

Goethes gåde

Øjet og lyset 8



Af Per Nellesmann



En parafrase over Tischbein: Goethe på den romerske Campagne (1786-87).



Goethes glas, som demonstrerer Trübeffekten.

Digteren Goethe fra den tyske romantik skrev i sine ungdomsår om livets store følelser. I de sidste mange år var han optaget af de store naturvidenskabelige spørgsmål. Han søgte efter ur-fænomenerne. Ur-planten, alle planters moder. Han søgte efter Ur-farverne. Det gav anledning til "die Farbenlehre", som han udgav 1810, og som han selv anså for sit vigtigste bidrag til menneskeheden. Intet mindre.



Titelbladet til Farbenlehre 1810.

"... Men at jeg er den eneste, som ved det rigtige i den vanskelige videnskab, som farvelæren er, det regner mig til fortjeneste,..."

Goethe tog udgangspunkt i den klassiske dannelses tekster fra antikken, og det vil her ikke sige de tvivlende Platon og Sokrates, men en anden græsk filosof, Aristoteles (384-322 fvt.). Ifølge hans over to tusind år gamle opfattelse stammer alle farver fra hvidt og sort. Når pigmentfarver blandes sammen, ender man da også med en grumset brunsort. Goethe udtrykte det mere poetisk som "Lysets Møde med Mørket."

I himmelrummet ser vi vekslende farver, den blå himmel og solens gule, den grundlæggende polaritet i farvernes verden, sagde han.

Imellem det sorte ydre verdensrum og solen fandtes ifølge Goethe, et semitransparent lag, hvor farverne opstod. Dette lag bestående af støv og aske, vore dages "smog", blev kaldt for "Trübe", d.v.s. uklare. Et velvalgt navn for hypotesen.

For at forklare Trübe-effekten, fik

Goethe fremstillet glas, der sidder i låget på en sort kasse. I det farveløse let uklare glas, som sammenlignes med Trübe laget, er der en slange på siden. Når låget lukkes, og vi ser ind i mørket, er slangen blå, men når låget åbnes, og vi ser slangen på en hvid, nærmest lysende baggrund er slangen gul.

Slangens farveskift fra gult i lys til blåt mod mørke er ejendommeligt.

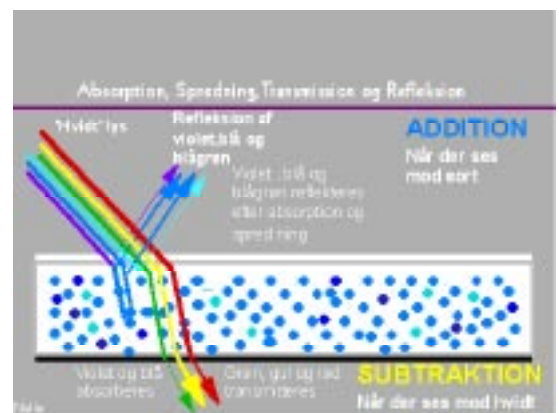
På samme måde ser vi, stadigvæk ifølge Goethe, den hvide sol som gul eller rød, når vi ser igennem Trübe-laget. Jo tættere laget er, jo mere rød er solen.

At den gule guldbelægning blev sort mod lyset, undgik digterens opmærksomhed.

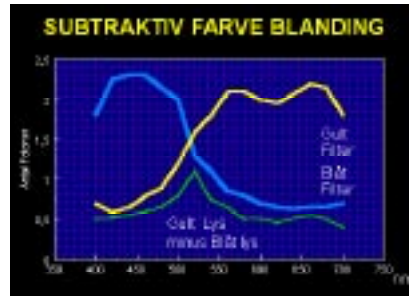
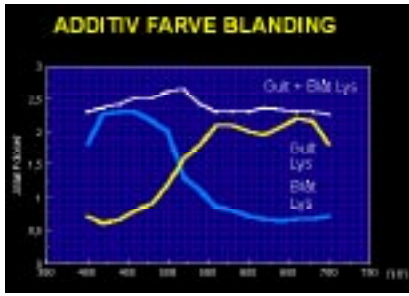
Lad os derfor analysere, hvad der sker, når lys rammer et semitransparent pigment som på Goethes glas. Se også figuren.

Når lys rammer en genstand, kan det blive absorberet, transmitteret eller reflekteret. Ved en absorption bliver energien omdannet til varme. Ved transmission går lyset uændret igennem genstanden. Ved refleksion tilbagekastes lyset som i et spejl eller diffust, som fra en mat væg. Oftest vil alle tre ting finde sted. Genstandens farve vil da afhænge af, hvor meget og hvilken del af spektret, der absorberes.

Forskellige farver kan også opstå, hvis den ramte genstand er et meget tyndt lag, så tyndt som lysets bølglængde. Interferens vil da opstå mellem lysbølgerne, som vi ser det i sæbebobler, oliepletter på våd asfalt, insekternes og fuglenes iridescerende farver. Farveændringer på grund af diffraktion i et



Det semitransparente pigment på glasset er gult på grund af blå subtraktion. Lyset passerer gennem pigmentet, som virker som et diapositiv. Mod den sorte baggrund reflekteres kun det blå lys.



gitter (diffraction grating) på glasoverfladen er ikke aktuell her, selvom disse farver er almindelige.

På figuren kan vi se, at der er tale om en *addition* af bølglængderne, der svarer til farverne violet, blåt og blågrøn, når blåt ses mod sort. Kun disse blå og blålige farver reflekteres.

Når vi i stedet ser mod den hvide baggrund, bliver det blå lys absorberet. Det blå lys bliver så at sige trukket ud af det hvide lys. Der er tale om en *subtraktion*. Det samme sker, når vi ser et diapositiv i en projektor.

Der er også tale om subtraktiv farveblanding, når *pigmentfarverne* blandes, som vi kender det med vandfarver i skolen. Blander vi blå og gul pigmentfarve, får vi en mørk grøn, som ethvert barn ved. Men blander vi blåt

og gult lys, *lysfarver*, bliver lyset blandet fysiologisk, og vi får – helt uventet hvidt. Og blander vi rødt og grønt lys, får vi, som enhver øjnlæge ved – gult lys. Det hænder, hvad enten blandingen sker på eet øje eller med et grønt glas for det ene øje og et rødt glas for det andet. Det er ligeså uventet, for det kan vi ikke vide på forhånd.

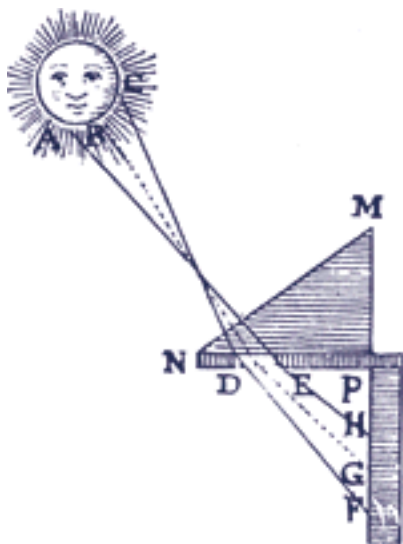


Når lysfarver blandes, er det uforståeligt, at rødt og grøn bliver til gul, og at gul og blå bliver til hvid.

Først med fysikeren og fysiologen Johann Hermann *Helmholtz* blev forskellen mellem addition af lysfarver og pigmentfarver klarlagt. Kimen til forståelsen af den additive farveblanding blev lagt af Isaac *Newton* 1676, da han begyndte sine prismeforsøg. At lyset brydes i et prisme og spredes i regnbuens farver, var kendt nok, bl.a. af Franciscus Mario *Grimaldi* (1613-1663) og René *Descartes*.



Goethes egenhændige tegning af en regnbue. Den kunstneriske frihed er benyttet til at bytte om på farverækkefølgen. Den mest brydende blå er anbragt yderst som mindst brydende.

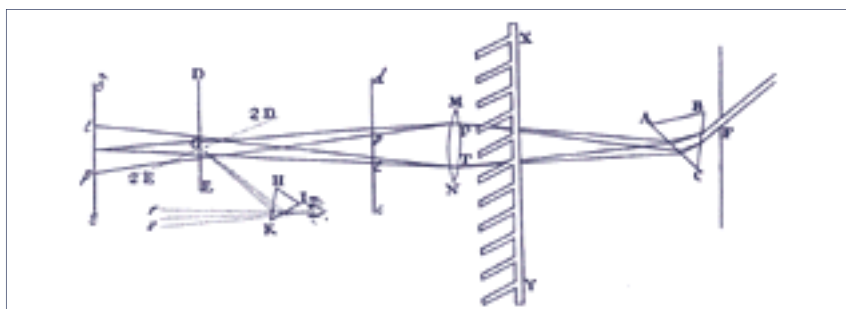


Descartes illustration af lysets brydning i et prisme.

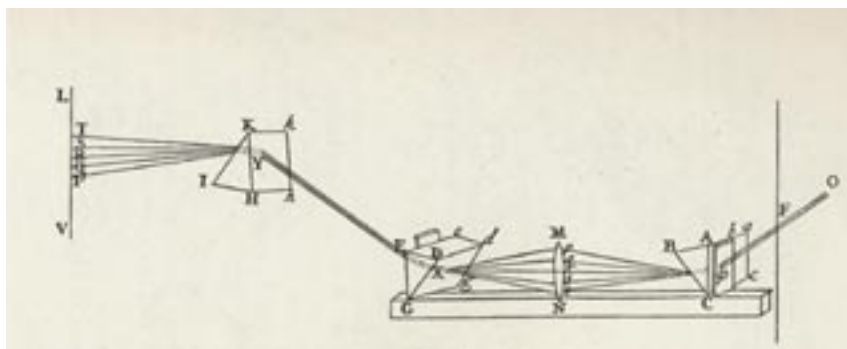


Men det var Newtons opdagelse, at det spredte lys ikke kunne spredes yderligere, og at det også kunne adderes og samles igen til hvidt lys. Det viste Newton på flere måder. Ved at stille et prisme omvendt i forhold til det første eller ved at føre en kam hurtigt frem og tilbage over det spredte lys. Newton havde også noteret sig, at *sæbe-bobler bliver hvide* på afstand og har regnbuens farver tæt på.

I modsætning til samtidens naturfilosoffer forstod den aldersstegne Goethe ikke hvad Newton så i ung alder på Trinity College i Cambridge. Det er



Når Newton førte en kam hurtigt frem og tilbage over billedet af den prismatiske spredning, blev farverne ført sammen til hvidt, d.v.s.usynligt lys.



Newtons tegning af lysets spredning og efterfølgende samling efter passage gennem et omvendt stillet prisme.

siden betegnet Goethe-Newton striden af tilhængere af Goethes farvelære, for eksempel Rudolf Steiner. Men som vi har set, skyldtes forskellen i opfattelse blot forskellen mellem en additiv, fysisk-fysiologisk blanding af lysfarver og Goethes subtraktive, fænomenologiske og kunstneriske blanding af pigmentfarver.

Newton gav os et af de første farveorden systemer i form af et cirkel diagram, med de 7 nemt adskilte spektralfarver. De to ekstremer rødt og violet forbindes på denne måde, fordi der er et slægtskab i farveopfattelsen i spektrets ydergrænser, som Newton bemærkede det. Og som vi først 300 år senere har fundet ud af. Forklaringen er det "uønskede" røde respons fra de rødt opfattende tappe ved de korte bølgelængder.

Newtons diagram var logisk på flere punkter. Komplementærfarverne kan hurtigt aflæses, og midt imellem to komplementærfarver har vi den hvide, opstået ved addition.

Og her ligger centrum, tyngdepunktet for alle farver.

Men diagrammet har en med en vigtig udeladelse, farven purpur. Blanding af rød og violet giver purpur, som ikke er en spektralfarve. Og komple-

mentærfarven til purpur er grøn. Det var derfor ikke underligt, at det ikke lykkedes for Newton at skabe hvidt, i alle tilfælde alene ud fra kun to spektralfarver.

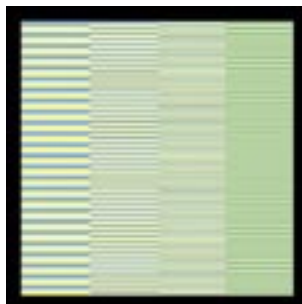
Thomas Young (1802) og George Palmer for ham (1777) teoretiserede over muligheden for, at kun tre hoved- eller primærfarver skal blandes for at give vores farvesyn. Der var simpelthen ikke plads til, at hver farvenuance, kan have sin egen farvecelle. Men hvilke primær farver? I sin berømte Bakerian Lecture, som mest omhandlede lysets bølge teori sluttede han:

"As is almost impossible to conceive each sensitive point of the retina to contain an infinite number of particles, each capable of vibrating in perfect unison with every possible undulation, it becomes necessary to suppose the number limited, for instance three principal colours, red, yellow and blue, and each of the particles is capable of being in motion more or less forcibly by undulations differing less or more from perfect unison. Each sensitive filament of the nerve may consist of three portions, one for each principal colour."

Kun syv måneder efter sin forelæs-



Newtons farvecirkel baseret på tyngdeprincippet med hvidt i centrum og spektret i periferien, og altså uden purpur.



På afstand blandes se blå og gule striber til hvidt.



Maxwells forskydelige skiver til partitiv farveblanding.

ning ændrede Young sit primær farvevalg til rød, grøn og violet, fordi det er de farver på tre lys, som giver flest antal af andre farver.

Young forstod, at hvis hans teori var korrekt, skulle en kombination af rød, grøn og violet give en fornemmelse af hvidt. Til de eksperimenter anvendte Young et hjul, eller en snurretop med påmalede farver, som så roteredes hurtigt for at undgå flicker. Metoden kaldes *optisk* eller *partitiv farveblanding*. Det bedste man kan opnå er dog kun en neutral grå, da der er tale om en kombination af subtraktiv og additiv farveblanding, selvom Young hævdede i en form for ønsketænkning, at blandingen var perfekt hvid.



Lovene for additiv farveblanding blev udformet af Hermann Günther Grassmann, 1853.

Det blev op til Grassmann og Maxwell at give substans og præcision til den additive farveblanding. Grassmann var matematiker og havde opfundet vektor og tensor regningen og kunne i trikromat-teorien finde en praktisk anvendelse for sin vektorregning. De endelige beviser for trikromat teoriens postulater og de love, som be-

skriver teorien, kom senere, og igen var det Maxwell og Helmholtz, men også Schrödinger var på banen.

En af grundene til at det var så svært at kapere trikromat teorien var, at der tidligere ikke var så mange eksempler på anvendelsen af den additive farveblanding ud over scenelys.

Det er også svært at forudsige farven, når man er vant til at blande subtraktivt. Det er jo absurd, at blåt og gult giver hvidt.

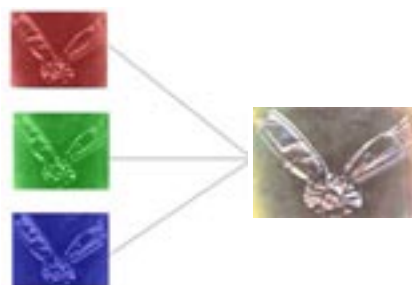
Efter at Maxwell i 1861 demonstrerede det første farvefoto, gik det nemmere med forståelsen. Sort hvide foto havde da været kendt i ca 30 år.

Tre sort-hvide lysbilleder blev taget i rækkefølge af et skotsk-ternet (tartan) ordensbånd. Hvert foto blev taget gennem forskellige farvefiltre, rødt, grønt og blåt glas. Da Maxwell herefter projicerede de tre billeder med tre forskellige projektorer, som indeholdt det samme farvefilter som ved optagelsen, så viste han, at de tre primær farver rød, grøn og blå kan danne et farvefoto, når de primære farvebilleder er perfekt på linie.

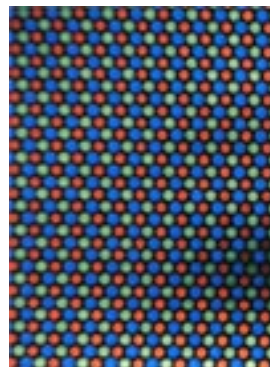
I vore daglige omgivelser er den additive farveblanding bedst kendt i TV-skærmen, Cathode Ray Tube (CRT), hvor tre elektronstråler rammer såkaldte "fosfor" punkter på indersiden



Maxwell prøver som ung mand additive farveblanding. Skiven, Maxwells disc ses i højre hånd.



Det første farvefoto (Maxwell 1861) af et skotsk-ternet ordensbånd fungerede som bevis for trikromat farveteorien. Når de tre farvebilleder taget med rødt, grønt og blåt filter projiceres i register gennem samme filtre, se et multi farvet billede.



På bagsiden af TV skærmen danner de små farvede punkter, triaderne, et polychromt billede, når de ses på afstand.



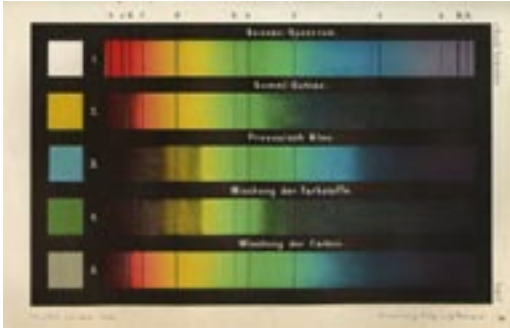
I TV-et rammer elektronstrålen de rødt, grønt og blå fluorescerende punkter efter at have passeret skyggemasken, som sikrer en præcis gengivelse.

af billedrøret. Punkterne måler ca. 0,5 mm i diameter, og lyser op, når de rammes af elektroner. Punkterne er grupperet i triader, som udsender fluorescerende lys i farverne rød, grøn og blå. I de fleste systemer er der placeret en skyggemaske mellem elektronkanonen og billedskærmen, som sikrer, at kanonen kun aktiverer samme farve som den selv.

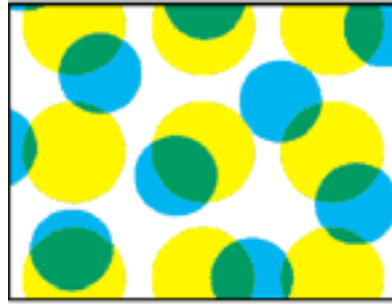
I det aktive matrix display, fladskærmen, som vi kender under navnene TFT, (Thin Film Transistor) og LCD fladskærmen er farveblanding også additiv. I denne skærm påvirkes hvert "liquid crystal" af et potentiale på få volt fra transistoren, og det elektriske felt ændrer krystallets polarisering og lysgennemgang, således at et farvet billede kan dannes, når krystallet har et farvet filter, rødt grønt eller blåt anbragt ovenpå.

Og endelig har vi de fluorescerende lysstofrør. I dem er det den additive farveblanding, der er grundlaget for de nye rørs forbedrede farve kvalitet.

Den partitive farveblanding er af meget gammel dato, de gamle græske og romerske mosaikker krævede en stor indsigt i de effekter, der opstår, når punkter med komplementære og nærliggende kulører anbringes side om side. I nyere tid er det gobelin væverne og pointillist/divisionist malerne, som har behersket disse effekter. I moderne tid er det klæde-designerne og ikke mindst halvtone trykkerierne. Der ligger først og fremmest erfaring til



Farveforskeren W. von Bezolds originaltegninger af den subtraktive og additive farveblanding (1874).



Ved halvtone trykning er farveblandingen både additiv og subtraktiv.

grund for et vellykket kunstnerisk og æstetisk resultat.

Det eneste tidspunkt, der foreligger en ren additiv og partitiv farveblanding, er ved et meget groft halvtone billede, hvor der er stor afstand mellem farvepunkterne som i et sort-hvidt billede i avisen.

I tre-og fire-farvede farvetrykkeprocesser er det størrelse på punkterne og det faktum, at en farve delvist trykkes ovenpå en anden, som bevirker, at der ikke klart kan skelnes mellem en additiv, partitiv eller subtraktiv farveblanding.

På et senere tidspunkt kommer vi nok mere detaljeret ind på farvernes gensidige påvirkning.

Referencer:

www.oftalmolog.com

Boëtius, H., Lauridsen, M.L. og Lefevre, M.L.: Lyset, mørket og farverne. Goethes Farvelære, indblik og perspektivering. Multivers. 1998.

Ditchburn, R.W. : Light. 3rd. Ed. Academic Press. London 1976.

Gregory; R L :Mind in Science.

Gregory; R L :Eye and Brain. 5th ed. Oxford Univ Press. Oxford. 1996.

Grum, F. and Becherer, R.J. : Optical Radiation Measurements. Vol. 1. Radiometry. Academic Press . N.Y. 1979.

Hubel, DH Eye, Brain and Vision. Sci.Am.Lib. N.Y. 1987

Minnaert, M. : The nature of Color & Light in the open air. 1954 .Dover .N.Y McLaren, K. : The Colur Science of Dyes and Pigments. Adam Hilger Ltd. Bristol. Sec. Ed. 1986.

Newton, Isaac : OPTICS or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light. Base d on 4th.ed. London 1730. Dover Publ. N.Y. 1079

Palmer, S Vision Science. Photons to Phenomenology. MIT Press. Cambridge, Mass. 1999.

Penrose, R. :The Emperor's new Mind. Concerning Computers, Minds, and the laws of physics. Oxford Univ. Press. N. Y. 1989.

Rodieck, R W : The first steps of seeing. Sinauer. Sunderland, Mass. 1998.

Tovée, M.J :An introduction to the visual system. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996.

Uttal, W R : A taxonomy of the visual processes. Lawrence Erlbaum Ass. hillsdale, New Jersey. 1981.

Widdel, E and Post, D.L. (eds.) Color in Electronic displays. Plenum Press. N.Y. 1992

Wright, The Rays are not coloured. Essays on science of vision and colour. Hilger. London. 1967.

Wyszecki, G. and Stiles, W.S.: Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. John Wiley and sons, inc. New York. 1982. (sec. ed. 2000).

Zajonc, A. : Cathing the Light. The entwined history of light and mind. 1993. Oxford, Oxford

Zeki, S: A Vision of the Brain. Blackwell. 1993.