

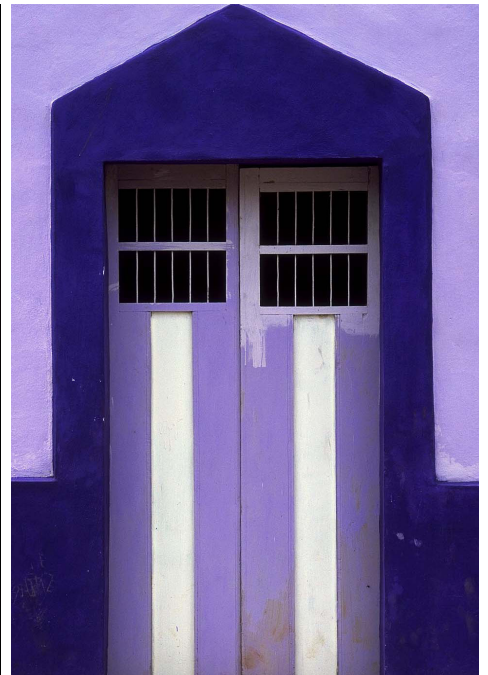
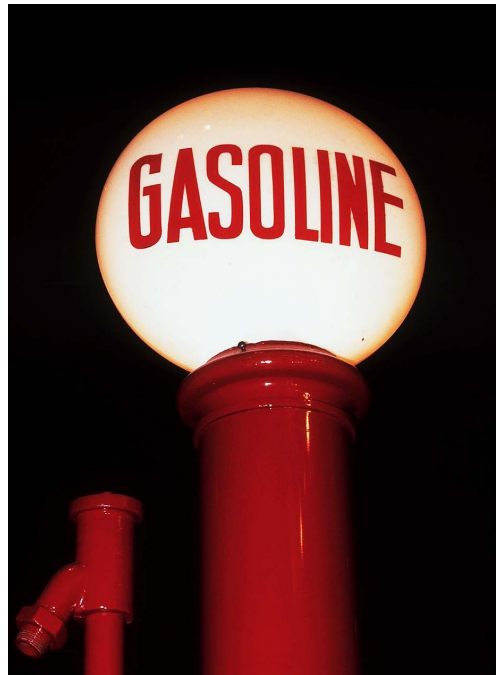
LJUS- OCH FÄRGBEGREPP

och deras användning



Karin Fridell Anter november 2011

SYN-TES rapport 3



Förord

Det tvärvetenskapliga projektet SYN-TES. *Människa, färg och ljus. Syntetisering för ett sammanhållet kunskapsfält* har pågått på Konstfack under 2010-2011, med finansiering från KK-stiftelsen (ref. nr 2009/0195). Projektet har omfattat ett femtontal nordiska färg- och ljusspecialister från företag och olika akademiska discipliner. Alla deltagarna har dessutom arbetat med annan forskning och/eller utvecklingsarbete om ljus- och/eller färgfrågor. I arbetet med SYN-TES har gruppen regelbundet hållit interna seminarier där olika kunskapstraditioner kunde närmas varandra och där gruppen gemensamt formulerade grunderna för ett sammanhållet kunskapsfält som innefattar både färg och ljus. I avslutning till detta har det genomförts ett antal delprojekt kring avgränsade frågeställningar.

Ett av dessa delprojekt har behandlat begreppsbildning och terminologi, där förekomsten av konkurrerande traditioner ofta leder till missförstånd och försvårar kunskapsuppbyggnaden. Delprojektet i sin helhet publiceras i boken *Colour and Light – Concepts and Confusions*¹. Denna rapport om ljus- och färgbegrepp bygger på Karin Fridell Anters artikel i boken. Texten har utarbetats i nära samarbete med Ulf Klarén och Harald Arnkil och under arbetets gång har den diskuterats flera gånger av SYN-TES samlade seminariegrupp.

Stockholm november 2011

Docent Karin Fridell Anter
projektledare för SYN-TES

www.konstfack.se/SYN-TES

I SAMARBETE MED
KK-stiftelsen 

¹ Arnkil 2012a

Projektgrupp för projektet om
begreppsbildning och terminologi

Karin Fridell Anter, Docent, forskare vid Konstfack, Stockholm

Harald Arnkil, Konstnär, universitetslektor vid
University of Art and Design, Helsingfors

Ulf Klarén, Högskolelektor, forskare vid Konstfack, Stockholm

Referensgrupp = seminariegruppen inom projektet SYN-TES

Leif Berggren, Senior ljusexpert, Stockholm

Monica Billger, Bitr. professor, Institutionen för Arkitektur, Chalmers, Göteborg

Pär Duwe, Teknisk säljchef, Alcro-Beckers AB

Johanna Enger, Ljus- och industridesigner, Konstfack

Anders Gustafsson, Teknisk chef, Alcro-Beckers AB, Stockholm.

Cecilia Häggström, Tekn. dr., inredningsarkitekt och konstnär, HDK, Göteborg

Yvonne Karlsson, Färgsättare, Alcro-Beckers AB (färgsättningsansvarig)

Thorbjörn Laike, Docent i miljöpsykologi, Lunds Universitet

Johan Lång, Försäljningsdirektör, Philips AB, Lighting

Barbara Matusiak, Professor, Institutt for byggekunst, form og farge, NTNU Trondheim

Anders Nilsson, Chef för den kolorimetriska verksamheten vid NCS Colour, Stockholm

Svante Pettersson, Ljusdesigner, Philips AB, Lighting

Helle Wijk, Docent i medicinsk vetenskap, Inst. f. vårdvetenskap o. hälsa, Göteborgs Universitet

Samarbetspartners för projektet SYN-TES



PHILIPS



SYN-TES

Perceptionsstudion/Konstfack 2010-2011

Finansierat av: **KK-Stiftelsen**

Projektnummer: 2009/0195

Projektledare: **Karin Fridell Anter**

Layout och grafisk form: **Johanna Enger**

Innehåll

1. Inledning	6
2. Ljus och färg som sinnesupplevelser	8
Perceptuella aspekter av <i>ljus</i>	
Perceptuella aspekter av <i>färg</i>	
3. Ljus och färg enligt fysisk teori	16
Fysiska aspekter av <i>ljus</i>	
Fysiska aspekter av <i>färg</i>	
Teknologiska aspekter av <i>ljus</i> och <i>färg</i>	
4. Att använda fysik för att beskriva upplevelse	20
Psykofysiska aspekter av <i>ljus</i>	
Psykofysiska aspekter av <i>färg</i>	
De fysiologiska processerna bakom visuell perception	
Att använda standardiserade färgprover	
Psykofysik och perception	
5. Slutsatser: Vad menar vi med - och färg?	26
6. Referenser	28

SYN-TES rapportserie

Kan hämtas från www.konstfack.se/SYN-TES

1. OPTIMA – Metodstudie om färg, ljus och rumsupplevelse
(Karin Fridell Anter)

2. PERCIFAL – Perceptiv rumslig analys av färg och ljus
Bakgrund och studiehandledning (Ulf Klarén)

3. LJUS- OCH FÄRGBEGREPP och deras användning (Karin Fridell Anter)

Ytterligare rapporter planeras.



1 Inledning

Ljus och färg uppfattas av alla seende människor och är någonting som vi ofta har anledning att kommentera, hänvisa till eller diskutera. Ändå leder sådana diskussioner ofta till missförstånd eller oenighet, eftersom båda termerna – *ljus* och *färg* – har flera olika betydelser som ofta är motstridiga. Detta gäller särskilt, och blir speciellt problematiskt, bland människor som arbetar professionellt med någon aspekt av färg och/eller ljus. Anders Liljefors, arkitekt och professor i belysningslära, har uttryckt problematiken genom att säga, att både arkitekten och belysningsteknikern vet exakt vad som menas med "ljus" – trots att de talar om helt olika saker². Den begreppsmässiga förvirringen skapar problem när man exempelvis ska kvantifiera mängden ljus, diskutera ljusets kvaliteter eller specificera en bestämd färg och dess egenskaper.

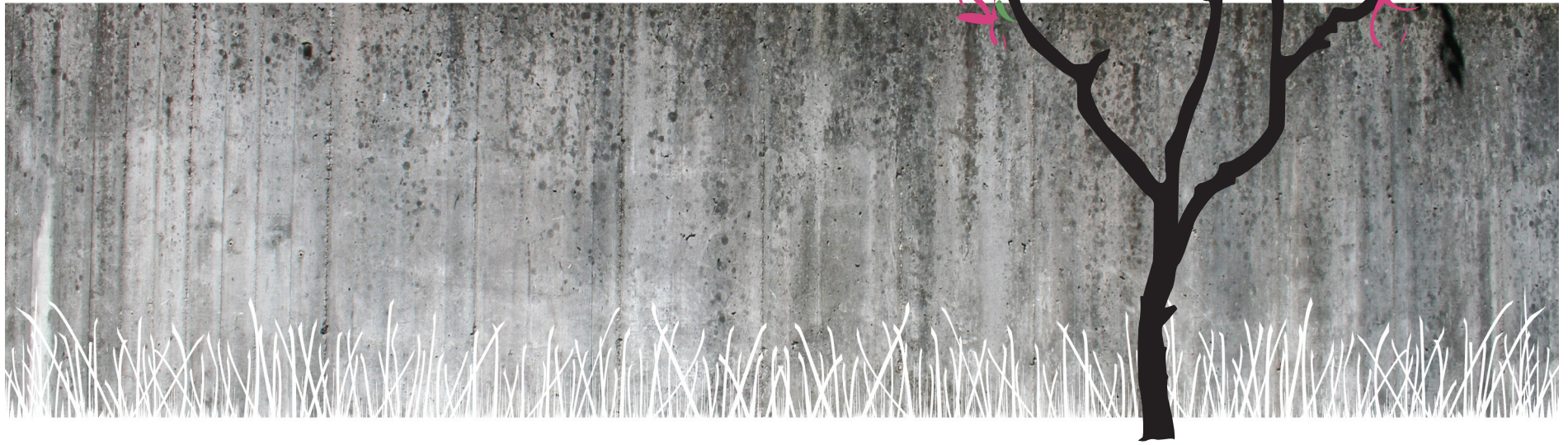
Det svenska ordet *färg* kan syfta på ett material (engelska *paint*) men också på det som på engelska kallas *colour*. Detta kan förorsaka missförstånd och förvirring ("vilken färg ska vi köpa för att få till den här färgen") och i byggnadsbranschen används ofta ordet *kulör* för engelska *colour* medan *färg* reserveras för materialet. Denna lösning kan vara praktisk i tekniska beskrivningar etc. men är inte förenlig med inarbetat språkbruk inom andra områden (exempelvis *hudfärg*, *färg-TV*, *färgglada kläder*). I denna och övriga rapporter inom forskningsprojektet SYN-TES menar vi med *färg* det som på engelska kallas *colour*.

Rapporten är ett försök att reda ut den förvirrande terminologin kring färg och ljus och på så sätt bidra till större förståelse mellan olika discipliner och professioner. Analysen utgår ifrån de metoder vi använder för att identifiera, kvantifiera och beskriva det vi kallar *färg* och *ljus*³.

När det gäller att sätta ord på sådant som handlar om färg och ljus finns det två fundamentalt olika angreppssätt. Det ursprungliga angreppssättet bygger på vår visuella upplevelse av den värld vi lever i. Sedan några hundra år finns även det andra angreppssättet, som bygger på fysikens vetenskapliga utforskande av naturen. Dessutom har det gjorts åtskilliga försök att formulera begrepp och mätsystem som kombinerar upplevelsens och fysikens angreppssätt.

² Samtal med Anders Liljefors 2010.

³ Den vetenskapliga metoden och flera av färgbegreppen bygger på Green-Armytage 2006.





2

Ljus och färg som sinnesupplevelser

De ursprungliga begreppen för ljus och färg utgår ifrån det som vi kan uppleva med vårt synsinne. Om man ser på utvecklingen av olika språk finner man att ord för *ljus* är mycket gamla, och motsatsförhållandet mellan ljus och mörker uttrycks i några av de äldsta litterära verk som har överlevt till vår tid ⁴.

För vår överlevnad, både som art och som individer, är det en grundläggande förutsättning att kunna uppleva och förstå omvärldens rumsliga dimension. Det allra mesta av den information som gör detta möjligt förmedlas av vårt synsinne. Vi samspelar med världen omkring oss på många nivåer: med grundläggande icke viljestyrda reaktioner, med intuition byggd på direkt sinnlig erfarenhet och med förståelse genom indirekt erfarenhet av det givna kulturella sammanhanget. Den rumsliga helhetsupplevelsen beror alltså både på gemensamma biogenetiska förutsättningar och på individens outtalade kunskap och tidigare erfarenheter. ⁵

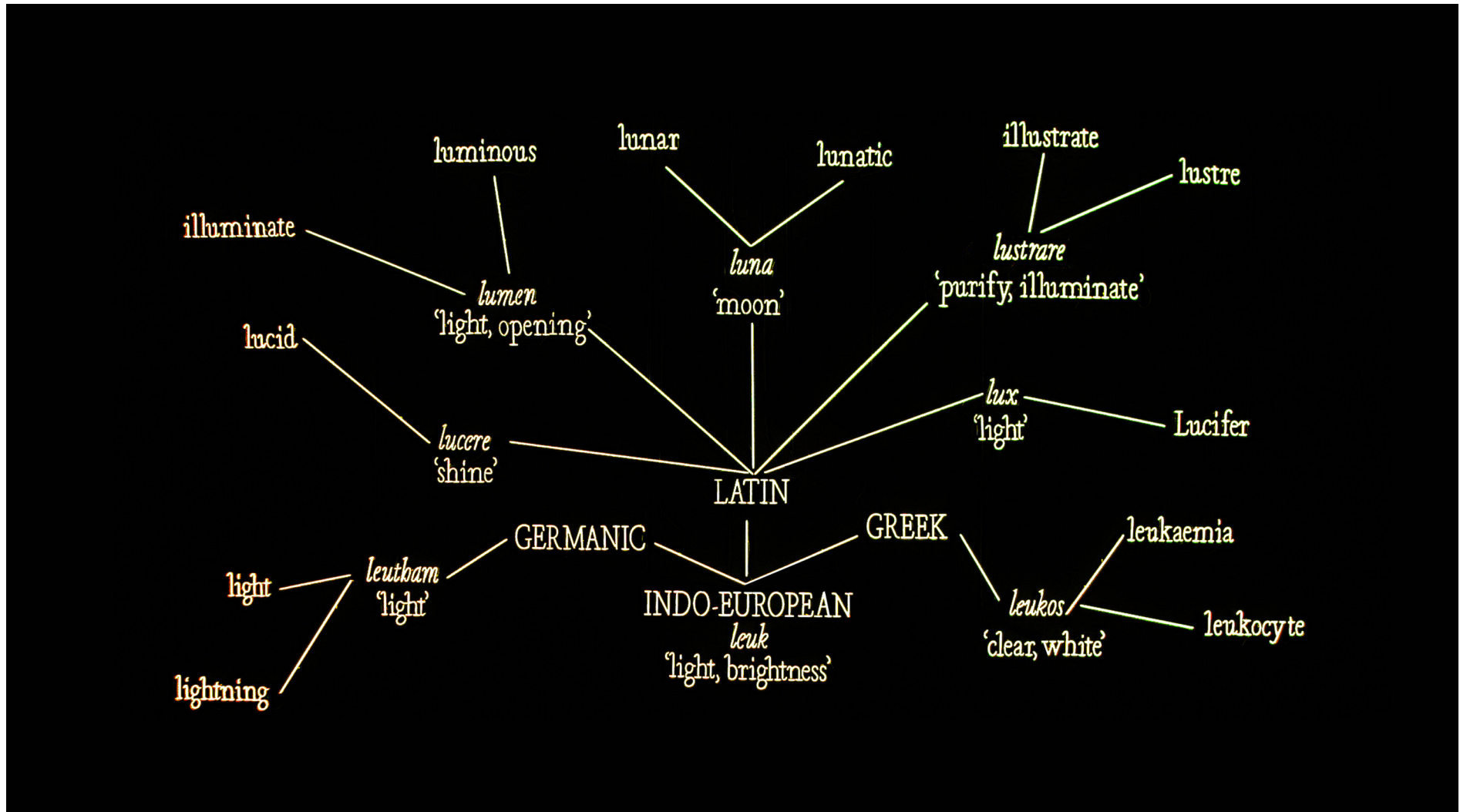
Vårt synsinnes mekanismer i öga och hjärna är, med få undantag, anatomiskt och funktionellt identiska från person till person ⁶. Ändå ser och upplever vi världen på olika sätt, på grund av våra individuella erfarenheter och våra skiftande intressen och förväntningar. Om man vill ta reda på vad en person ser finns det därför inget annat sätt än att fråga honom eller henne.

Mänsklig upplevelse är rumslig och helhetlig, dynamisk och beroende av sammanhanget. I en komplex situation utanför testlaboratoriet finns inga fasta samband mellan å ena sidan våra synupplevelser och å andra sidan världens fysiskt mätbara egenskaper. Därmed kan visuella fenomen beskrivas och specificeras på ett giltigt sätt bara inom ramen för upplevda helheter. Varken färg eller ljus eller någon annan visuell egenskap kan ses och upplevas i isolering, som ett enstaka och orelaterat fenomen – tvärtom så är den visuella upplevelsen alltid en och odelad. Färg och ljus samverkar med varandra och andra, icke-visuella fenomen, i att skapa vår mentala visuella rumsupplevelse.

⁴ Två exempel på detta är Första Mosebok (Genesis) 1:2–5 och Gilgamesheposet, lertavla XI.

⁵ Klarén 2012

⁶ Det finns flera typer av defekt färgseende. Den vanligaste karakteriseras av en svårighet att skilja mellan rödaktiga och grönaktiga färger. Denna defekt är mycket vanligare bland män än bland kvinnor (olika källor talar om 7-12 % av männen och mindre än 1 % av kvinnorna) och varierar mellan olika delar av världen.



Ord som kan härledas från det indoeuropeiska ordet för ljus. Art Gallery of New South Wales, Sydney.

Begrepp och metoder som syftar till att beskriva mänsklig erfarenhet måste därmed förstås i sitt sammanhang. Ett exempel från ett annat område än "ljus och färg" är begreppet lång. Om sammanhanget är klart – till exempel referensen till människors storlek – är ordet lätt att förstå, men det kan inte översättas direkt till fysiska termer. En lång väg och en lång man är inte lika långa, och människor från olika delar av världen har olika bedömningar av hur lång en man ska vara för att kallas *lång*.

Vilka olika betydelser kan då läggas i orden *ljus* och *färg*, med utgångspunkt från människors upplevelse? Och, som en följdfråga, vilka begrepp kan användas för att beteckna olika aspekter av ljus- och färgupplevelse?

Perceptuella aspekter av ljus

Om man utgår från upplevelsen så kan *ljus* förstås som det fenomen som gör det möjligt att se fysiska objekt, ytor och rum. Man förstår det som att ljuset kommer från konstgjorda eller naturliga ljuskällor. Upplevelsen av ljus kan dock inte mätas i absoluta termer. Man kan till exempel bedöma hur ljust eller mörkt ett rum är, men på grund av den komplexa rumsliga situationen kan denna bedömning inte uttryckas kvantitativt.

I vardagslivet hänvisar man till ljuset med beskrivande ord, utan ambition eller avsikt att vara precis. När vi säger att någonting är *ljust* kan vi till exempel syfta på upplevelsen av färgen på en ljus yta eller på upplevelsen av ett rum fyllt av ljus. Sådana beskrivningar kan ändå fånga och förmedla mycket av vår upplevelse och de är lätta att förstå för en person som delar våra referensramar. Några exempel på detta är *morgonljus* och *gudomligt ljus* – termer som kan kallas *konventionella ljusbegrepp*. Det enda sättet att avgöra om en sådan term är relevant för den specifika upplevelsen är genom att göra flyktiga eller uppmärksamma observationer och hänvisa till det som vi ser, har sett eller har indirekt erfarenhet av.

Konventionella ljusbegrepp används både i vardagslivet och i konstnärliga sammanhang, och deras tolkning beror i hög grad på de gemensamma kulturella referenserna hos de människor som använder dem. Bildkonst, teater, film och andra professionella

områden som arbetar med synintryck har i sin praktik utvecklat egna traditioner av konventionella begrepp, som kan användas med ganska stor precision inom professionen samtidigt som de är nästan obegripliga för andra människor.

Det man i en vardagssituation sett, men inte ägnat särskild uppmärksamhet, kan inte förmedlas på ett tydligt sätt. Om visuella upplevelser ska kunna undersökas vetenskapligt krävs därför en annan uppmärksamhetsnivå än i det dagliga livet. Den som vill förmedla vad man har uppmärksammat kan göra det genom att måla eller teckna bilder, eller genom att försöka sätta ord på sin upplevelse. Om man vill förstå och analysera observationen på ett vetenskapligt sätt krävs dock mer exakta termer än de som finns i vardagsspråket eller den konstnärliga terminologin.

Med *uppfattat ljus* menas ljus som har iakttagits uppmärksam och kan beskrivas med begrepp som *ljusnivå*, *ljusfördelning*, *skuggor*, *reflexer*, *bländning* och *ljusfärg*. Dessa begrepp har i sina specifika betydelser undersökts och presenterats av Anders Liljefors.⁷ De betecknar olika aspekter av ljus som visuell upplevelse, aspekter som inte kan identifieras eller kvantifieras på något annat sätt än genom uppmärksam visuell observation.

Ljus – exempel på perceptuella begrepp

Konventionella eller poetiska begrepp:

Mörk, ljus, skugga, högdager, reflex, blandning, morgonljus, skymning, halvskugga, skarpt ljus, glitter, varmt ljus, nordiskt ljus, gudomligt ljus

Den visuella vetenskapens begrepp:

Ljushet, ljusnivå, ljusfördelning, skugga., reflex, bländning, ljusfärg

⁷ Liljefors 2003

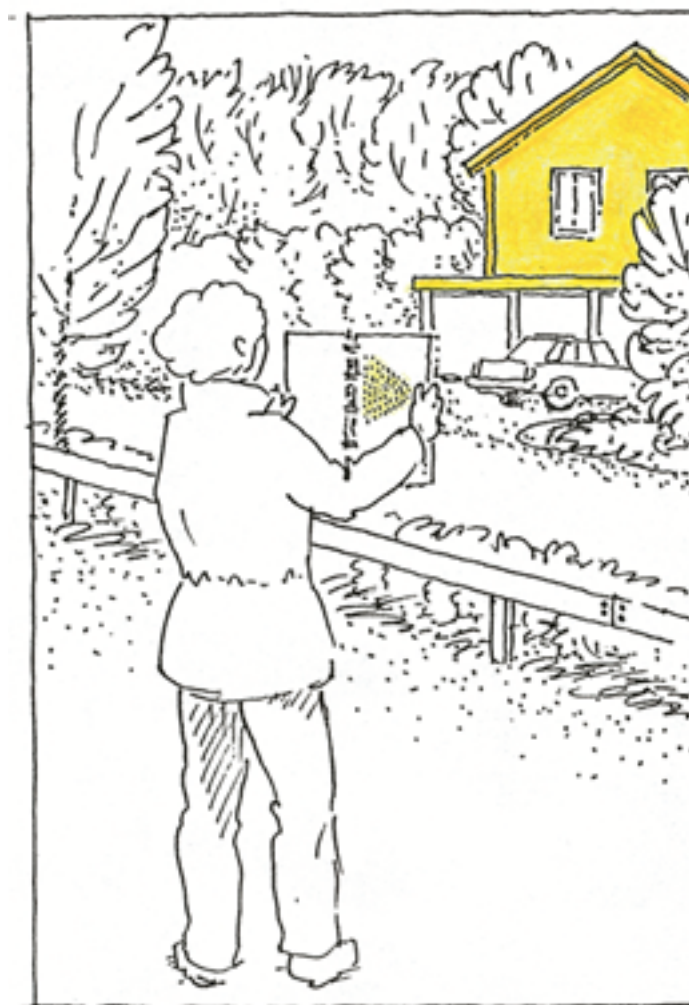
Perceptuella aspekter av färg

Liksom *ljus* används ordet *färg* på ett vardagligt sätt där det inte finns några större krav på begreppsdefinition. Alla människor med icke-defekt färgseende är i grova drag överens om vad vi ska kalla de färger vi ser omkring oss, i enlighet med varje kulturs konventioner och traditioner. Även i litteratur och andra konstnärliga eller symboliska sammanhang kan en färg eller en färgkombination beskrivas med hjälp av grundläggande färgord som *röd* och *blå* eller med ord som syftar på kända material eller situationer, till exempel *sand* eller *solnedgång*. När man talar om färg krävs det, precis som för ljus, direkt eller indirekt erfarenhet för att avgöra om ett ord är relevant för en specifik upplevelse.

För att kunna användas i vetenskapliga sammanhang måste begreppen för färg och dess olika egenskaper specificeras. En definition av färg ges av Natural Colour System, NCS, som är svensk standard för färgbeteckningar.

NCS bygger helt och hållet på visuell upplevelse. Här definieras färg som det som människan i en godtycklig situation ser som färg och som gör det möjligt att särskilja föremål och ytor genom färgskillnader (färgdiskrimination) och att karakterisera dem med hjälp av färgnamn (färgidentifikation)⁸. Med utgångspunkt från denna definition kan vi ytterligare specificera olika aspekter av färg som visuell egenskap:

Vid uppmärksamt betraktande kan vi identifiera *den uppfattade färgen* hos en yta eller ett föremål⁹, en egenskap som inte är konstant utan varierar med betraktningssituationen och mellan olika personer. Den uppfattade färgen kan inte mätas med fotometrisk, kolorimetriska eller några andra instrument utan kan endast beskrivas och kategoriseras genom uppmärksamt betraktande. Beroende på detaljnivån i vår uppmärksamhet kan vi koncentrera oss på den *uppfattade identitetsfärgen*, alltså det huvudsakliga färgintrycket av en yta som vi uppfattar som enfärgad, eller på de *uppfattade färgvariationer* som av en eller annan anledning kan uppträcka inom ramen för det "enfärgade", bara vi tittar tillräckligt noga.¹⁰ (Se till exempel bilden på sid 20)



En metod för att bestämma den uppfattade färgen. Efter Fridell Anter 2000.

⁸ Hård & Svedmyr 1995s 217.

⁹ Fridell Anter 2000 s 23.

¹⁰ Billger 1999 s 11



En vinterdag i Norge. Den nominellt vita snön kan uppfattas som svagt gulaktig eller blåaktig som en effekt av solbelysning eller skugga. Samtidigt, bakom dessa uppfattade färger kan vi uppleva konstansfärgen, den "verkliga" eller "egentliga" färgen hos snön. (Foto: Ulf Klarén)



Bakom de tillfälligt uppfattade färgerna kan vi samtidigt uppleva det som brukar kallas för ytans "verkliga" eller "egentliga" färg. För vår ekologiska överlevnads skull är det nödvändigt att uppfatta världen som relativt konstant oavsett alla tillfälla förändringar. Annars skulle vi inte känna igen oss när ljuset skiftar eller vi rör oss i förhållande till ett föremål. Upplevelsen av föremålets "verkliga" färg är alltså en naturlig följd av vår anpassning till den visuella omgivningen. Den skulle kunna kallas *konstansfärg*.¹¹

Världen utanför forskningslaboratorierna präglas av ständigt skiftande ljus och andra betraktningförhållanden, men för vetenskapliga ändamål krävs stabila och standardiserade referenssituationer för betraktande och bedömning av färger. I en sådan standardsituation finns preciserade och exakta krav på exempelvis belysning, betraktningavstånd och omgivande färger. Eftersom alla människor inte uppfattar färger exakt likadant innefattar den fördefinierade situationen också att man har använt ett antal observatörer vilkas bedömningar har vägts ihop till ett medeltal.¹² Den uppfattade färgen hos ett föremål i standardsituationen kan kallas dess *nominella färg*.¹³ Ett exempel på detta är de koder som är tryckta på NCS färgprover. De anger provets utseende i standardsituationen och talar inte om hur provet uppfattas under en annan ljuskälla eller i en annan omgivning.

Färg – exempel på perceptuella begrepp

- Grundläggande färgord: röd, gul, blå, grön, vit, svart, grå, brun
 - Färgnamn i vardagsspråk och mode: olivgrön, ljusblå, turkos, oxblod, knallröd
 - Ord som hänvisar till konstnärligt arbete: primärfärg, jordfärg, koboltblå, pastellfärg
 - Perceptuellt specificerade färgtermer: kulörton, nyans, ljushet, vithet, kromatiskhet, svarthet, mättnad, intensitet, elementarfärg, uppträdandeform
-

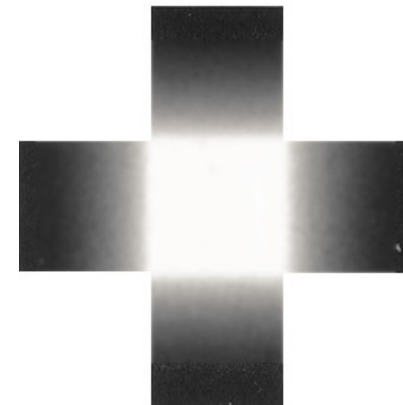
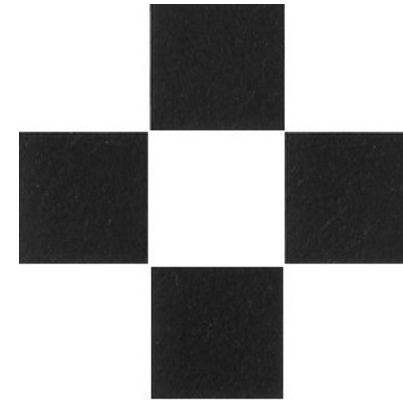
¹¹ Klarén 2012

¹² De standardiserade betraktningförhållandena för det visuellt baserade färgsystemet NCS presenteras i Hård 1995 s74 och Tonnquist 1995 s91.

¹³ I Fridell Anter 2000 s24–26, Fridell Anter 2006 s40 och ett antal andra publikationer använder jag begreppet *egenfärg* (inherent colour) för det som här kallas *nominell färg* (nominal colour). Detta kan dock leda till missuppfattningar, något som diskuteras närmare i Arnkil 2012b . Därför föreslår jag nominell färg som en bättre term.

En grundläggande färggenskap är *uppträdandeformen*, som anger vad vi ser som bärare av färgen. En *ytfärg* uppfattas som tillhörande endast ytan hos ett föremål, exempelvis en täckande målad yta. En *volymfärg* uppfattas som att den genomtränger hela volymen hos ett föremål eller en substans. Exempel på detta är färgat glas, rök och vatten. En *lysfärg* uppfattas som att den hör till ett lysande föremål, exempelvis en ljuskälla. En *fältfärg* saknar specifik bärare och uppfattas ha ett obestämt rumsligt läge, som till exempel den blå färgen hos himlen.¹⁴

Begreppen för färgens uppträdandeformer är visuella och fenomenologiska, de anger vad vi ser och säger ingenting om synintryckets underliggande fysiska orsaker. Exempelvis kan en bildkonstnär skapa upplevelsen av ljus genom skickligt bruk av kontraster – och de punkter på duken som vi ser som lysande är i sin uppträdandeform *lysfärger*.¹⁵



Två exempel på lysfärger. Färgkombinationen till vänster har illustratören Ulf Klarén utgått från den kontrastsituation vi uppfattar när vi tittar på någonting lysande, till exempel ljus genom ett fönster. Ovan visas hur vi kan uppfatta en yta som lysande om gränsen till omgivningen görs diffus. Fysiskt sätt är de båda inre kvadraterna identiska.

¹⁴ Katz 1935

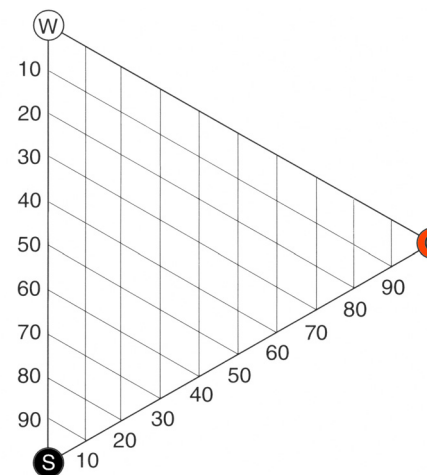
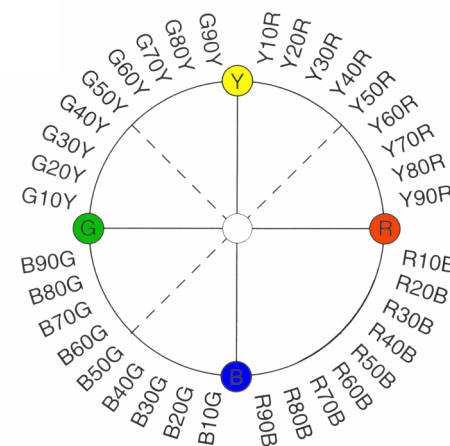
¹⁵ Gilchrist et al. 2007; Fluorescerande och lysande färger diskuteras i da Pos 2005. För ytterligare diskussion om visuella kategorier som transparens, djup, genomskinlighet etc. se Svedmyr 2002 s19-35 och Fridell Anter 2000 s142.

De visuella egenskaperna hos en färg kan beskrivas med ord som kulörton, ljushet, nyans etc. Åtskilliga av dessa termer används på flera olika sätt och är därmed vetenskapligt oanvändbara om de inte definieras närmare.¹⁶ NCS (Natural Colour System) är ett sammanhängande färgbekrivningssystem som helt och hållet bygger på visuella bedömningar.¹⁷ NCS utgår från sex elementarfärger: sex hörnstenar som man förstår som grunden för alla normalseende människors uppfattning av färger. Dessa elementarfärger – gult, rött, blått, grönt, svart och vitt – definieras som de färger som saknar likhet med någon annan färg än sig själva. Som exempel är elementarfärgen B alltså den blåaste blåa man kan tänka sig, utan dragning mot rött eller grönt och med en maximal intensitet som utesluter minsta likhet med vitt eller svart. Elementarfärgerna finns som inre referenser men kan inte fullt ut framställas i något material.

Alla färger vi ser kan beskrivas genom jämförelse med elementarfärgerna. Begrepet *kulörton* definieras i NCS som den specifika färgens relativa likhet med två av de kulörta elementarfärgerna gul, röd, blå och grön. Ingen färg kan uppfattas ha både rödhet och grönhet, och på motsvarande sätt kan ingen färg uppfattas ha både blåhet och gulhet.¹⁸

Nyans används i NCS för den relativa likheten till vitt, svart och en kulört maximalfärg som saknar all likhet med vitt och svart. Maximalfärger går inte att framställa i något material, men vi kan ändå tänka oss hur de skulle se ut.

I NCS är alltså både kulörtonen och nyansen helt visuellt definierade och säger ingenting om vilka medel som krävs för att tillverka färgen eller vilka neurologiska processer som får oss att uppfatta den. Definitionerna bygger på våra inre referenser och har man väl lärt sig systemet så behöver man inga färgprover för att utifrån koden förstå hur en viss färg ser ut. I andra färgsystem, såsom det amerikanska Munsellsystemet (The Munsell Book of Color)¹⁹, baseras begreppen inte fullt ut på perceptionen utan är beroende av hänvisning till färgprover. Sådana system kan fungera som upplevelsemässigt grundade referenser endast för dem som är mycket vana vid parametrarna, referensproverna och deras visuella relationer. På liknande sätt kan det finnas andra begrepp som bygger på väl inarbetade överenskommelser inom en viss kultur eller grupp, och som kan fungera för visuella bedömningar och kommunikation inom denna grupp.



I NCS-systemet visas kulörtonen i en cirkel och nyansen i en triangel. Elementarfärgerna är gul (Y), röd (R), blå (B), grön (G), vit (W) och svart (S). C betecknar en färg av godtycklig kulörton, som saknar all likhet med vitt eller svart.

¹⁶ Den förvirrade användningen av några av dessa termer är ämnet för Arnkil 2012b.

¹⁷ NCS-systemets grunder och tillkomsthistoria presenteras i Hård 1995.

¹⁸ Den som är van vid att blanda pigment kan ha vant sig vid att se grönt som en blandning av gult och blått, men rent perceptuellt är grönheten en lika elementär och oblandad färgegenskap som rödhet, blåhet och gulhet.

¹⁹ En samling färgprover baserade på det färgsystem som presenterades 1905 av den amerikanske konstnären, pedagogen och färgforskaren Albert H. Munsell.

3 Färg och ljus enligt fysisk teori

Fysik som vetenskapligt område har utvecklats från 1600-talet och framåt. Inom fysiken bygger man teoretiska modeller för att förstå den materiella världen, och använder andra utgångspunkter än de som kan nås genom direkt sinnesupplevelse. Fysikens begrepp, mätmetoder och måttenheter har utvecklats för kvantifiering och matematisk analys av den materiella världen som sådan, och syftar till att formulera och förklara fysiska lagar. Ett exempel från ett annat område än "färg och ljus" är *längd* mätt i meter, där en meter har en mycket noggrann definition.²⁰

Utvecklingen av fysik och andra naturvetenskaper har drivits av en strävan att hitta orsakssammanhang mellan å ena sidan fysiskt påvisbara företeelser och å andra sidan mänskliga upplevelser. Den kända anekdoten om Newton och det fallande äpplet påstår naturligtvis inte att Newton var den första människan som medvetet upplevde att äpplen faller till marken. I stället utgick han från denna allmänt kända upplevelse och lyckades formulera en teori om varför äpplen faller. Nyare fysisk teori, såsom Einsteins relativitetsteori, saknar denna direkta koppling till sinnesupplevelser, men den syftar fortfarande till att upptäcka orsakssamband i den fysiska världen och att göra denna kunskap användbar.

Naturvetenskapens teorier hjälper oss att förstå de materiella orsakerna bakom våra sinnesupplevelser, men de skiljer inte mellan upplevelsen och dess materiella orsak. Ett av de mest slående exemplen på detta är ordet *ljus*. Ordet används inte bara för en visuell upplevelse utan även för den energistrålning som har konstaterats vara upplevelsens materiella förutsättning. Formuleringar som *ljusets hastighet* och *ljusår* är exempel på hur ordet ljus har kommit att användas även för sådant som inte kan upplevas visuellt. Gradvis har det utvecklats en komplex fysiskt baserad terminologi som rör färg och ljus. Ofta är orden desamma som när man talar om upplevelser, men med helt andra definitioner.

²⁰ Metern är en av grundenheterna i det internationella enhetssystemet SI. Dess definition har dock ändrats åtskilliga gånger. Ursprungligen definierades metern som en viss andel av jordens omkrets, sedan med hänvisning först till en fysisk likare och därefter till spektrum hos ett specifikt kemiskt ämne. Idag definieras metern med hänvisning till ljusets rörelse i vacuum.

Fysiska aspekter av *ljus*

Utifrån fysikens utgångspunkt kan ljus definieras som elektromagnetisk strålning, en typ av energi som kan definieras både som en vågrörelse med olika våglängder och som en skur av små energipaket som kallas fotoner. Energiinnehållet uttrycks i enheterna Joule (J) eller kilowattimme (kWh) och våglängden i nanometer (nm), där en nanometer är en miljondels millimeter.

Termerna *ljusår* och *ljusets hastighet* hänvisar till all elektromagnetisk strålning, oavsett våglängd. Det fysiska begreppet *ljus* syftar dock oftast på det begränsade våglängdsområdet mellan cirka 380 och 780 nm, där stålningen kan aktivera receptorer i människans ögon och sätta igång nervprocesser som leder till synintryck.

Fysiska läroböcker och vetenskapsmän är inte helt överens om vilket våglängdsområde som ska omfattas av begreppet ljus, och ibland skiljer man mellan *synligt ljus* (380-780 nm) och *osynligt ljus*. "Osynligt ljus" syftar då på ultraviolett strålning med kortare våglängder och infraröd strålning med längre våglängder än det "synliga ljuset". Strålning med ännu kortare våglängder kallas bland annat gamma- och röntgenstrålning, medan radiovågor har ännu längre våglängder. Strålning av dessa typer benämns sällan eller aldrig som *ljus*, men den inkluderas ändå i det som kallas *elektromagnetiskt spektrum*, där ordet *spektrum* ursprungligen syftar på en synlig följd av färger.²¹

Den totala stålningens energi kan mätas med radiometriska instrument. En spektrometer delar upp strålningen i olika våglängder och en spektroradiometer mäter energin uppdelad på smala våglängdsband. På så sätt kan man alltså välja att mäta endast den energi som finns inom det område som kallas "synligt ljus". Det finns dock inget direkt samband mellan mängden energi inom detta område och ljusets visuellt uppfattade intensitet.

Fysiska aspekter av *färg*

Strålning med våglängder inom det område som kallas "synligt ljus" kan delas upp i sina olika våglängder med hjälp av till exempel ett prisma. De olika våglängderna kan då få oss att uppfatta olika kulörtoner, som till exempel i regnbågen där solens strålning bryts genom och reflekteras mot vattendroppar som fungerar som prismor. Redan Newton konstaterade dock att strålningen som sådan saknar färg²² – vi ser färger först när strålningen reflekteras från en yta.

Med utgångspunkt från detta brukar man presentera olika våglängder i form av ett spektrum, som innehåller kulörtoner från blått (kort våglängd) till rött (lång våglängd). Kulörtoner mellan blåviolett och rött saknas i spektrum, som alltså inte innehåller alla de kulörtoner vi kan uppfatta.

Strålning med endast en våglängd eller – i praktiken – inom ett mycket smalt band i spektrum kallas *monokromatisk* och har av tradition benämnts med namnet på den färg som strålningen ger upphov till i ett spektrum. Det finns dock inget absolut samband mellan strålningens våglängd och den uppfattade kulörtonen.²³ Modern fysisk vetenskap går därför ifrån färgnamn som beteckningar på våglängder eller våglängdsområden och använder i stället sådana begrepp som *kort-*, *mellan-* och *långvågig* strålning. Monokromatisk strålning uppträder bara i mycket speciella situationer. Den strålning som avges eller reflekteras från ett föremål består normalt av många våglängder i olika proportioner. Detta kan illustreras i form av en *spektralfördelningskurva*, som kan avläsas med hjälp av den ovan nämnda spektroradiometern. Ibland ses denna kurva som en specifikation av föremålets färg, vilket innebär att *färg* definieras på ett sätt som motsvarar den fysiska betydelsen av *ljus*. Det finns dock inget direkt samband mellan den fysiskt mätbara strålningens fördelning och den visuellt uppfattade färgen.²⁴

²¹ Termen elektromagnetiskt spektrum används för alla solenergis våglängder i exempelvis Karlsson, Laike & Samuelson 2011s 16.

²² "the rays are not coloured". Newton 1704, 1730

²³ Våglängdsinformation överges mycket tidigt i den visuella processen och nervsignalerna från ögat säger igenting om vilka våglängder som har träffat näthinnan. Den uppfattade kulörtonen beror på lokala kontraster och den totala betraktningssituationen och även på strålningens intensitet.

²⁴ För många läsare kan detta påstående vara svårt att acceptera, men icke desto mindre är det sant. En förenklad version av den fysiskt grundade verklighetsbeskrivningen har etablerats som mera "sann" än det som bygger på våra sinnesintryck, och för att inte blockeras av det vi en gång har fått lära oss kan det krävas "avlärning" (Liljefors 2006 s229).

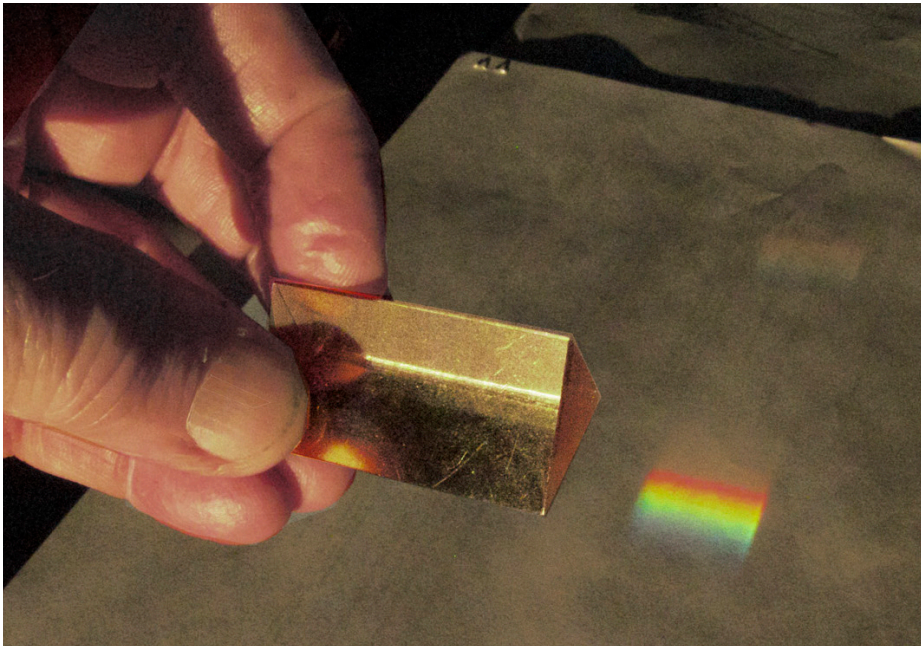
Exempel på fysiska begrepp

Ljus:

Ljusets hastighet, ljusår, våglängd, ljusenergi, elektromagnetiskt spektrum, foton, ljusbrytning, ljusböjning

Färg:

Monokromatisk, spektralfördelningskurva



Prismat bryter strålningen i olika våglängder, men vi ser färger först när strålningen reflekteras från en yta.
(Foto: Ulf Klarén)

Teknologiska aspekter av *ljus* och *färg*

Om fysik som vetenskap försöker förstå den materiella världen så handlar teknologi om praktisk tillämpning. Både ordet *ljus* och ordet *färg* kan användas så att de syftar på hur ljuset och färgen har kommit till eller åstadkommit. När man talar om sådant som *solljus*, *glödljus* eller *lysrörsljus* syftar man på ljuskällan som sådan, och inom var och en av dessa kategorier finns det ytterligare specifikeringar som används och förstås bara av fackmän. Dessa teknologiska termer avslöjar inte särskilt mycket om ljusets fysiska egenskaper och ännu mindre om hur det uppfattas visuellt.

Inom industrier som tillverkar målarfärg eller färgar in material kan man definiera färg genom att hänvisa till de ämnen – substanser – man använder, exempelvis *koboltblått* eller *cinnober*. Även kunniga användare av färgmaterial använder ofta sådana ord för att beskriva färg. De färgbärande ämnenas detaljerade innehåll kan dock variera över tiden och mellan olika platser, och föremål med en och samma *substansfärg* (till exempel en viss gul ockra) behöver inte ha samma spektralfördelningskurva eller se likadana ut ens under identiska betraktningförhållanden. För att identifiera substansfärgen får man i stället använda kemisk analys.

En mera specificerad teknologisk färgbestämningsmetod är att ge vad som skulle kunna kallas ett recept. Man kan ange blandningsproportioner för brytpastor i färgbutikernas brytmaskiner, för rasterpunkter som trycks på papper eller för den strålning som avges från standardiserade lysande punkter (fosforer) på elektroniska skärmar. Inom industrin syftar ordet färg ofta på receptet och den enskilda färgen identifieras genom koder

Det finns inga direkta samband mellan

- energimängden och den uppfattade ljusintensiteten
- våglängden hos monokromatiskt ljus och den uppfattade kulörtonen
- den fysiskt mätbara våglängdsfördelningen och den uppfattade färgen

som t.ex. CMYK för tryckning eller RGB för datorskrmar. En och samma *färg* – i den betydelse som utgår från receptet – kan variera i både utseende och spektralfördelning, beroende på tillverkningsnoggrannheten, den tekniska utrustningens kalibrering, samspelet med andra material och själva betraktningssituationen.

Som ett exempel kan vi ta färgen 313 *Guldkatt* från Alcro.²⁵ Den definieras genom ett noggrant recept men kan ändå variera något mellan en brytsats och nästa. Dessutom ser den olika ut på trä och på puts, den kan tillverkas med olika glans och den målade ytans utseende varierar beroende på omgivande färger, betraktningssavstånd och andra situationsbundna faktorer.

Att definiera färger med hjälp av recept är vanligt inom tillämpningsområden där man reproducerar färg eller tillverkar färgade material. Många färgkartor och färgprovssamlingar, från ett speciellt företag eller gemensamma för en hel bransch, bygger på färgrecept. Några exempel, vid sidan av de redan nämnda, är Pantone Matching System för tryckindustrin och RAL för industriell lackering. Eftersom färgerna i sådana samlingar definieras genom sina recept bör de inte användas som referenser inom andra tillämpningsområden eller situationer än de uttryckningen avsedda.

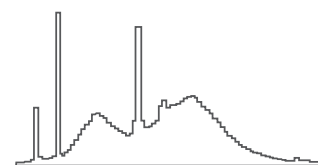
Exempel på teknologiska färgbegrepp

- Färgtäthet, brytkraft, nyansering
- Colour Index Generic Names och Colour Index Constitution Numbers (C.I.-pigmentnummer)
- RGB – relativ strålning från fosforer med tre standardiserade våglängder
- CMYK – relativt antal och storlek av prickar tryckta med standardiserade tryckfärger.

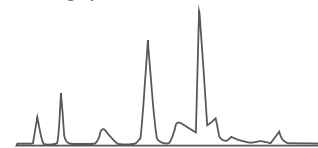
Spektalkurvor ljus



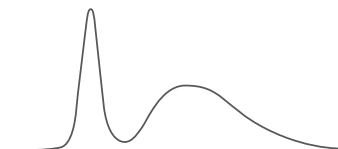
Glödlampa



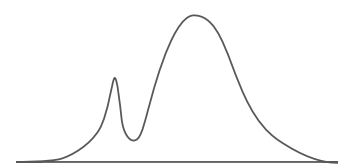
Fullfärgslysrör



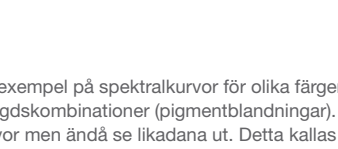
Lågenergilampa



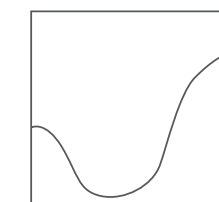
Vit LED - Äldre generation



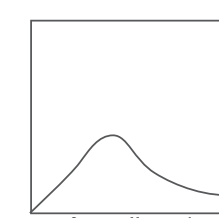
Vit LED - Nyare generation



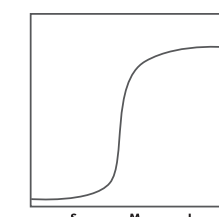
Spektalkurvor färg



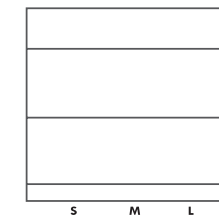
Lila



Grön



Gul



Vit/Grå/Svart

Ovan visas exempel på spektralkurvor för olika färger. Varje uppfattad färg kan åstadkommas genom en mängd olika våglängdskombinationer (pigmentblandningar). Detta betyder att exempelvis två gula ytor kan ha olika spektralkurvor men ändå se likadana ut. Detta kallas metameri.

²⁵ Alcro marknadsför färg i betydelsen färgmaterial (engelska paint), och för att undvika missförstånd använder man ordet kulör för att beteckna det som på engelska heter colour. 313 Guldkatt är med Alcros terminologi en kulör, med en betydelse som sammanfaller med det som i denna rapport kallas färg.

4

Att använda fysik för att beskriva upplevelse

Eftersom ordet *ljus* används både för materiella företeelser (strålning) och för sinnesupplevelser så är det mycket svårt att diskutera förhållandet mellan det ena och det andra. Samma begreppsmässiga förvirring gäller för ordet *färg*. I båda fallen anses den fysiskt grundade betydelsen oftast som mera korrekt eller vetenskaplig än den ursprungliga betydelse som utgår från människans sinnesupplevelser.

Samtidigt finns åtskilliga försöka att bygga broar mellan den fysiskt mätbara världen och människans upplevelsevärld. *Psykofysik* är ett vetenskapsområde som bygger på teorier om förhållandet mellan sinnesintryck och fysiska stimuli.²⁶ Bland dess grundläggande begrepp finns *sensorisk tröskel* och *minsta uppfattbara skillnad* (jnd, just noticeable difference). Ett exempel på en psykofysisk enhet inom ett annat område än "färg och ljus" är *decibel (A)*, som anger trycket hos ljudvågor vägt mot det man känner till om känsligheten hos människans hörselsinne.

Psykofysiska aspekter av *ljus*

Den visuella perceptionens stimuli är fysiskt mätbar strålning inom det våglängdsområde som med en fysisk terminologi kallas *synligt ljus*. Det finns dock inget samband mellan strålningens absoluta intensitet och dess visuella resultat, *ljus* i den perceptuella betydelsen. Detta beror bland annat på känsligheten hos receptorerna i våra ögon. De receptorer som ingår i vårt synsinne är av två typer, stavar och tappar.²⁷ Tapparna i sin tur är av tre olika typer som har olika känslighetsmönster i förhållande till strålningens våglängder. Beroende på strålningens våglängdssammansättning kan en och samma mängd strålningensenergi därmed ge upphov till synintryck som visuellt sett är mer eller mindre ljusa. Exempelvis uppfattas strålning med våglängden 560 nm som ungefär tio gånger ljusare än lika många Joule av strålning med våglängden 470 eller 650 nm. Känsligheten för olika våglängder varierar något mellan olika människor.

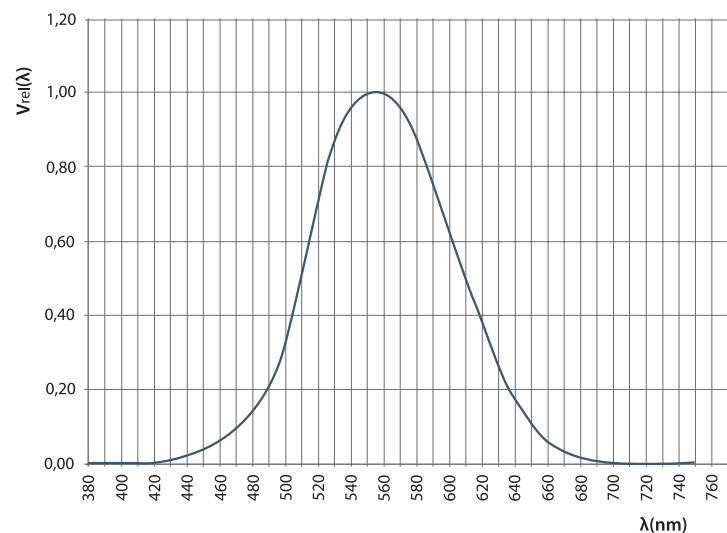
För att kunna utveckla, beskriva och jämföra ljuskällor är det nödvändigt att kunna ange hur den strålning de avger påverkar människors varseblivning och synupplevelser. Därför har den internationella belysningskommissionen CIE utvecklat en *standardobservatör*, ett statistiskt medelvärde som anses typiskt för människans synsinne och som

²⁶ Psykofysikens grundvalar formulerades 1860 av den tyske psykologen Gustav Fechner. För en närmare presentation se Gescheider 1997.

²⁷ Utöver tappar och stavar finns en tredje receptortyp som påverkar kroppens produktion av hormoner men inte medverkar till någon visuell upplevelse.

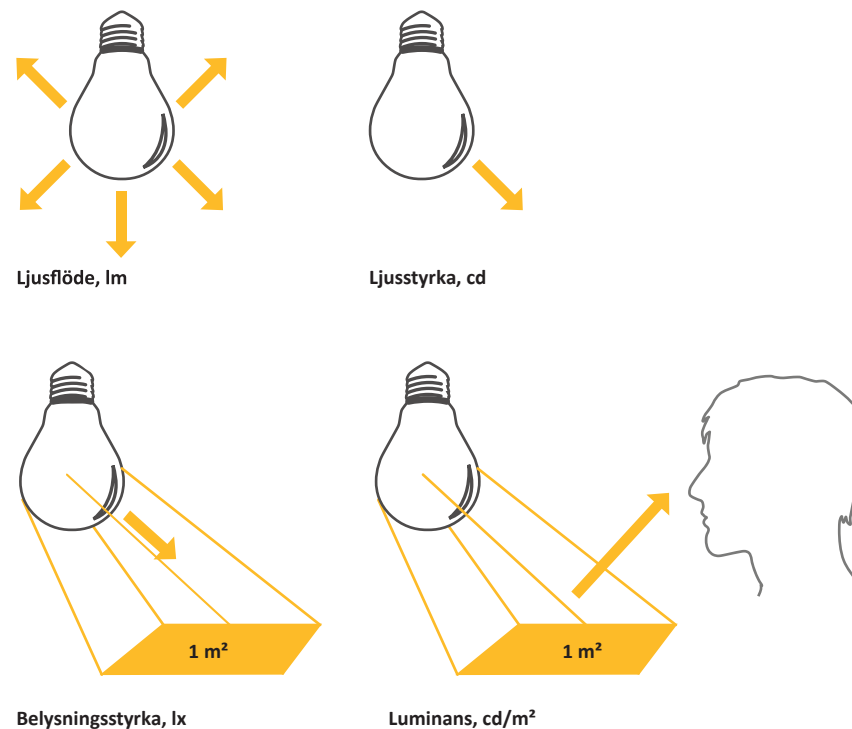
förutsätter noggrant specificerade betraktningförhållanden. Standardobservatören har skapats genom att verkliga observatörer har fått göra visuella ljushetsjämförelser mellan stimuli bestående av monokromatisk ljusstrålning. Utifrån detta har forskarna formulerat en teoretisk modell för människans visuella känslighet för olika våglängder, den så kallade $V(\lambda)$ -kurvan, $V(\lambda)$.²⁸ Denna kurva är utgångspunkten för den *fotometriska* teknologin och de idag accepterade metoderna för specifikation av ljuskällor och belysningsanläggningar.²⁹

En fotometrisk definition av ljus hänvisar alltså till elektromagnetisk energi inom det så kallade synliga spektrum, vägd emot en teoretisk modell av det mänskliga synsinnets känslighet för olika våglängder. $V(\lambda)$ -kurvan är ingen absolut sanning utan en vetenskaplig teori som har reviderats något sedan den först presenterades och som också har ifrågasatts i grunden.³⁰ Ännu så länge är dock den samlade expertisen inom CIE överens om, att den fotometri som bygger på $V(\lambda)$ -kurvan är den bästa tillgängliga metodiken om man vill använda fysiska mätningar för att kvantifiera det ljus vi ser.³¹



$V(\lambda)$ -kurva

$V(\lambda)$ -kurvan utgör grunden för de begrepp och enheter som betecknar olika aspekter av fotometriskt ljus och som är helt förhärskande i belysningsteknisk teori och terminologi. *Ljusflöde* (mätt i *lumen*) och *ljusstyrka* (mätt i *candela*) används för det ljus som avges från ljuskällan. *Belysningsstyrka* (mätt i *lux*) används för belysningen av en yta och *luminans* (mätt i *candela per kvadratmeter*) används för det ljuset som reflekteras eller avges från ytan mot våra ögon. Den fotometriska teknologin omfattar åtskilliga instrument, exempelvis spektrofotometern och luxmetern, och gemensamt för dem är att de mäter strålning och väger den mot $V(\lambda)$ -kurvan.



Alla dessa begrepp ingår i SI-systemet (det internationella enhetssystemet)

²⁸ Den första versionen av $V(\lambda)$ -kurvan fastställdes 1924 och har bara genomgått mindre förändringar. (Tonnquist 1995s 55; Wright 1969).

²⁹ $V(\lambda)$ -kurvan är utvecklad för fotopiskt seende, alltså mänskligt seende under goda ljusförhållanden (minst 3.4 cd/m²). För lägre ljusnivåer används liknande kurvor, som inte diskuteras närmare här.

³⁰ Liljefors 2010

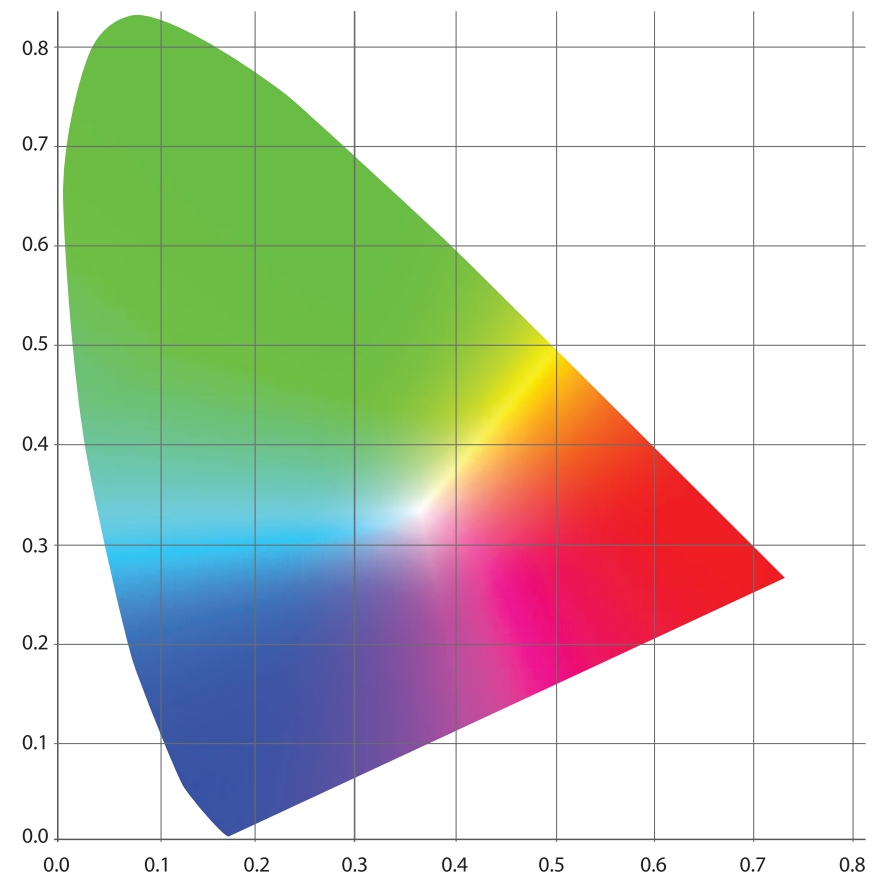
³¹ Observera att de enheter som baseras på $V(\lambda)$ -kurvan inte är, och inte gör anspråk på att vara, tillämpliga för mätning av "ljus" som inte tas emot av människans synsinne. Fotometriska begrepp och mätningar är alltså meningslösa när det handlar om synsinnets eller andra ljuskänsliga sinnen hos djur eller om fotobiologiska processer hos människor, djur och växter.

Psykofysiska aspekter av färg

Den psykofysiska metodologi som gäller färg kallas *kolorimetri*. Den är framför allt utvecklad för att specificera och kvantifiera visuella skillnader mellan färgstimuli, med målet att säkra industriell produktionsstabilitet och att formulera nivåer för tolererade färgavvikelser.

Kolorimetrin har utvecklats utifrån samma grundläggande antaganden som fotometrin. Observatörer fick uppgiften att anpassa blandningen av tre monokromatiska ljusstimuli för att matcha färgen hos ett monokromatiskt stimulus.³² Utifrån detta räknade man fram ett antal modeller där varje färgstimulus karakteriseras av tre fysiska variabler (*tristimulusvärden*), exempelvis dominerande våglängd, luminans och spektral renhet.³³ Den internationella belysningskommissionen CIE har publicerat olika matematiska funktioner – algoritmer – som är anpassade efter specificerade förutsättningar, inklusive ett urval av standardiserade ljuskällor. Dessa funktioner illustreras i formen av diagram – ”färgrymder”. De kan användas för att specificera färgkoordinater, exempelvis CIELAB, och färgskillnader, där den vanligaste skalan är ΔE (delta E). CIE-färgrymderna kan ge en grov information om den uppfattade färg som respektive stimulus ger upphov till, men detta är inte deras syfte och de antydningar de kan ge om färgens utseende är långt ifrån exakta.

Kolorimetriska mätningar kan göras med spektrofotometrar. För att vara korrekta måste de göras under strikt kontrollerade förhållanden, inklusive användningen av standardljuskällor såsom den standardiserade dagsljussimulatorn D65. En annan metod är att använda en kolorimeter, som i sitt typiska utförande arbetar med ett antal ljuskällor med olika färg. Kolorimetrins teori och teknologi är föremål för snabb utveckling. Idag kan man exempelvis använda ett stort antal lysdioder (LED) och nya tekniker som kombinerar metoder från både spektrofotometern och kolorimetern. Bland annat har man utvecklat små bärbara färgscannrar, som använder inbyggda kontrollerade ljuskällor och jämför spektralkurvan för den strålning som reflekteras från den uppmätta ytan med den hos standardiserade färgprov.



CIE färgrymd (CIE 1931 Chromaticity Diagram)

³² Begreppet monokromatisk förklaras i avsnittet Fysiska aspekter av färg på sid 17

³³ Tonnquist 1995 s54

Kolorimetrins teoretiska grunder utvecklas ständigt genom forskning, och dess metoder och algoritmer ska inte ses som fasta och oföränderliga. Man måste också komma ihåg att de klassiska kolorimetriska teorierna, enheterna, metoderna och instrumenten inte kan användas för att beskriva den *uppfattade färgen*. Det finns dock nyare algoritmer som försöker berätta något om hur färgen uppfattas ("colour appearance"). De diskuteras senare i denna rapport.

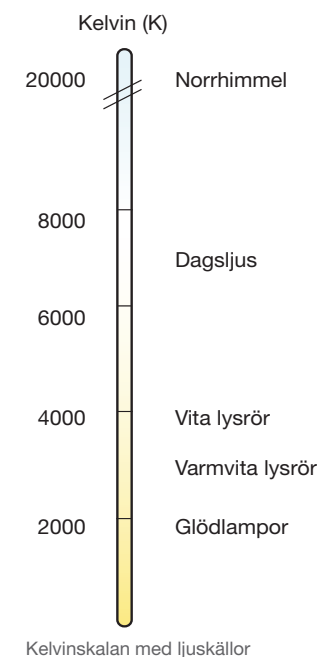
Ett viktigt användningsområde för kolorimetrin är att mäta och specificera färgegenskaperna hos ljuskällor. *Färgtemperaturen* uttrycks i Kelvin (K). Ljuskällor som består av glödande material jämförs med en teoretisk *svart kropp* som när den glöder avger olika färg på ljuset beroende på sin temperatur – svagt rött när den börjar glöda, sedan gult och vitt och slutligen blåaktigt vid riktigt höga temperaturer. För andra ljuskällor än de glödande beräknas den *korrelerade färgtemperaturen* genom kolorimetriska jämförelser med den teoretiska strålningen från den svarta kroppen.

Färgåtergivningsförmågan är en annan viktig kvalitet hos ljuskällor. Under en ljuskälla med god färgåtergivningsförmåga kan man uppfatta många olika färger, den ger ett stort färgomfång. En annan aspekt av färgåtergivningsförmågan handlar om karaktären hos de uppfattade skillnaderna mellan olika färger. En ljuskällas färgåtergivningsförmåga uttrycks oftast som R_a -index, som bestäms kolorimetriskt. I princip går det till så att färgprover med standardiserade reflektionskurvor belyses med det ljus som ska kontrolleras, och det reflekterade ljuset jämförs med det som reflekteras när samma prover belyses med en standardiserad ljuskälla. I praktiken görs allt detta matematiskt när man väl har mätt upp spektralfördelningen hos den ljuskälla som ska testas.

Både färgtemperaturen och färgåtergivningsförmågan beräknas alltså matematiskt enligt metoder som är väl inarbetade inom belysningsindustrin. Metoden för att bestämma färgåtergivning har dock ganska länge ansetts otillräcklig. När nu glödljuskällor allt mer ersätts av andra tekniker har det blivit allt tydligare att det R_a -index som används idag bör revideras. CIE, som ansvarar för metodstandardisering, arbetar med detta men ännu finns inget allmänt accepterat alternativ.

Exempel på kolorimetriska begrepp

- Tristimulusvärden
- Kromaticitetskoordinater
- CIELAB diagram
- CIELUV diagram
- Hue angle
- MacAdam- ellipser



De fysiologiska processerna bakom visuell perception

$V(\lambda)$ -kurvan och andra grundlägganden antaganden bakom den fotometriska och kolorimetriska teknologin etablerades i början av 1900-talet med hjälp av observatörer som utförde matchningar inom ramen för klassisk experimentalpsykologi. Genom bidrag från hjärnforskningen har man sedan dess fått mycket större förståelse för hur det mänskliga synsinnet fungerar, men denna nya kunskap har inte alltid införlivats i fotometrins och kolorimetrins teoretiska grund. Det vi idag vet om näthinnereceptorernas känslighet och samverkan har lett till att $V(\lambda)$ -kurvans giltighet har börjat ifrågasättas.³⁴ Men oavsett kunskapsläget är det svårt att byta ut etablerade grundsatser. Om $V(\lambda)$ -kurvan skulle ersättas med en annan teori om synsinnet så skulle det riva upp själva basen för belysningsteknologin, och alla fotometriska begrepp, enheter och mätinstrument skulle behöva revideras eller bytas ut.

Dagens fysiologiska hjärnforskning arbetar mycket med att hitta samverkansmönster mellan yttre stimuli och de reaktioner och processer som sker i hjärna och nervceller. Man avläser den elektriska aktiviteten i hjärncellerna eller scannar hela hjärnans aktivitet med metoder som PET (Positron Emission Tomography) och MRI (Magnetic Resonance Imaging). Sådan forskning skulle så småningom kunna bidra mycket till vår förståelse av seende och perception, och det finns förhoppningar om att den kan leda till metoder för att mäta uppfattad färg och ljus.

Att använda standardiserade färgprover

Färgprovssamlingar tillverkas för en rad olika ändamål som ställer olika krav på provernas kvalitet. Hur stora skillnader får det finnas mellan prover som har samma benämning? Vilka fysiska och visuella förändringar över tid kan man acceptera? Ska provets beteckning berätta något om dess egenskaper, och i så fall med vilken noggrannhet? För att fungera som referenser i industriell produktion och reproduktion av färgade material måste proverna svara mot höga krav i alla dessa avseenden. Därför finns standardiserade prover som specificeras kolorimetriskt med mycket snäva variationstoleranser.³⁵ NCS (Natural Colour System) är svensk standard för färgbeteckningar. Dess utgångs-

punkter är helt och hållet visuellt definierade, och när man väl har lärt sig systemet kan man använda det utan referensprover. NCS-koden som sådan berättar hur färgen ser ut och dess visuella förhållanden till andra färger – men noggrannheten i detta är inte särskilt stor.

De färgprover som hör ihop med NCS-systemet har alltså två syften: dels att illustrera NCS-begreppen och deras inbördes relationer och dels att förse industrin med noggrant specificerade hjälpmedel. Urvalet och beteckningarna har baserats på en mängd visuella observationer under kontrollerade förhållanden. Därefter har man mätt in de utvalda proverna kolorimetriskt och standardiserat deras mätvärden. Dessa kolorimetriska specifikationer kan sedan fungera som referenser när man mäter andra ytor, till exempel i en bärbar färgscanner. Där det krävs stor noggrannhet behövs dock instrument med mycket större tillförlitlighet, och eftersom det alltid finns små skillnader mellan olika instrument och inmätningförhållanden krävs då också att man har tillgång till de fysiska referensproverna för samtidig jämförelse. För att motverka eventuella åldringsförändringar finns också rekommendationer om att referensproverna ska bytas ut efter en viss tid.

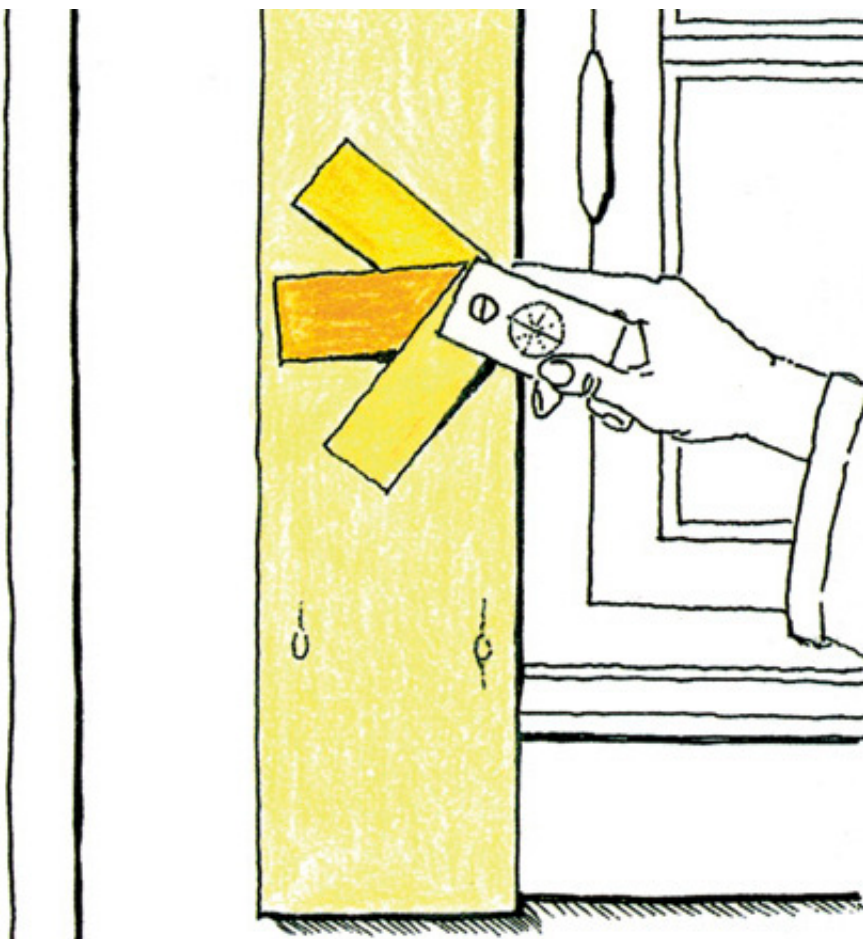
De fysiska färgproverna kan också användas som verktyg för visuell inmätning. Som tidigare nämnt så kan *nominell färg* definieras som ”uppfattad färg under standardiserade betraktningförhållanden”. Den kod som finns tryckt på varje NCS-prov anger alltså dess nominella färg. Ofta är det dock inte möjligt att placera föremålet – exempelvis en husfasad – i den kontrollerade standardsituationen.

Den nominella färgen hos föremål utanför standardsituationen kan bestämmas genom direkt visuell jämförelse med de standardiserade proverna, men noggrannheten blir då klart sämre än om man gör tekniska mätningar under kontrollerade förhållanden.³⁶ En fördel med den visuella metoden är att en van bedömare kan använda den även för jämförelser mellan ytor med olika ytkvalitet, exempelvis glans eller ytstruktur.

³⁴ Liljefors 2010

³⁵ Detta diskuteras vad gäller NCS-systemet i Hård & Nilsson 1994.

³⁶ Fridell Anter 2000 s59–64.



Visuell mätning av nominell färg (egenfärg) Efter Fridell Anter 2000.

Psykofysik och perception

Förhållandet mellan psykofysiska data och den värld vi uppfattar med våra sinnen är omdebatterat. Kan avancerad fotometri och kolorimetri beskriva komplexiteten hos det vi uppfattar sinnligt eller är det omöjligt att få grepp om sinnesupplevelser på annat sätt än genom själva perceptionen?

Frågan kan ställas på många nivåer. Dagens fotometriska och kolorimetriska teorier och metoder är utvecklade för vissa specifika förhållanden och kan där ge en god samvariation mellan det uppmätta och det som uppfattas visuellt. Dessa metoder är allmänt accepterade, samtidigt som det finns en enighet om att de borde kunna anpassas bättre till det mänskliga synsinnets funktioner. Även om de förbättras tar de dock inte hänsyn till det rumsliga och tidsmässiga sammanhanget och hur detta påverkar vår perception. Mätningarna gäller specifika variabler och görs på enskilda punkter, och resultaten kan inte göra anspråk på att säga mycket om den uppfattade helheten.

Vid sidan av den traditionella kolorimetrin finns därför ett nytt och växande forskningsområde kallat *colour appearance*. Dess teorier inkluderar omgivningsfaktorer som t.ex. belysning, betraktningsavstånd och ytstorlek och strävar efter att kunna ge mätvärden som motsvarar det som uppfattas visuellt i olika situationer.

Den viktigaste frågan är dock inte teknisk, utan snarare filosofisk. Kan det vi uppfattar med våra sinnen beskrivas genom mätningar av den fysiska världen? Eller är det som kan mätas fysiskt och det som uppfattas av människor två i grunden disparata verklighetsaspekter som inte kan beskrivas med en och samma uppsättning av begrepp och mått? Många forskare, bland dem författaren till denna rapport, menar att det bästa sättet att använda kunskap om både fysik och perception är att acceptera den grundläggande skillnaden mellan dem. Vi bör inte försöka integrera de olika synsätten, och vi bör inte heller avfärda något av dem – i stället kan vi utgå från skillnaden mellan det fysiska och det mänskligt uppfattade och leta efter meningsfulla samband mellan dem.

5

Slutsatser: Vad menar vi med ljus och färg?

Det är uppenbart att orden *ljus* och *färg* kan användas på många olika sätt och syfta på helt olika företeelser. Ett sätt att klargöra dessa olikheter är att hänvisa till de medel man använder för att specificera, karakterisera och mäta det man kallar ljus eller färg.

Använder vi fotometriska eller kolorimetriska instrument?

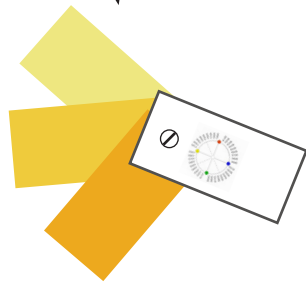
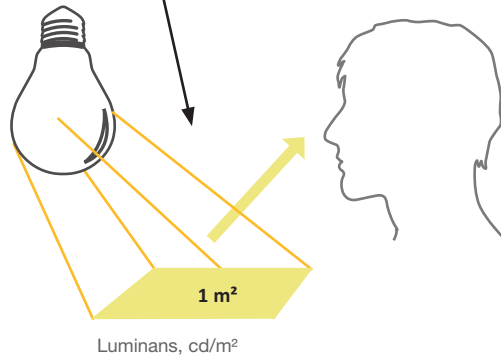
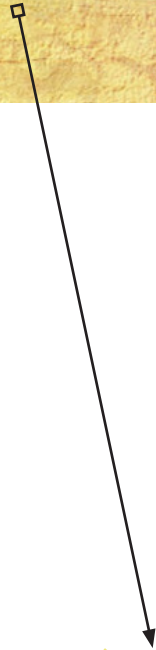
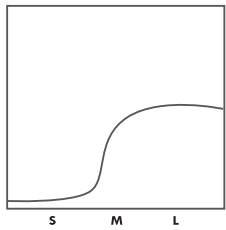
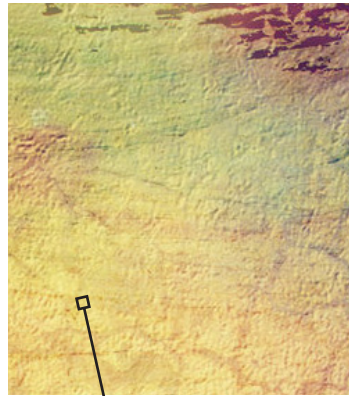
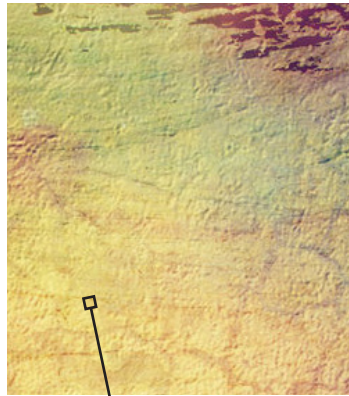
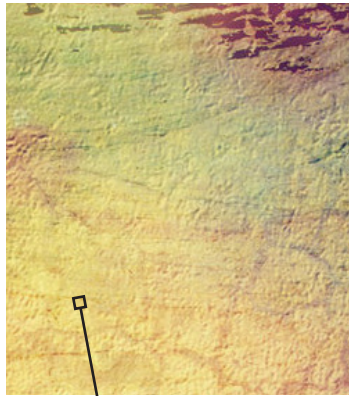
Använder vi färgprover för visuella jämförelser?

Mäter vi den elektromagnetiska strålningen som sådan?

Refererar vi till tillverkningsmetoder eller recept?

Eller väljer vi att helt enkelt lita på det vi ser?

Olika sätt att använda ord är djupt rotade i olika tanketraditioner, professioner och akademiska discipliner. Vi måste acceptera att dessa skillnader finns, men vi kan överbrygga gapet mellan dem genom att öka den ömsesidiga medvetenheten om de olika synsätten. Termer som har specifika definitioner, exempelvis de fotometriska begreppen, bör bara användas i dessa väldefinierade betydelser. För andra ord, som har flera alternativa betydelser, är situationen mera komplicerad. Här måste vi sträva efter att använda orden på ett sätt som gör det tydligt vad vi menar, och samtidigt vara öppna för att andra ger dem alternativa betydelser. Detta skulle både främja och främjas av ett utökat samarbete mellan olika vetenskapstraditioner och professioner.



Recept:
 Y 5.30
 YR 2.20
 SV 0.25



[Vaniljgul] ?

6

Referenser

Arnkil, H., Red. (2012a). *Colour and Light - Concepts and Confusions*. Helsinki: Aalto University School of Arts, Architecture and Design.

Arnkil, H. (2012b). "Lightness and Brightness and other Confusions". I *Colour and Light - Concepts and Confusions*. Red. H. Arnkil. Helsinki: Aalto University School of Arts, Architecture and Design.

Billger, M. (1999). *Colour in Enclosed Space*. Göteborg: Dep. of Building Design, Chalmers University of Technology.

da Pos, O. (2005). "When do colours become flourent?" I AIC 2004 Color and Paints. Interim Meeting of the International Color Association, Porto Alegre, Brazil, November 3-5, 2004. Red. J. L. Caivano: www.fadu.uba.ar/sicyt/color/aic2004.htm: 3-8.

Fridell Anter, K. (2000). *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*. Stockholm: Arkitektur, KTH, Stockholm.

Fridell Anter, K., Red. (2006). *Forskare och praktiker om FÄRG, LJUS, RUM*. Stockholm: Formas.

Gescheider, G. (1997). *Psychophysics, the fundamentals* (3:rd edition): Psychology Press.

Gilchrist, A., C. Kyssofidis, F. Benato, T. Agostini, J. Cataliotti, X. Li, B. Spehar & J. Szura. (2007). "An Anchoring Theory of Lightness Perception." from <http://www-psych.rutgers.edu/%7Ealan/theory3/index.html>.

Green-Armytage, P. (2006). "The Value of Knowledge for Colour Design." *Color Res. Appl* 31(4): 253-269.

Hård, A. (1995). "Det naturliga färgsystemet". I *Färgsystemet NCS. Tanke, tillkomst, tillämpning*. Färgantologi bok 1. Red. A. Hård & Å. Svedmyr. Stockholm: Byggeforskningsrådet.: 53-125.

Hård, A. & Å. Svedmyr (1995). *Färgsystemet NCS. Tanke, tillkomst, tillämpning*. Färgantologi bok 1. Stockholm: Byggeforskningsrådet

Hård, T. & A. Nilsson (1994). "Upgraded quality for colour notation." *European Coatings Journal*(11/1994): 847-858.

Karlsson, R., T. Laike & L. Samuelson (2011). *Flervetenskaplig ljusforskning*. Lund: Pufendorf Institute For Advanced Studies.

- Katz, D.** (1935). *The world of colour*. London.
- Klarén, U.** (2012). "Natural Experiences and Physical Abstractions. On epistemology of colour and light". I *Colour and Light - Concepts and Confusions*. Red. H. Arnkil. Helsinki: Aalto University School of Arts, Architecture and Design.
- Liljefors, A.** (2003). *Seende och ljusstrålning*. Jönköping: Belysningslära, Ljushögskolan, Högskolan i Jönköping.
- Liljefors, A.** (2006). "Ljus och färg i seendets rum". I *Forskare och praktiker om FÄRG LJUS RUM*. Red. K. Fridell Anter. Stockholm: Formas: 229-250.
- Liljefors, A.** (2010). "The impact of modern science on lighting quality". I *Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency"* 14-17 March 2010 Vienna, Austria. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage: 181-184.
- Newton, I.** (1704, 1730). *Opticks: or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*. London Facsimile with foreword by Albert Einstein, Dover Publications 1952.
- Svedmyr, Å.** (2002). *Den målade fasadytans materialitet*. Stockholm: Arkitektur/Formlära, KTH.
- Tonnquist, G.** (1995). *Färgsystemanalys. Färgantologi bok 3*. Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Wright, W. D.** (1969). *The measurement of colour*. London: Adam Hilger.

