olika nivåer. Den kan leda vidare till arbete med färg- och ljusdesign
och byggnadssammanhang med inventeras inte närmare här.

Bilaga 2: Organisationer som arbetar med ljus och färg

Internationella organisationer

AIC

Den internationella färgassociationen, förkortad AIC efter sitt franska namn *Association Internationale de la Couleur*, är ett organ för internationellt samarbete och utbyte om alla frågor som rör färg. Associationens medlemmar är nationella organisationer och enskilda medlemmar från ett 30-tal länder. Inom AIC finns arbetsgrupper kring olika frågor, bland annat utbildningsfrågor och färgdesign av den fysiska miljön. Konferenser och kongresser hålls varje år, och i juni 2008 står Sverige som värdland med temat *Colour Effects and Affects*. Färgskolans VD Berit Bergström är AIC:s vice president och ordförande för AICs studiegrupp för färgutbildning. www.aic-colour.org

CIE

Den internationella belysningskommissionen, förkortad CIE efter sitt franska namn *Commission Internationale de l'Éclairage*, är ett organ för internationellt samarbete och utbyte om alla frågor som rör belysning. Organisationen är uppbyggd av 38 nationella kommittéer från alla delar av världen. Inom CIE finns ett stort antal tekniska kommittéer och arbetsgrupper som arbetar med olika aspekter av ljus, och till viss del även med färgfrågor. Den internationella standardiseringsorganisationen ISO har utsett CIE som standardiseringsorgan för belysningsfrågor. Bland CIE:s ledande medlemmar finns svenskarna Jan Ejhed och Gunilla Derefeldt. www.cie.co.at

ELDA se PLDA

PLDA

Professional Lighting Designers' Association hade tidigare namnet *ELDA (European Lighting Designers' Association)* men har under 2007 utvidgat sitt verksamhetsområde. www.pld-a.org. PLDA organiserar professionella ljusdesigners och anordnar möten, utställningar och workshops (bl.a. det årligen återkommande *Light in Alingsås*, www.alingsas.se/ljus/sverige/main04_sv/indexlight.htm). Den svenska professorn Jan Ejhed är styrelseledamot och f.d. ordförande för organisationen.

Svenska organisationer och branschorgan

Belysningssällskapet

Svenska Belysningssällskapet är en ideell förening som arbetar för kunskap, kreativitet och utveckling inom belysningsområdet samt för att öka insikten om ljusets betydelse för den totala miljön. Föreningen arrangerar och bjuder in till möten, föredrag och debatter om aktuella ämnen liksom studiebesök på intressanta projekt. Svenska belysningssällskapet är en av arrangörerna för den årligen återkommande tävlingen Svenska Ljuspriset. www.ljuskultur.se/ljk2/nav/SBS/innehall.html

Elforsk AB är de svenska elföretagens forsknings- och utvecklingsbolag och ägs av Svensk Energi och Svenska Kraftnät. Verksamheten startade 1993 och det övergripande syftet är att rationalisera den branschgemensamma forskningen och utvecklingen. Inom verksamhetsområdet ligger vissa frågor som gäller belysning. www.elforsk.se

Färgcentrum

Stiftelsen Svenskt Färgcentrum bildades 1964 på initiativ av svensk industri och svensk design genom IVA och dåvarande Svenska Slöjdföreningen numera Svensk Form. Finansiärer var hela svenska färgindustrin och industriföretag som Ericsson, Electrolux, Perstorp, KF m fl. Färgcentrum har till uppgift att främja vetenskaplig forskning inom färgområdet av intresse för industrier, institutioner och enskilda som arbetar med färg, samt sprida nya kunskaper och erfarenheter inom färgområdet och vara ett naturligt centrum för färg och färgforskning. Idag fungerar Färgcentrum i praktiken som en medlemsorganisation med ovanstående uppdrag, och både individer och företag är medlemmar. Man ger ut tidskriften *Färgnotiser* och arrangerar bl.a. årligen återkommande färgdagar med föredrag m.m.. Färgcentrum är svensk medlemsorganisation inom AIC och kommer sommaren 2008 att organisera en AIC-konferens i Stockholm. Färgcentrums ordförande är inredningsarkitekt Lena Anderson. Sekreterare är Berit Bergström. www.fargcentrum.se

Färgdepartementet

Numera nedlagt samarbetsorgan för SVEFF, Målaremästarna och Svenska Målareförbundet.

Färgforum

Numera nedlagd forskningsenhet vid Arkitekturskolan, KTH.

Färginstitutet

Skandinaviska Färginstitutet AB har ansvaret för och förfogar över rättigheterna till NCS-systemet och marknadsför tjänster och produkter för att kommunicera färg (kulör). Färginstitutet är ett aktiebolag som fram till 2006 ägdes av Målaremästarnas Riksförening men är nu privatägt. Verkställande direktör är Tomas Hård. www.ncscolour.com

Färgskolan

Färgskolan är ett helägt dotterbolag till Färginstitutet och anordnar både öppna och företagsanpassade kurser. Verkställande direktör är Berit Bergström. www.fargskolan.com

Färgvetenskapliga rådet

Numera nedlagd forskningsfinansierande organisation med pengar från måleriindustrin.

Ljusforum

Stiftelsen Ljusforum stiftades år 1991 som ett ideellt och oavhängigt forum för utbyte av erfarenheter och idéer inom belysning och närliggande områden. Stiftelsens ändamål är att främja information, utbildning, forskning och utveckling inom ljus och belysning med fokus på människa och miljö samt att verka för ett samspel mellan företrädare för berörda fackområden och vetenskaper. Från hösten 2003 är stiftelsen öppen för medlemskap för personer, yrkesverksamma eller studenter som i sin verksamhet, i ord eller handling, kan dokumentera en värdefull kompetens och/eller ett starkt engagemang inom angivna områden. Stiftelsens ordförande är professor Bengt Knave. Vice ordförande är professor Jan Ejhed. www.ljusforum.se

Ljuskultur

Ljuskultur är den svenska belysningsbranschens informationsorgan. På hemsidan www.ljuskultur.se/ljk2/index.htm ges information om ljus och belysning och länkar till ledande belysningsföretag, organisationer och myndigheter som arbetar med belysning i Sverige och internationellt, belysningskonsulter, utbildningar, mässor och andra arrangemang. Genom hemsidan kan man också beställa litteratur om belysning. Ljuskultur ger ut tidningen *Ljuskultur - en specialtidning om belysning*.

Ljusstyrkan.se

En politiskt och religiöst obunden organisation som arbetar mot ljusföreningar. www.ljusstyrkan.se/fakta/index.asp

Ljussättareföreningen

Svenska ljussättareföreningen är en opolitisk ideell yrkesorganisation, öppen för i Sverige yrkesverksamma ljussättare. www.svenska-ljus.se

Målaremästarna

Målaremästarnas Riksförening är bransch- och arbetsgivarorganisation för måleriföretagen i Sverige. Målaremästarna har under årens lopp givit stora pengar till färgforskning, antingen direkt eller via Måleriutveckling eller Färgvetenskapliga rådet (se nedan). Fr.o.m. 2007 medverkar Målaremästarna till utgivningen av tidningen Room Service Pro. Ordförande är Per Stureson, VD är Arne Jacobsson. www.maleri.se

Måleriutveckling

Samarbetsorgan för Målaremästarna och Svenska Målareförbundet. Driver Måleriyrkets museum i Stockholm och har under årens lopp givit stora pengar till färgforskning.

SMS - Sveriges Måleriföretagares Samorganisation

SMS är en bransch- och arbetsgivarorganisation för professionella små och medelstora måleriföretag i hela landet. SMS äger en branschtidning "Målarmästaren" som utkommer med 6 nummer per år. Ordförande är Kenneth Aronsson och kanslichef Klas-Göran Lindblom. www.sms-service.se

SVEFF

Sveriges Färgfabrikanters Förening (Sveff) är en branschorganisation för företag som importerar, tillverkar eller marknadsför färg och lack i Sverige. Organisationen har ca 55 medlemsföretag. VD är Olof Holmer. www.sveff.se

SE RUM – förening för ökad kunskap om färg och ljus

är en ideell förening som bildades år 2005, då med namnet Visuella Världar. Dess ändamål är att med utgångspunkt i studier av färg- och ljusestetik / perception genom pedagogisk verksamhet, vetenskaplig forskning och konstnärligt utvecklingsarbete främja en konkret utveckling inom färg- och ljusdesignområdet. Föreningen skall allts

- främja utveckling och genomförande av grund- och vidareutbildning inom området färg- och ljusestetik / perception
- främja forskning, forskarutbildning och utvecklingsarbete om färg- och ljusestetik / perception
- främja en samverkan mellan högskola, företag och samhälle inom området färg- och ljusestetik / perception

Ordförande från 2008 är Ulf Klarén.