

# Hvad ser farveblinde?

## Øjet og lyset 18



Af Per Nellesmann

*Det er ikke noget stort problem at finde frem til de farver, som farveblinde tager fejl af. Siden Goethes beskrivelse fra 1810 af to brøders defekte farvesyn og ikke mindst Daltons fra 1798 af sit eget og sin brors ejendommelige farvesyn har man kendt forvekslingsfarverne.*

*I de latinske lande kaldes farveblindhed daltonism efter kemikeren Dalton (1766-1844), som detaljeret beskrev sin og sin brors ejendommelige farvesyn.*



samme sanseoplevelse, blot f.eks. samme opvækst og skolegang. Det understreges af, at mange farveblinde først sent bliver klar over deres defekt. Med mindre farvesynet er undersøgt systematisk i skolen eller ved helbredsattester. Dalton var så gammel som 26 år, før han blev opmærksom på sin afvigelse.

Der er imidlertid flere måder, vi kan komme med et kvalificeret skøn. Vi så et af Anders Hedin her i Oftalmolog i 1994.

Der er flere udgangspunkter. Man kan undersøge personer med medfødt ensidig farveblindhed, den perifere del af nethinden hos normale og personer med erhvervet farveblindhed.

### Ensidig farveblindhed

Der er fundet få personer med et normalt øje og et farveblindt andet øje. Disse få personer så kun de to



*Sommer ved Furesøen. Fotograferet med blå/gult interferensfilter og uden.*

kulører blå og gul med det farveblinde øje. Den blå, som hos normale ved 470 nm og en gul som hos normale ved 575 nm. De første undersøgelser blev foretaget af oftalmologens gamle koryfæer som Holmgren, vonKries, Nagel, Hippel o.m.a., så de var valide nok. Det er næppe en tilfældighed, for disse to bølgelængder er også de samme blandt de tre, der udviser kulør konstans uanset belysningsstyrken, Bezold-Brücke fænomenet. Det fænomen, at med stigende lysintensitet konvergerer farverne mod gul 475 nm og blå 475 nm. (Det tredje konvergenspunkt er blågrøn ved 503 nm, omkring neutralpunkterne ved dikromasi).

Hvordan den medfødte ensidige farveblindhed opstår er stadig ganske uklart.

### Perifere nethinde

I den perifere del af nethinden mellem 20 og 50 grader fra centrum er farvesynet dårligt. Man har svært ved at skelne farver, og nethinden fungerer nærmest dikromat som en deuteranomal.

I den perifere del af nethinden er der fundet samme blå og gule opfat-

**H**er tænker vi mest på rød/grøn farveblindhed. Den sjældne achromatopsi kender normale jo fra nattesynet, og medfødt blåblindhed er meget sjælden, så det er ikke så aktuelt.

Et andet og mere interessant problem er, hvad den farveblinde ser i stedet for den forvekslede farve. Det spørgsmål er ikke muligt at besvare med 100 % sikkerhed. Farveoplevelsen er og bliver helt privat. Sproget hjælper os ikke. Ordet rød for rosens farve behøver ikke at dække over



*Detalje af Julia fractal fotograferet med blå/gult interferensfilter og uden.*

telser som ved 470 og 575 nm, dog en lidt større unøjagtighed +/- 10 nm.

Det er interessant, at såvel de protanope som deuteranope så gult på samme måde. Altså uanset at de fungerende synspigmenters følsomhed afviger fra hinanden.

Som vi før har været inde på i forbindelse med anomal trikromasi og spektral tuning, er det åbenbart det neurale netværk, som er afgørende for, om den oplevede farve bliver rød, grøn eller gul. Neurofysiologen Peter Gouras gør opmærksom på, at den tætte korrelation imellem synspigmenterne af M og L type ('grøn' og 'rød') medfører, at vi er nødt til at fjerne korrelationen. Der skal foretages en *de-korrelation*, sådan at M og L tappenes reaktion ikke bliver så ensartet. Teoretisk gøres det i den moderne udgave af zone-farveteorien, Guths ATD model, ved at trække M og L reaktionssvarene fra hinanden. ATD er en forkortelse af Achromatic Tritanopic Deuteranopic, fordi farvemodellen beskriver en achromatisk luminans-kanal og et normalt farvesyn bestående af en kombination af tritanopi og deuteranopi.

En tilsvarende subtraktion af to reaktionsimpulser foretages i neurofysiologien. Der kræves således et kraftigt stimulus for at forskyde ligevægten fra et neutralt ligeligt stimulus, som opleves som en gul farve til enten rød eller grøn. Det kræver også en del tappe at opnå farvekontrast. Så det er i overensstemmelse hermed, at der er dikromasi i den perifere del af nethinden.

Ved tritanopi har man gjort den observation hos de kun to pålideligt beskrevne personer, at blågrøn ved 485nm og rød ved 660nm har samme kulør hos normale og tritanope. Virkeligheden skulle med de oplysninger være meget lig sommeren i varme farver og set i grøn gul og røde farver.

### Erhvervet farveblindhed

Ved erhvervet farveblindhed er forholdene også, som det er beskrevet ovenfor, men selvfølgelig er det endnu vanskeligere at konkludere noget afgørende om, da det jo netop drejer

sig om sygelige tilstande, og hvor den undersøgte tidligere har set normalt med begge øjne og derfor har haft normale neurale forbindelser.



Den sydafrikanske *Pelargonium acetosum*, som nok er den dengang kaldte geranium, som Dalton beskrev som himmelblå om dagen og helt uden blå om aftenen i stearinlys. Normal billede og digital simulering af deuteranopi.

### Hvad så Dalton?

Een pink geranium (som nu kaldes pelargonium) så Dalton næsten præcist som himlens blå om dagen. Ved stearinlys blev den dramatisk ændret uden at have noget blå i sig, men blev, hvad jeg (Dalton) kalder rød, en farve, som danner slående kontrast til blå.

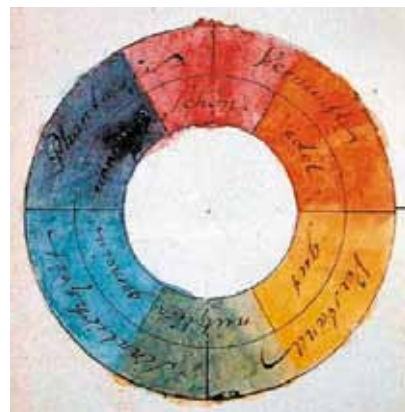
Dalton opregner de seks hovedkulører, der ses hos normale i spektret: Rød, orange, gul, grøn, blå og purpur, hvorimod Dalton kun så to distinkte kulører gul og blå med purpur som en mulig tredje. Mærkeligt nok angav han ikke hvidt eller et neutralpunkt, selvom det må have været der. Da Dalton så røde genstande som meget mørke eller sorte, mente man, blandt andet Wright, fra CIE farvemålingernes højborg, at Dalton var protanop. For 10 år siden lykkedes det imidlertid ved molekylær genteknik at genskabe Daltons farvesynsgener, og man konstaterede da efter 150 år, at han var deuteranop. Dalton havde nemlig anmodet

om, at hans øjne blev bevaret for at undersøge, om hans defekt skyldtes en blålig misfarvning af Corpus Vitreum. Det blev altsammen spændende beskevet i Science ved et fint samarbejde mellem Cambridge institutter af Bowmaker og Mollon et.al. Der mente man, at man kom på vildspor, fordi den deuteranope ser det langbølgede lys mere mørkt olivengrønt, end man umiddelbart tror.

Som en sidebemærkning kan det lige nævnes, at Thomas Young (1802) mente, at det var mere simpelt at tænke på 'paralysis of those fibres that are calculated to perceive red' frem for et blåligt glaslegeme.

Goethe forklarer udmærket fænomenerologisk, hvad den farveblinde ser og kommer også med en god huskeregel: 'bladene ser næsten ud som om efteråret'. Imidlertid bruger Goethe sin pigmentfarvecirkel til forklaring. Hvis man tager blåt ud af den kromatiske cirkel skulle man få (ifølge Goethe) den farveblindes farver, og Goethe var derfor ovenud glad for sin betegnelse *acyanoblepsi*, manglende blåsyn. Så heller ikke her gav tiden Goethe medhold.

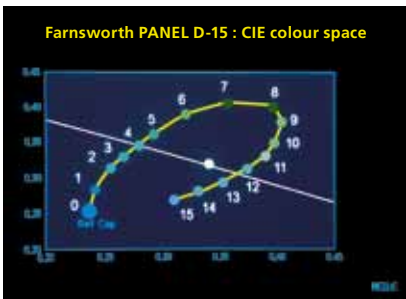
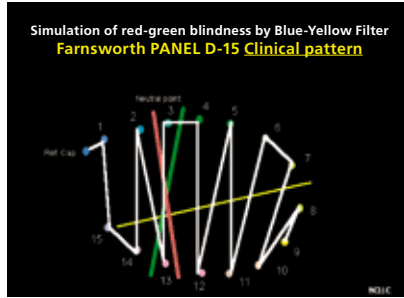
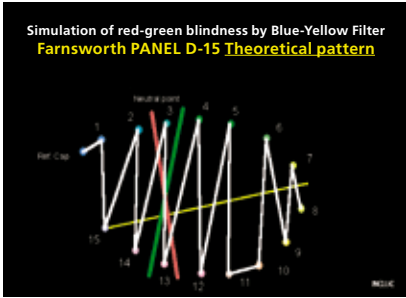
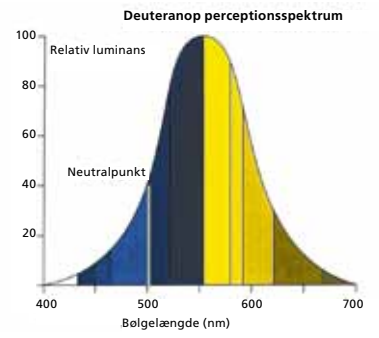
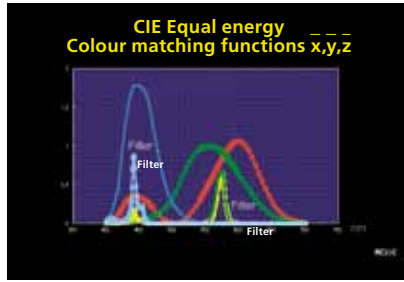
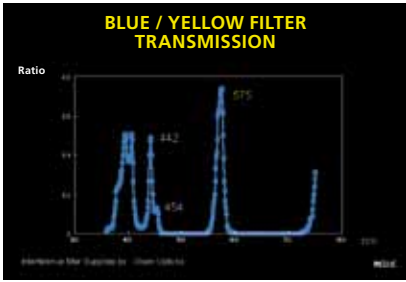
På baggrund af de nævnte gule



I Goethes farvecirkel får man de rød/grøn farveblindes forvekslingsfarver ved at fjerne den blå sektor.



Goethe var en god akvarelmaler og her hans forslag til, hvordan farveblinde ser.



kalibrering af monitoren, for ellers er der noget rødt i den ellers rødfri dikromatiske 'blå'. Også på baggrund af CIE rummet har man trænet et *neuralt netværk* og fået acceptable billeder. Lige bortset fra at de ikke på denne udgave har overholdt data fra de ensidigt farveblinde. Men det er jo et vanskeligt område. I den klassiske og uundgåelige reference Wyszecki og Stiles 'Color Science' har man helt undgået den diskussion. Man har helt retlinet ikke udtalt sig om, hvilke farver de forskellige følsomhedskurver udtrykker. Det er nok et lidt for valent (sv. ljumt). Guths ATD

og blå bølgelængder har man forsøgt at fremstille billeder for at simulere dikromasi fotografisk med forskellige gelatinefiltre. Men der skæres en del af spektret væk, og filtrene har en stor spektral overlappning, så man ikke får et retvisende billede af, hvordan farveblinde ser.

Det samme argument gør sig også gældende i min version baseret på et *interferensfilter med kun blå og gul transmission*, som ikke har spektral overlappning. Selvom der er et optimalt hvidhedspunkt og en farvetemperatur på 5500 gr.K og en teoretisk og praktisk Farnsworth D-15 test som mellemting mellem deuter- og protananopi, så er filtret for mørkt til fuldgod demonstration.

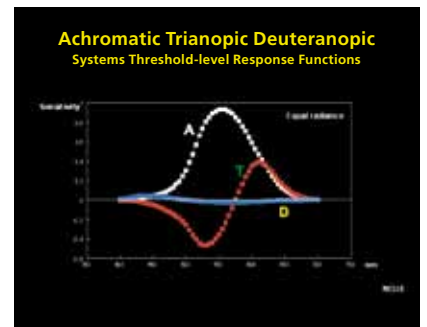
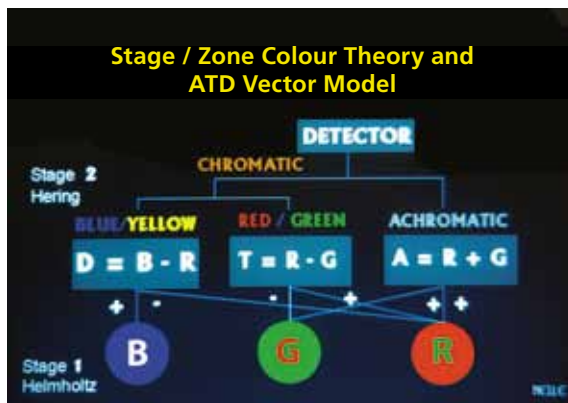
Den digitale teknik har betydet en åbning, der har gjort det muligt at fremstille plausible billeder

ved specielle billedbehandlingsalgoritmer, som tager udgangspunkt i tristimulus funktionerne, som er velbeskrevne i kolorimetrien, og som vi kender fra CIE farvesynsrummet. (CIE: Commission Internationale de l'Eclairage). Man har da også anvendt de unilaterale dikromat data og den meget rimelige og sunde antagelse, at dikromater og normale ser de neutrale akromatiske farver som normale.

For at få helt valide præsentationer kræves også en topprofessionel



Med en farvemåler med tekst kan man ganske sikkert få det rigtige slips, hvis kæresten ikke er designer.







Pierre Viant's 'Traffic Light Tree' fra 1998 i London ved Canary Wharf. I den digitale protanope simulation ses det vanskelige i at se, hvornår det er stop-rødt og vente-gult. Det grønne lys har så tilpas meget blå overlapning, at det bliver blåt.

HP-65 S var den første håndholdte og programmerbare computer i de rigtige farver for farveblinde. Den var med på rumrejsen, hvor Appollo 1975 havde et rendez-vous med den sovjetiske Soyuz, for at beregne og justere kursen, for at rumskibene kunne mødes i den rigtige orbitalbane.



farvemodel er før nævnt som en god zone-teori model, og denne farvemodel er velegnet til den digitale teknik, og den giver også mulighed for at fremstille protanomale og deuteranomale simulationer.

Kan farveblinde se noget, som normale ikke ser?

Kan man se mere, når man har to farvedimensioner og ikke tre?

Under anden verdenskrig var man inde på, at farveblinde observatører



Som rød/grøn farveblind er det umuligt at finde den rigtige grønsag.



Som rød-grøn farveblind fremtræder blade på træerne i ensartet kulør. Variationen i farven er i beskygningen, i valøven. Fra lys gul til den mørkere gul, det vil sige oliven. Dermed skulle den farveblinde være bedre i stand til at penetrere militær camouflaje.

ofte kunne gennemtrænge en camouflaje, som ikke kunne ses af normale. Ideen er vendt tilbage, både militært og med hensyn til camouflaje i den naturlige verden. I Mollons gruppe har man undersøgt fænomenet igen lidt mere systematisk og har da fundet, at der er lidt om det.

Endelig skulle vi have tilstrækkelig indsigt til at kunne gå videre næste gang med at analysere farvesynsdefekte billedkunstneres værker.

Referencer: [www.oftalmolog.com](http://www.oftalmolog.com)

## Referencer

Øjet og Lyset 18

Hvad ser den farblinde og hvordan maler de.

Alpern, M., Kitahara, K., Krantz, D.H. : Perception of colour in unilateral tritanopia. 1983, J.Physiol.335, 683-697.

Bender, B.G., Ruddock, K.H., de Vriesde-Mol, E.C., Went, L.N. : The colour vision characteristics of an observer with unilateral defective colour vision: results and analysis. 1972. Vision Res. 12, 2035-2057.

Brettel, H., Viénot, F., Mollon, J. : Computerized simulation of color appearance for dichromats. J.Opt.Soc.Am. A.,1997, 14, 2647-2655.

Capilla, P., Diez, M.A.,Luque, M.J., Mallo, J. : Corresponding-pair procedure: a new approach to simulation of dichromatic color vision. J.Opt.Soc.Am. A 2004, 21, 173-186.

Charman, W.N., Evans, N. : Possible changes in lens pigmentation on the colour balance of an artist's work.: 1997, Br. J.Physiol.Opt.,23-31.

Goethe, J.W.1840 : Gothe's Theory of Colours. Oversat af C. L. Eastlake 1970. MIT Press.

Graham, C., Hsia, Y.: Color defect and color theory. Science 1958, 127,(3300), 675-682.

Giribet, J.: Color-blind painting experience methodology. AIC Color, 2005

Guth, S.L.,Massof, R.W., Benzschawel, T. :Vector model for normal and dichromatic color vision. 1980, J.Opt.Soc.Am.70, 197-212

Holmgren, F.1880,1881 se Judd 1948. Proc. R. Soc.(Lond.) 31, 302. + Uppsala Läkarforenings Förhandl. 18,69.

Hu, Y. Visual Simulating dichromatic vision in CIE space 2006. Comp. Graph. Theory Appl.IEEE

Judd, D .B.: Color Perceptions of Deuteranopic and Protanopic Observers. Res. Nat.Bureau Standards. 1948, 41, 247-

Judd, D .B.: Color Perceptions of Deuteranopic and Protanopic Observers.1949, J.Opt.Soc.Am. 39,252-256.

Lanthony, P. :J.J. peintre daltonien. 1994, J.Fr.Ophthalmol. 17,10, 596-602.

Marmor, M., Ravin, J.G. The Eye of the Artist. 1997. Mosby.St.Louis.

Marmor,M., Lanthony,P. : The dilemma of color vision deficiency and art. Surv. Ophthalm.1995, 39, 403-408

MacLeod, D.I.A., Lennie, P. Red-green-blindness confined to one eye. 1976, Vision Res. 16, 691-702.

Morgan, M.J., Mollon, J. D.: Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats. Proc.Biol. Sci.1992, 248 (1323),291-295.

Nellemann Sørensen.P. Blue/Yellow filter and red/green colour blindness. Tr.act.XXII Nordic Congress of Ophthalmology. Odense, Denmark 19995 Acta Ophthal. 1995, 73, 375. 1995

Nellemann, P. Simulation of red-green blindnessII. Theoretical pattern of Panel D-15 with blue-yellow filter.

Tr.act.XXIII Nordic Congress of Ophthalmology. Bergen, Norway 1998, Acta Ophthal 76,751,1998

Norn, N. : Farvernes kulturhistorie. 1997 .Løvens kemiske fabrik

Pitt, F.H.G., The nature of normal and trichromatic colour vision. 1944, Proc. R. Soc.(Lond.) B. 132, 101-117.

Raschke,K.,Geist,R.,Wetall, J.: Recoloring Images for Gamuts of Lower Dimension. Eurographics 2005, 24, (3).

Ravin, J.G., A. Anderson, N., Lanthony, P.: urvArtist with a Colour Vision Defect : Charles Meyron. Surv. Ophthal. 39, 403-408.

Ravin, P., Perkins, J. : Representation of Blindness in Picasso's Blue Period. Arch.Ophthalmol. 2004, 22, 636-639.

Ruddock, K.H. Psychophysics of Inherited Colour Vision Deficiencies. Chap.2. i Inherited and Acquired Colour Vision Deficiencies:Fundamental Aspects and Clinical Studies.ed.Foster, D.H.In J. Cronly-Dillon and R. L. Gregory (Eds.), Vision and visual dysfunction. Vol 7. Mac Millan Press 1991

Said, F.S., Weale, R.A. : The variation with age of the spectral transmissivity of the living crystalline lens. 1959. Gerontologica( Basel). 3, 213-231.

Vad, P. Hammershøi. 1988/1990. Gyldendal København.

Wright, W.D. The characteristics of tritanopia. 1952, J.Opt.Soc.Am. 42,509-521.

Wright, W.D The Rays are Coloured. Essays on science of vision and colour. 1967. Adam Hilger London.