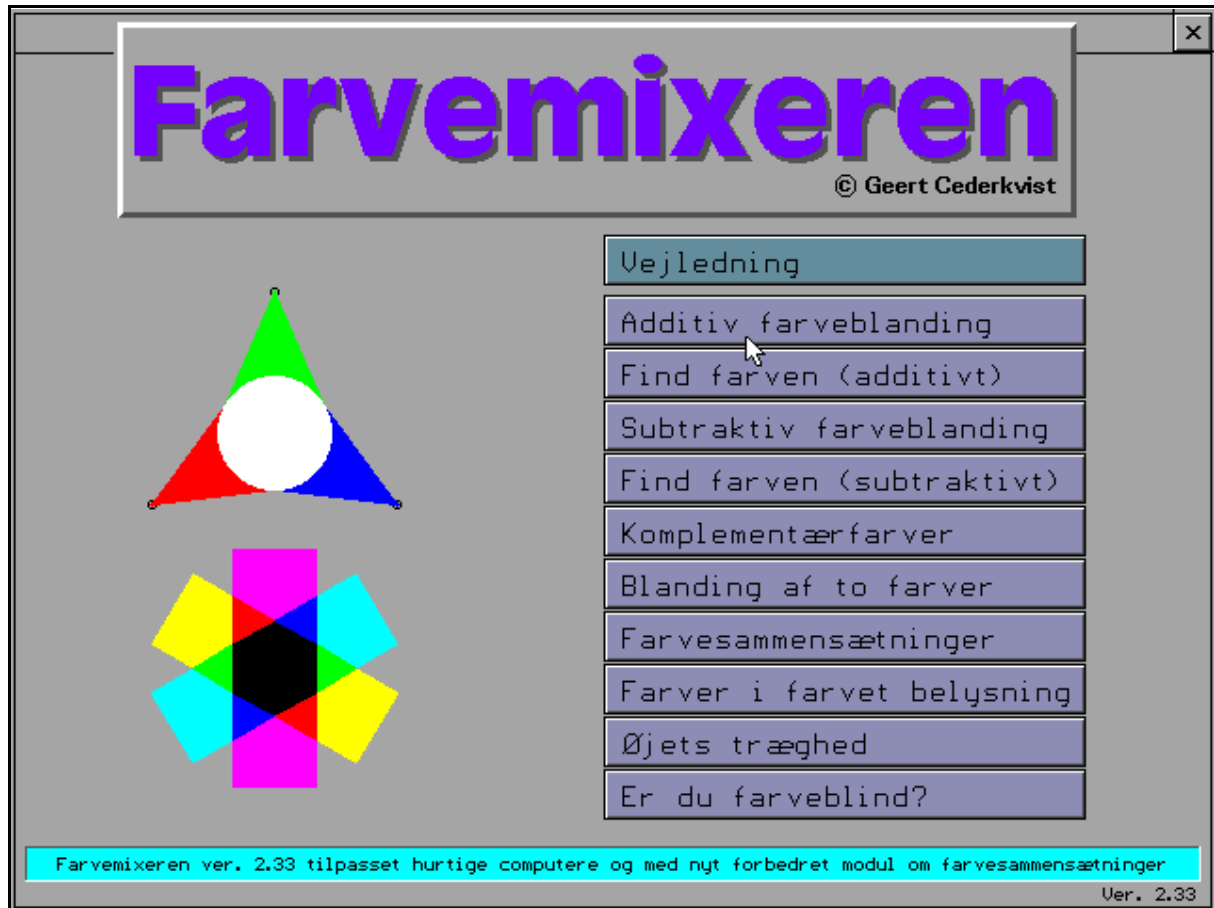


Farvemixeren



Lærervejledning

Indhold

Indledning	3
Lys	3
Farvespektrum	4
Øjet	5
Farvesansen	6
Dyrs farveopfattelse	7
Teorien bag Farvemixerens moduler	7
Additiv farveblanding	7
Find farven (additiv blanding)	8
Subtraktiv farveblanding	8
Find farven (subtraktiv farveblanding)	9
Komplementærfarver	9
Blanding af to farver	10
Farvesammensætninger	11
Farver i farvet belysning	11
Øjets træghed (farvemætning)	12
Er du farveblind?	12
Farver og farveopfattelse - set med fysikkens øjne ...	14
Om de enkelte øvelser:	14
Øvelse 1	14
Øvelse 2	14
Øvelse 3	15
Øvelse 4	15
Øvelse 5	15
Øvelse 6	15
Øvelse 7	16
Øvelse 8	16
Øvelse 9	16
Øvelse 10 + 11	17
Øvelse 12	17
Øvelse 13	17
Øvelse 14	17
Øvelse 15	17
Øvelse 16	17
Øvelse 17	18
Øvelse 18	18
Afsluttende bemærkninger om øvelserne	18
Materialer	19
Litteratur	20

Indledning

Denne vejledning skulle gerne give et indblik i de fysiske forhold bag farver og farveopfattelse, som er den nødvendige baggrund for at kunne udnytte de mange muligheder som Farvemixeren giver for at belyse netop dette emne.

Desuden er der en beskrivelse af teorien bag Farvemixeren samt kommentarer til elevøvelserne i elevteksten "Farver og farveopfattelse - set med fysikkens øjne".

Lys

Lys kan defineres som den del af de elektromagnetiske bølger, som kan aktivere sansecellerne på nethinden i det menneskelige øje.

Lys udbreder sig langs rette linier med konstant hastighed c .

$c = 300.000.000 \text{ m/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ i et lufttomt rum.

Ved beskrivelse af lys kan man benytte to modeller:

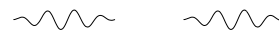
1. Bølgemodellen

Lys er energi, der udbreder sig som en elektromagnetisk bølgebevægelse.



2. Partikkelmodellen

Lys er elektromagnetisk stråling, der består af afgrænsede energikvanter, kaldet fotoner.



Den første model er mest velegnet ved beskrivelse af mange dagligdags fænomener, som brydning og refleksion, men ved beskrivelse af f.eks. lysudsendelse fra lysende luftarter i udladningsrør, lysstofrør, fotoceller er partikkelmodellen mest velegnet.

I de elektromagnetiske bølger, som er skitseret ovenfor, svinger et elektrisk felt op og ned, mens et magnetisk felt svinger vinkelret på papirets plan.

For synligt lys varierer frekvensen f mellem $4,3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$ og $7,5 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$.

Afstanden fra bølgetop til bølgetop kaldes bølgelængden og betegnes med det græske bogstav lambda, λ .

Lys med stor frekvens har en lille bølgelængde, mens lys med lille frekvens har en stor bølgelængde.

Sammenhængen mellem lysets hastighed c , frekvensen f og bølgelængden λ kan beregnes ved hjælp af bølgeformlen

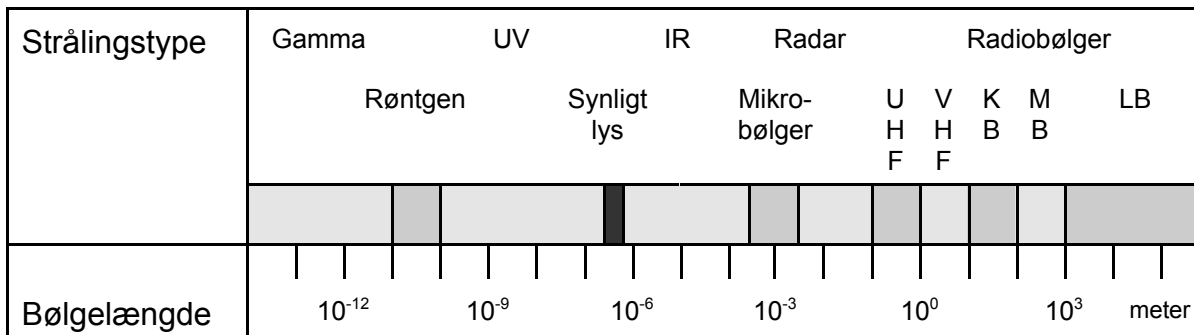
$$c = \lambda \cdot f \Leftrightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Leftrightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

Energien for en foton med frekvensen f kan beregnes ved formelen

$$E = h \cdot f$$

hvor h er Plancks konstant, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

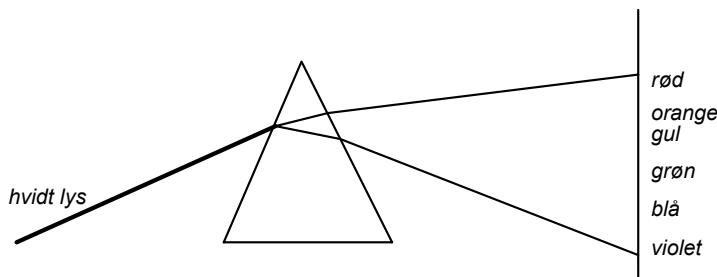
Det synlige lys er en lille del af et større spektrum af elektromagnetiske bølger. Hvis bølgelængden er mindre end 400 nm har vi ultraviolet stråling (UV), røntgenstråling, og gammastråling. Hvis bølgelængden er større har vi infrarødt lys (IR), mikrobølger og radiobølger.



Det elektromagnetiske spektrum (logaritmisk skala)

Farvespektrum

Når hvidt sollys brydes i et tresidet prisme eller i regndråber dannes et spektrum med de farver vi kender fra regnbuen: rød, orange, gul, blå og violet. Farverne glider uden egentlige grænser over i hinanden og kaldes derfor også for et kontinuert spektrum.



Det hvide lys består af alle spektrets farver.

De forskellige farver er lys med forskellige bølgelængder.

Bølgelængderne for det synlige lys ligger i intervallet 400 nm til 700 nm.

1 nm (nanometer) = 10^{-9} m.

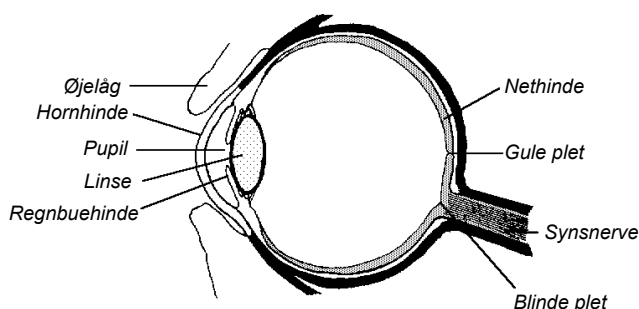
De omtrentlige grænser for de enkelte farver i det kontinuerte spektrum kan ses i tabellen.

violet	400 - 440 nm
blå	440 - 485 nm
blågrøn	485 - 505 nm
grøn	505 - 570 nm
gulgrøn	560 - 570 nm
gul	570 - 580 nm
orange	580 - 600 nm
rød	600 - 700 nm

Øjet

Farverne er ikke en egenskab ved en bestemt bølgelængde, men et resultat af vores sansning af de elektromagnetiske bølger.

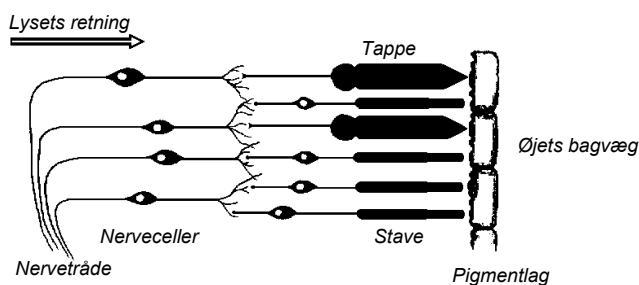
Det specielle ved det synlige lys set i forhold til de øvrige stråler i det elektromagnetiske spektrum, er at vi har et specielt sansorgan, øjet, der kan registrere netop denne stråling.



Tværsnit af øjet

Sansecellerne er forbundet til hjernen gennem ca. 800.000 nervetråde, der er samlet i synsnerven. Der, hvor synsnerven forlader øjet, er der ingen sanseceller. Området kaldes for den blinde plet.

Det menneskelige øje har to forskellige typer sanseceller. På nethinden er der ca. 130 mio. stave og ca. 7 mio. tappe.



Udsnit af nethinden

Det er i den gule plet, vi har det skarpeste syn, som er afgørende for opfattelse af detaljer. Derimod er området ikke aktivt ved svagt lys. Derfor kan f.eks. en svagt lysende stjerne "forsvinde", hvis man forsøger at se lige på den.

Når lyset trænger ind i øjet, passerer det hornhinden og ind gennem pupillen, det runde hul, der dannes af muskler i regnbuehinden. Regnbuehinden, kan regulere pupillens størrelse afhængigt af styrken af det indfaldende lys. Linsen danner et formindsket billede af det, man ser, på øjets bagvæg.

På bagvæggen ligger nethinden, der er dækket af ca. 140 mio. lysfølsomme sanseceller.

Stavene er de mest lysfølsomme, men giver os ikke mulighed for at opfatte farver - synsindtryk fra dem er derfor i gråtoner. Tappene giver os mulighed for at opfatte farver, men de er til gengæld ikke så lysfølsomme.

Derfor kan vi ikke så godt opfatte farver i svagt lys.

Tappene findes især i et lille område centralt på nethinden i et område overfor pupillen, der kaldes den gule plet. Her er der derimod ikke særligt mange stave.

Farvesansen

Øjet er ikke lige følsomt for alle bølglængder. Ved dagsyn er øjet mest følsomt ved 555 nm (gulgrønt), som det kan ses på kurven til højre. Kurven viser det normale øjes relative følsomhed som en funktion af lysets bølglængde.

I svagt lys er følsomheden størst ved ca. 507 nm, da lyset nu hovedsageligt registreres af øjets stave.

Når øjet kan registrere forskellige farver, skyldes det, at der er tre forskellige typer tappe, som har deres relative største følsomhed for forskellige bølglængder.

Tappene er mest følsomme for hver deres primærfarve rød, grøn og blå.

Man taler derfor om R-, G- og B-tappe. På kurven herover ses de tre typer tappes relative følsomhed.

R-tappene har deres største følsomhed ved ca. 575 nm,

G-tappene har deres største følsomhed ved ca. 540 nm og

B-tappene har deres største følsomhed ved ca. 470 nm.

I forhold til hinanden er de tre typer tappe ikke lige følsomme. Hvis der tages hensyn til den indbyrdes forskel kommer fordelingskurverne til at se ud som her. Samtidig er følsomhedskurven for det normale dagsyn indtegnet, så sammenhængen mellem kurverne kan ses.

R-, G- og B-tappene er blandet mellem hinanden. Når vi ser på en be-

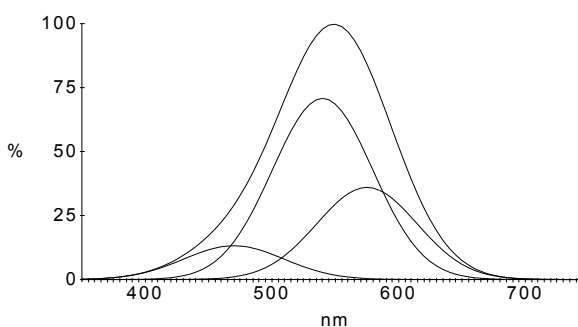
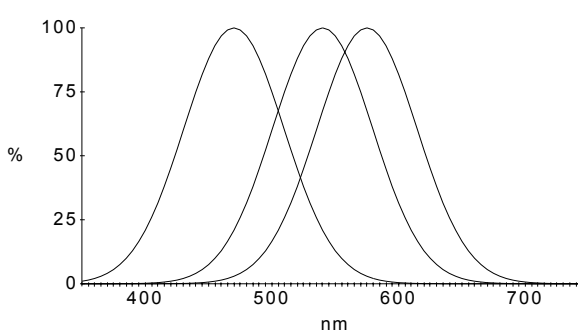
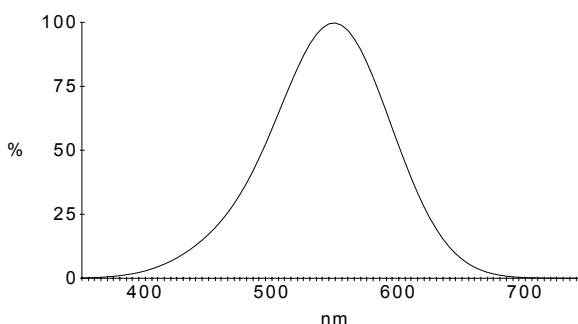
stemt farve påvirkes tappene i et område. Farven kodes derfor til tre signaler, som hjernen oversætter til et bestemt farveindtryk.

Hvis vi f.eks. ser en blå farve er det stort set kun de blåfølsomme B-tappe der påvirkes.

Hvis vi ser på lyset fra den gule farve i spektret, så vil R- og G-tappene blive påvirket kraftigt, mens B-tappene næsten intet vil registrere. Signalet fra tappene bliver af hjernen fortolket som et gult farveindtryk.

Alle farver påvirker R-, G- og B-tappene i en bestemt kombination som afkodes af hjernen, og giver os en oplevelse af de enkelte farver.

Når vi ser på hvidt lys påvirkes alle tre typer tappe maksimalt.



Dyrs farveopfattelse

Det er usikkert hvordan dyr opfatter farver.

Det menes at farvesansen er bedst udviklet hos aberne, og chimpanserne skulle opfatte og skelne farver lige så godt som mennesker.

Andre dyr opfatter kun et udsnit af spektret.

Forsøg har vist, at hunde er farveblinde; men de har andre meldesystemer.

De fleste fugle har farvesans og kan også registrere ultraviolet lys.

Bier kan registrere ultraviolet lys sammen med grundfarverne blå og grøn, men derimod ikke rødt.

Teorien bag Farvemixerens moduler

Hvis vi ser på lyset fra den gule farve i spektret, så vil R- og G-tappene i øjet blive påvirket kraftigt, mens B-tappene næsten intet vil registrere. Signalet fra tappene bliver af hjernen fortolket som et gult farveindtryk.

Den samme virkning kan dog skabes ved at blande lys med de to primærfarver rød og grøn i det samme forhold som før, og hjernen vil opfatte det samme farveindtryk, selvom bølgelængden for det gule lys slet ikke er til stede.

Tappene behøver heller ikke påvirkning fra alle spektrets farver for at opfatte farven hvid. Et hvidt farveindtryk kan dannes at blande lys med de tre primærfarver rød, grøn og blå, så alle tre typer tappe i øjet påvirkes maksimalt.

Oplevelsen af en bestemt bølgelængde kan skabes ved at blande de tre primærfarver i det rette forhold og hjernen vil opleve det som farven fra lys med en bestemt bølgelængde, selvom denne bølgelængde faktisk ikke er til stede.

Da øjet er følsomt overfor netop de tre primærfarver, kan der skabes en oplevelse af alle spektrets farver og de farveindtryk, der opstår ved forskellige blandinger af disse, ved blot at blande de tre primærfarver i bestemte forhold.

Det er dette princip, der benyttes, når farver gengives i et farvefjernsyn og på en computerskærm.

Princippet kan også benyttes ved farvetryk, farvebilleder og andre former for blanding af farver.

Det er også det princip, der benyttes i Farvemixerens moduler til beskrivelser af bl.a. farver, blandingsfarver, komplementærfarver.

Additiv farveblanding

På computerskærmen skabes billedet af en masse bittesmå prikker, der lyser i de tre primærfarver.

På afstand ses de enkelte prikker ikke, men signalerne fra de farvede prikker påvirker R-, G- og B-tappene i et område og hjernen adderer signalerne til et bestemt farveindtryk.

I cirklen lyser de primære farve med samme styrke, som indstilles på potentiometerne. Det er derfor muligt at konstatere, hvilket farve, der registreres, når R-, G- og B-tappene påvirkes i bestemte forhold.

Ved hjælp af modulet kan man eksperimentere med blandinger af de tre primærfarver, iagttage de mange farver og nuancer, og se hvilken rolle de tre primærfarver spiller for farven.

De tre primærfarver kan hver reguleres i 64 trin. Det giver i alt $64^3 = 262.144$ forskellige kombinationer.

Enhver farve kan beskrives ud fra indstillingen af den procentvise styrke af hver primærfarve f.eks. den orange farve $(R,G,B) = (100,50,0)$.

Hvis både R, G og B er lige stor - f.eks. $(R,G,B) = (30,30,30)$ - er farven grå, dog gælder at $(R,G,B) = (100,100,100)$ er hvid, mens $(R,G,B) = (0,0,0)$ er sort.

To farver, hvor forskellen er en gråværdi, siges at have samme kulør, f.eks. har farverne $(R,G,B) = (100,50,25)$ og $(R,G,B) = (90,40,15)$ samme kulør, da $(100,50,25) - (90,40,15) = (10,10,10)$.

Find farven (additiv blanding)

Computeren laver en tilfældig baggrundsfarve, og det gælder så om at indstille primærfarven, så pletten får samme farve som baggrundsfarven.

Øvelsen giver mulighed for at afprøve erfaringerne fra *Additiv farveblanding*.

Det er ikke altid lige let at ramme den rigtige farve, men når man mener, man har den rigtige indstilling, kan man klikke på *Se løsning* og se om man har ramt rigtigt. Computerens indstilling af baggrundsfarven vises som en markering ved hver af de tre farvesøjler. Hvis man har ramt ved siden af kan man se notere, hvor meget man ramte galt, og derefter indstille plettens farve helt rigtigt.

Man kan få en ny opgave ved at klikke på *Ny opgave*.

Hvis det er svært at finde den helt rigtige farve, kan man eventuelt undersøge om det er en bestemt af primærfarverne, man har besvær med.

Subtraktiv farveblanding

Når man trykker farver i en bog eller maler på papir, er udgangspunktet et hvidt stykke papir, som reflekterer alle farver og derfor påvirker både R-, G- og B-tappene i øjet.

Når man kommer en farve på, opsuger farvestoffet nogle af farverne fra det hvide lys - de trækkes fra.

Når hvidt lys passerer farvet glas tilbageholdes også nogle af farverne i det hvide lys.

Hvis man fjerner den røde primærfarve, bliver kun vores G- og B-tappe i øjet påvirket af det reflekterede lys, og den farve, vi opfatter, kaldes for *cyan*.

Hvis den grønne primærfarve fjernes, er det kun R- og B-tappene, der bliver påvirket, og den farve, vi ser, er magenta.

Fjernes den blå farve, påvirkes kun R- og B-tappene og vi ser en gul farve.

Cyan, magenta og gul kaldes for komplementærfarver til henholdsvis rød, grøn og blå.

I modulet subtraktiv farveblanding benyttes farverne cyan, magenta og gul - de subtraktive grundfarver - som udgangspunkt for farveblanding.

Ved hjælp af modulet ses, hvad der sker med farven, når det hvide lys skal passere tre filtre med disse farver i større eller mindre mætningsgrad.

Hvert filter tilbageholder mere eller mindre af hver sin primærfarve.

Farverne, der opstår ved den subtraktive blanding, kan beskrives ud fra den procentvise indstilling af de tre grundfarver cyan, magenta og gul.

En mørkegrøn farve kan f.eks. beskrives som $(C,M,Y)=(100,60,90)$.

(Y=yellow).

Har alle filtre maksimal tæthed, dvs. $(C,M,Y)=(100,100,100)$, tilbageholdes alt lys og blandingsfarven bliver sort.

Hvis man skal sammenligne en farve, opstået ved additiv farveblanding med en farve lavet med subtraktiv blanding, kan følgende to formler bruges:

$$(R,G,B) = (100-C,100-M,100-Y)$$

$$(C,M,Y) = (100-R,100-G,100-B)$$

F.eks. kan den samme mørkegrønne farve beskrives som:

$$(C,M,Y) = (100,60,90) \text{ eller } (R,G,B) = (0,40,10).$$

Ved fire-farvetryk benyttes farverne cyan, magenta og gul samt sort - som ikke er en egentlig farve - i passende lag og mængder for at opnå den ønskede farvevirkning.

Subtraktiv farveblanding er også det princip, der benyttes, når man blander farver ved maling og farvebilleder, hvor farvestoffer opsuger farver fra det hvide lys og kun tilbagekaster eller tillader gennemgang af bestemte farver.

Find farven (subtraktiv farveblanding)

Fungerer ligesom øvelsen med additiv farveblanding. Denne gang skal man blot finde farven ved subtraktiv blanding.

Komplementærfarver

To farver, som hver for sig påvirker vores farvesanseceller modsat, kaldes komplementærfarver.

Rød og cyan er komplementærfarver, og ligeledes er grøn og magenta samt blå og gul komplementærfarver.

Ved hjælp af modulet *Komplementærfarver* kan man lære om sammenhængen mellem en farve og dens komplementærfarver.

Der er to farver, der hver kan indstilles, men bundet sammen, således at den anden hele tiden viser komplementærfarven.

Regulerer man op for rød i den ene, fjernes der rød fra den anden etc.

Der kan skiftes mellem additiv og subtraktiv blanding af farverne.

Vær opmærksom på at modulet definerer komplementærfarven, som den farve, der påvirker tappene direkte modsat af en given farve.

I virkeligheden er to farver komplementære, når de blandet med hinanden subtraktivt eller additivt giver en grå kulør.

Hvis den ene farve er indstillet til den mørkegrønne $(R,G,B) = (0,40,10)$, vil komplementærfarven blive sat til $(R,G,B) = (100,60,90)$; men de farver, man kommer frem til ved at addere eller subtrahere en gråværdi f.eks. $(R,G,B) = (90,50,80)$ eller $(R,G,B) = (80,40,70)$, er også komplementære til den mørkegrønne farve.

Det kan der bl.a. eksperimenteres med i modulet *Blanding af to farver* eller modulet *Nære og fjerne farver*.

Blanding af to farver

To farver kan ved hjælp af additiv eller subtraktiv blanding indstilles uafhængigt af hinanden. Det giver mulighed for at betragte blandinger af to farver, som hver for sig i forvejen er blandinger. Det er f.eks. muligt ved hjælp af subtraktiv blanding at blande forskellige nuancer af gul med forskellige nuancer af blå og se, om resultatet af blandingen altid bliver grønt.

Man kan også sammenligne resultatet af subtraktiv farveblanding med additiv blanding af de tilsvarende farver.

Man kan blande forskellige farver på papir og sammenligne resultatet med det, man får, når man blander to farver subtraktivt. Man kan så diskutere om Farvemixeren altid giver samme resultat som den virkelige blanding af farverne. Virker det ens med alle typer farver? Hvorfor? Er det ligegyldigt, om man blander to dåser maling, eller om man maler først med den ene og så med den anden?

Det er også muligt at indstille den ene side til en bestemt kulør, f.eks. en rød kulør, og derefter indstille den anden farve til en grå, som enten adderes eller subtraheres fra den anden. Blandingsfarven vil da have samme kulør som den røde, men enten have større eller mindre lysstyrke.

Man kan således eksperimentere med at lægge forskellige gråtoner på en kulør. En gråtone indstilles let ved at trykke på venstre musetast og trække markøren vandret hen over alle tre potentiometre i den ønskede højde.

Da det ved blanding af farverne additivt ville kunne forekomme, at blandingen giver et indhold af en farve, der er over 100%, er de enkelte farver procentvis tilpasset, således at de enkelte farver er dæmpet i forhold til det maksimale computeren kan vise og blandingsfarven er ved store lysstyrker ligeledes dæmpet lidt i forhold til det matematisk korrekte, men dog således at man får et subjektivt rigtigt indtryk af blandingsfarven.

Ved den subtraktive farveblanding angiver potentiometrene, hvor mange procent hvert filter fjerner af den pågældende farve.

Er begge filtre indstillet til at fjerne 50% af det gule lys, vil der i blandingsfarven være 50% af 50% = 25% gult lys tilbage.

Farvesammensætninger

Opfattelsen af en farve påvirkes af andre farver i nærheden.

Kraftige eller varme farver synes som regel at være nærmere end svage (lyse) eller kolde farver.

Den røde cirkel i startbilledet synes nærmere end den blå baggrund, mens den samme blå farve synes nærmere end den lyseblå baggrund.

De varme farver er rød og gul, mens de kolde er blå og violet.

Man kan ændre farverne på både baggrunden og cirklerne, og finde ud af, hvornår en cirkel synes at ligge foran baggrunden, eller hvornår den virker som et hul i baggrunden.

Ved hjælp af menupunkterne *Felt2=* og *Figur2=* er det muligt at kopiere nogle af farveindstillingerne, og ved hjælp af *Modsat* og *Spejl* er det muligt at bytte rundt på farverne.

Modulet kan også anvendes til eksperimenter med sammensætning af farver.

Der kan eksperimenteres med farvernes harmoni og disharmoni.

Det kan påvises hvordan en farvet baggrund påvirker en neutral grå baggrund, og hvordan lyse områder på mørk baggrund synes større end mørke områder på lys baggrund.

Man kan også lave komplementære farver, hvor der lægges gråtoner ind, og man kan lave ens kulører med forskellige lysstyrker.

Farverne kan laves ved både additiv og subtraktiv blanding.

Farver i farvet belysning

Når lysets farve ændres fra hvidt, ved at man f.eks. skruer ned for det røde, vil farverne af det lys, der reflekteres fra firkanten ændres.

En rød flade kan nemlig kun reflektere rødt lys, hvis lyset indeholder rødt.

Hvis man skal vurdere farver, er det derfor vigtigt at lyset er hvidt.

Man kan regulere firkantens farverefleksion i to områder.

Ved at regulere lysets farve, kan man se hvilken betydning, det har for de farver, man opfatter fra firkanten, og om man kan se forskel på de to områder.

En pige købte en dag en grøn trøje. Da hun kom hjem om aftenen og tog den på, sagde alle, at det var en fin brun trøje. Hvorfor?

Indstil trøjens farve i den yderste firkant (eller begge): $(R,G,B) = (50,60,0)$.

Hun havde købt trøjen og set farven udendørs i hvidt lys, men indendørs om aftenen var lyset lidt mere rødtligt.

Indstil lysets farve til $(R,G,B) = (100,85,85)$ og se, hvad der sker med den grønne farve.

I praksis er det ikke altid, man opfatter en hvid flade som rød, selv om lyset er rødt. Det er, fordi man i forvejen ved, at den er hvid, og derfor tilpasser opfattelsen efter hukommelsen.

Når man fotograferer eller optager video, kan det derimod være nødvendigt at tænke over lysets farve.

Alle videooptagere har indbygget en 'hvidbalance', der kan korrigere for farvet belysning, så det virker som om, lyset er hvidt. Fotos korrigeres ofte ved fremkaldelsen.

Modulet kan simulere, hvad der sker, når man regulerer lysets indhold af primærfarver. Farvemixeren kan ikke simulere, hvad der sker når belysningen er monokromatisk eller kun udsender lys med ganske bestemte bølgelængder.

Hvis man vil opleve en hel farveløs verden, kan man lave eksperimenter med brug af en natriumlampe, som nogle steder bruges til vejbelystning og nødbelysning.

Natriumlampen udsender gult lys med en bølgelængde på 589 nm.

Der er faktisk to bølgelængder; men de ligger begge så tæt ved 589 nm, at lyset har en monokromatisk natur.

Øjets træghed (farvemætning)

Når man ser længe på en rød farve, vil øjet nedsætte sin følsomhed for rødt.

Erstattes farven af hvid, vil G- og B-tappene, der ikke før var aktive, dominere synsindtrykket, og man opfatter en svag cyan plet i stedet for den røde.

Når man ser den røde plet på skærmen, vil pletten i komplementærfarven opfattes i randen af den røde plet efter 10-15 sekunder, og man kan så klikke med venstre musetast for at få hvid baggrund, og ser nu en cyan plet.

Det kan være en fordel at lade musemarkøren være midt i pletten for at fastholde koncentrationen.

Man kan få en hjælper, der ikke har kigget på den røde plet, til at kontrollere, at skærmens baggrund er ensfarvet, hvis man ikke tror, det kun er i ens egne øjne, den komplementære plet optræder. Man kan også lukke øjnene eller kigge væk indtil man klikker pletten væk.

Dette efterbillede kendes også fra situationer, hvor øjet har været udsat for en kraftig lyspåvirkning efterfulgt af mørke, f.eks. ved affyring af blitz.

Med modulet *Øjets træghed* kan man betragte forskellige farvede pletter og flag, som man derefter lader forsvinde, mens man ser efterbilledet i komplementærfarverne.

Er du farveblind?

Hos nogle mennesker er evnen til at skelne farver helt eller delvis nedsat.

Mennesker, der ikke kan skelne farver overhovedet, er totalt farveblinde.

Mennesker, der har nedsat følsomhed overfor det røde lys, er rødblinde.

Mennesker, der har nedsat følsomhed overfor det grønne lys, er grønblinde.

Da både de rødblinde og grønblinde har svært ved at skelne mellem de gule, gulgrønne, orange og røde nuancer, taler man for det meste kun om rød-grønfarveblindhed.

Kun få mennesker er så farveblinde, at de ikke kan se forskel på rødt og grønt i trafiklys. Det er de svagere nuancer, der er problematiske.

Farveblindheden kan skyldes en mangel af en type farvesanseceller eller det tilhørende synspigment; men defekten kan også findes i hjernen, der så ikke kan bearbejde de modtagne signaler korrekt.

Normalt er farveblindhed medfødt og arveligt. Farveblindhedsgenet er knyttet til X-kromosonet og er recessivt overfor genet for normalt farvesyn. Y-kromosonet indeholder ingen farvesynsgener. Derfor er der flest drenge, der har en form for farveblindhed. Man regner med at ca. 8% af drengene og 0,5% af pigerne i Danmark har farvesynsfejl.

Ved hjælp af modulet om farveblindhed er det muligt at få et indtryk af, hvad det vil sige at være farveblind.

Man kan kigge på de enkelte billeder og finde ud, hvad man ser, og ved at læse forklaringen til hver enkelt finde ud af, om man har normalt farvesyn eller ej. Hver enkelt billede kan endvidere separeres i de tre primærfarver, så det er muligt at se, hvordan R-, G- og B-tappene i øjet hver for sig påvirkes af billedet, og derved se, hvad det er, man ikke ser i det sammensatte billede, hvis man er farveblind.

Der benyttes nogle tavler, der er baseret på et system, udviklet af Dr. Shinobu Ishihara, professor emeritus ved Tokyo Universitet.

For at kunne anvendes på flest mulige computere, er billederne scannet ind i 256 farver med en opløsning på 320 x 200 punkter, og er derfor lidt grove.

Originalbillederne er fra bogen 'Test for Colour-Blindness, 38 Plates Edition', udgivet af Kanehara Shuppan Co., Ltd., Tokyo, Japan.

Isshin-Kai Foundation, som er indehaver af copyright til tavlerne, har givet tilladelse til, at de gengives i Farvemixeren.

Tavlerne, der gengives, må ikke anvendes til egentlig test for farveblindhed. Til fuldstændig diagnosticering af farveblindhed, er det nødvendigt, at benytte den trykte udgave med samtlige tavler.

Til nærmere undersøgelse af farveblindhed, kan øjenlægen desuden benytte et farveblandingsapparat, hvor alle grader af farveblindheder og svagheder kan måles.

Når man snakker om farver på malerier og farver i naturen, er det også væsentligt at erfare, at vi ikke alle oplever farverne på samme måde. Ellers kan man let komme til at snakke forbi hinanden.

Modulet om farveblindhed giver mulighed for at give erfaring om, at vi opfatter farver forskelligt, og at det kan have væsentlig betydning for, hvad vi ser og ikke ser.

Der er som regel mindst 1 dreng i hver klasse der er rød/grøn-farveblind.

Menneskers farvesyn kan svækkes med alderen og af sygdomme som f.eks. sukkersyge.

I visse erhverv kan man ikke bruge farveblinde. Hvis man er farveblind kan man f.eks. ikke blive lokomotivfører eller pilot. Men mange andre erhverv kræver en god farvesans f.eks. papir- og tekstilfabrikation, ekspedienter i tøjforretninger eller f.eks. tandlæger, der skal kunne se forskel på hvidhed, så de kan matche kroner og facader.

Farver og farveopfattelse - set med fysikkens øjne

Undervisningsforløbet er en bearbejdning af nogle undervisningsforløb, der har været benyttet i 8. -10. klasse på Sjælsøskolen i Birkerød.

Selvom Farvemixeren giver eleverne nogle muligheder for på egen hånd at foretage nogle eksperimenter og få mange erfaringer med farver, er det vigtigt, at de også får lov til at arbejde med traditionelle fysikforsøg med "rigtige" lyskilder, "rigtige" farver og farvede stoffer, og det må gerne være flere, end der er lagt op til i "Farver og farveopfattelse...". Det vil være naturligt at lade undervisningsforløbet indgå i sammenhæng med f.eks. forsøg med lys og lysets brydning og synssansen, i forbindelse med atomfysik, elektromagnetisk stråling og spektre eller bare i et emne om farver. Nogle af øvelserne kan også indgå i et tværfagligt emne om kunst.

Ved arbejdet med Farvemixeren er det bedst at eleverne arbejder sammen to og to. Eleverne kan godt arbejde alene, men så mister de muligheden for at diskutere farverne og andre resultater, og da farver i særdeleshed også er en subjektiv oplevelse, er det vigtigt at der er mulighed diskutere resultater.

Det er ligeledes vigtigt at teksten læses og resultater skrives ned, og at klassen undervejs diskuterer resultater og overfører disse til konkrete forhold, således at det hele ikke bare opfattes som et computerspil. Eleverne skulle gerne lære, at det har noget med vores generelle farveopfattelse at gøre, og ikke bare er noget, der kan opleves på en computer.

Om de enkelte øvelser:

Øvelse 1

Her oplever eleverne farvernes opbygning i TV's prøvebillede.

Hvorfor er det netop de farver, der er anvendt?

Prøvebilledet kan optages på video, hvis man vil være sikker på at have prøvebilledet til sin rådighed, når det skal bruges.

Man kan også se på farverne på computerskærmen; men her er pletterne betydeligt mindre og kræver en virkelig god lup. Pletterne på TV-skærmen er større og kan næsten ses tydeligt med det blotte øje.

Øvelse 2

Det er første gang Farvemixeren anvendes, så der skal nok lige bruges et par minutter på instruktion; men erfaringerne viser, at der ikke går lang tid, inden eleverne kan anvende programmet.

De faste øvelser er bygget op, så man senere kan diskutere primærfarver og de subtraktive grundfarver (det er også de farver, eleverne nu kender fra prøvebilledet) og eleverne skulle også gerne opdage, at samme styrke for primærfarverne giver grå, hvid eller sort.

Der er ikke givet nogen fast løsning til postkasserød etc. Det er vigtigt at eleverne snakker om, hvad postkasserød nu kan være, og forsøger sig frem. Man kan

eventuelt få fat i en legetøjspostkasse eller en brochure fra postvæsenet (f.eks. den med posttakster) og så prøve at ramme farven.

For at give ideer til indstillinger i de frie opgaver, kan læreren have et farveatlas og farvekort fra farvehandleren; men man kan også prøve at indstille, så man får farven på nogle af de ting, man nu har i lokalet.

Nogle elever vil gerne vide, hvad en bestemt farve hedder, og også her er farveatlasset godt at have med, især hvis de insisterer på at få et navn.

Men det er vigtigst, at eleverne får en idé om hvilken rolle de tre primærfarver - og dermed påvirkningen af vores R-, G- og B-tappe - spiller for vores opfattelse af en bestemt farve.

Øvelse 3

Dette er blot en enkelt indledende øvelse til emnet komplementærfarver. Hvis man har et OH-display til rådighed, kan øvelsen eventuelt laves som fællesøvelse.

Øvelse 4

En øvelse, hvor der eksperimenteres med begrebet komplementærfarver.

Eleverne kender som regel ordet kontrast, men det rigtige ord for to modsatte farver er komplementærfarver.

Komplementærfarverne har betydning for den næste øvelse, der handler om øjets farvemætning; men man kan også diskutere komplementærfarvers betydning indenfor kunst.

Vær opmærksom på at modulets begrænsede definition af komplementærfarver. På nuværende tidspunkt behøver man ikke at gå dybere i begrebet komplementærfarver; men hvis Farvemixeren benyttes i forbindelse med et kunstemne, kan det være vigtigt også at snakke om addition og subtraktion af gråværdier.

Øvelse 5

Øvelsen viser, at øjet "ser" noget, der ikke er der (mere), og kan uddybe begrebet komplementærfarver.

Eleverne skal måske vænne sig lidt til at koncentrere sig om at se på de farvede cirkler, og det kan godt være, at der er nogle, der har svært ved at se efterbillederne i første omgang. Men de fleste finder ud af det inden de når til flagene. For at se om de har fundet systemet, kan de prøve at gætte hvilke flag, der vil komme frem i efterbilledet.

Øvelse 6

Det er, som sagt tidligere, vigtigt at der arbejdes med "rigtige" lyskilder, og det er en spændende oplevelse at betragte skygger i både primærfarver og de subtraktive grundfarver.

Til forsøget kan man anvende reflektorpærer med farvet frontglas f.eks. OSRAM Concentra PAR-EC BelColor, Flood 30, 80 W. De kan f.eks. købes hos Søren Frederiksen, Ølgod, Tlf.nr. 75 24 49 66.

Pærene anbringes ca. 25 cm fra hinanden, sådan at de rammer samme sted på en hvid væg et par meter væk. Når de alle lyser, ses en (næsten) hvid plet.

Holdes en hånd eller kroppen ind mellem lamper og væggen ses forskellige farvede skygger. Skyggernes farve er komplementære til den eller de lamper, der skygges for.

Øvelse 7

Dette er en øvelse, hvor eleverne får mulighed for at afprøve deres erfaringer med at blande farver additivt. Man kan eventuelt lave en konkurrence om, hvor tæt man kan komme den rigtige løsning.

Lad hver elev prøve mindst et par gange.

I forbindelse med øvelsen kan man bl.a. diskutere, om farveblindhed har nogen betydning for evnen til at ramme den rigtige farve.

Øvelse 8

Det sidste spørgsmål ovenfor lægger op til at undersøge, hvad det vil sige at være farveblind.

Farveadskillelse kan især være interessant for dem, der har farvesynsfejl.

Farveblindhed betyder i at man i disse mønstre oplever nogle af nuancerne mørkere end end andre, hvor en normaltseende ser dem som lysere. Det kan måske skyldes, at den farveblinde ikke registrerer noget grønt eller rødt lys så kraftigt, og derfor virker nuancen mørkere.

Læg mærke til at de rød-grøn-farveblinde kan se noget i tavle 5, som de normaltseende ikke ser.

Rød-grøn-farveblinde kan normalt godt se forskel på rødt og grønt lys og for farveblinde gælder, at de ved hvordan lysene er placeret i forhold til hinanden i et trafiklys.

Derimod kan det nogle gange være sværere for folk med farvesynsfejl at sammensætte alle farver, så normaltseende synes de "passer" sammen.

Det samme gælder farvenuancerne i et maleri. I den forbindelse kan det dog være interessant at vide, at farverne i Claude Monet's billeder ændrede karakter efter 1907, måske p.gr.a. en uklar linse. Det blev konstateret i 1909 og opereret i 1920. Det kan ikke udelukkes, at andre kunstnere kan have haft farvesynsfejl, og at det har påvirket farverne i deres billeder.

Derimod kan det godt være, at den rød-grøn-farveblinde lettere kan se et camoufleret køretøj. Camouflagen er jo i de fleste tilfælde lavet af normaltseende.

Øvelse 9

Hvad får man, når man blander gult og blå?

Grønt, er som regel det svar, man får; men det gælder ikke hvis man blander gult og blå lys. Så får man nemlig hvidt lys som i øvelse 6.

Øvelsen er et oplæg til at indse, at der findes to forskellige former for farveblanding, den additive og den subtraktive.

Man kan overveje at indføre beskrivelse af farverne med tal, som i denne vejledning.

F.eks.

Farve	R	G	B
rød	100	0	0
grøn	0	100	0
gul = rød + grøn	100	100	0

For nogle elever vil det sandsynligvis være en hjælp.

Øvelse 10 + 11

På en OH-projektor lægges farvede filtre.

Fremkomsten af blandingsfarven diskuteres ved beskrivelse af de farver, der fjernes fra det hvide lys.

Et udmærket sæt farvede filtre, der består af både primærfarverne og de subtraktive grundfarver, kan købes hos Müller og Sørensen, Tåstrup, tlf.nr. 43 99 68 00.

Hvis du har adgang til en god farveprinter er det også muligt, at du kan lave nogle filtre ved hjælp af den.

Sideløbende med øvelserne på OH-projektoren kan eleverne arbejde med modulet *Blanding af to farver*, hvor der er skiftet til subtraktiv blanding.

Øvelse 12

Denne øvelse svarer til additiv blanding i øvelse 2.

Det er meningen at eleverne skal indse, at man ved trykning kan fremstille alle farver ved subtraktiv farveblanding.

På en normal computerskærm er der her tale om en simulering af subtraktiv farveblanding, idet billedet stadig dannes additivt på skærmen.

Øvelse 13

Man skal ikke forvente at kunne se grundfarverne på samme måde som ved farve-TV'et. Pletterne er jo trykt delvis oven i hinanden og med sort indimellem.

Hvis man har en farveprinter, kan man se, hvilke farver den benytter, og i nogle aviser kan man også studere det kontrolmønster, der er på nogle sider. Et tilsvarende kontroltryk kan man finde i kanten af frimærkeark, hvor der er benyttet firefarvetryk.

Øvelse 14

Denne øvelse er medtaget for endelig at fastslå at blå og gult i mange tilfælde giver grønt ved subtraktiv farveblanding. Men hvis den blå bliver for mørk (reguler op for cyan og magenta), går blandingsfarven måske over i brunt, for til sidst at blive sort. Samtidig kan man skifte til additiv blanding og se, at her bliver blå og gult til hvidt.

Ved blanding af farverne skal man være opmærksom på, at farverne på papir ikke alle er fuldstændig transparente. Prøv f.eks. forskellige farvetyper: oliekridd,

akvarelfarver og vandfarver. Vandfarverne kan f.eks. blandes på papiret eller blandes inden de kommer på papiret.

Øvelse 15

Et traditionelt kemiforsøg, som nu kan ses i lyset af subtraktiv farveblanding.

Øvelse 16

Denne øvelse kan laves på samme måde som øvelse 7. Her er det blot evnen til at blande subtraktivt, der afprøves. Det er for mange sværere at blande subtraktivt end additivt.

Øvelse 17

Af tekniske grunde indeholder rigtige farvenegativer en rødbrun maske. Derfor kan det godt være svært at se, at farverne er komplementære til dem på det positive billede; men med lidt god vilje kan det godt lade sig gøre, hvis der er nogle større flader med rødt, grønt, blåt eller gult.

Øvelse 18

Hvis man har et mørkekammer kan man gå derind og tænde det røde, orange eller gulgrønne lys og så kigge på farvede genstande.

Det er en oplagt idé at lave forsøg med en natriumlampe.

Der skal bruges et mørkelagt rum, en lommelygte og en lavtryks natrium-lampe. Natriumlampen forhandles bl.a. af Søren Frederiksen, Ølgod, Tlf.nr. 75 24 49 66.

Natriumlampen skal varmes op i ca. 5 minutter før brug.

Hav en masse kulørte ting i lokalet f.eks. balloner i mange forskellige farver.

Lad eleverne gætte farverne på nogle af de farvede genstande. En lommelygte kan afsløre deres rette kulør.

Det er vigtigt ved dette forsøg, at eleverne erkender, at farven ikke er i genstandene, men stammer fra lyset, der rammer dem.

Afsluttende bemærkninger om øvelserne

Ved undervisning om farver i Natur/teknik kan man pille enkelte grundlæggende øvelser ud eller lave nogle mere enkle undervisningsforløb, hvor der tages udgangspunkt i meget mere arbejde med konkrete materialer.

Modulet *Farvesammensætninger* er ikke benyttet i dette undervisningsforløb, men indgår i de medfølgende Supplerende øverser om farvesammensætninger.

Det er et forløb der koncentrerer sig mere om farvernes anvendelse i kunst og om farvernes fysiologiske virkninger.

De fleste af øvelserne har været brugt i et tværfagligt arbejde i dansk, matematik og fysik om billeder.

Materialer

Oversigt over ekstra materiale, som skal anvendes i forbindelse med øvelserne:

- 1 rød projektør
- 1 grøn projektør
- 1 blå projektør

Det kan være reflektorpærer med farvet frontglas f.eks. OSRAM Concentra PAR-EC BelColor, Flood 30, 80 W.

De kan f.eks. købes hos Søren Frederiksen, Ølgod, Tlf.nr. 75 24 49 66.

Store farvede filtre i farverne rød, grøn, blå, cyan, magenta og gul.

Et sæt bestående af 7 udmærkede filtre kan købes hos Müller og Sørensen, Tåstrup, tlf.nr. 43 99 68 00.

Det er også muligt at lave dem selv på OH-transparenter, hvis man har adgang til en god farveprinter.

Lavtryks natriumlampe

Forhandles bl.a. af Søren Frederiksen, Ølgod, Tlf.nr. 75 24 49 66.

Farvefjernsyn og eventuelt video med prøvebillede

Sprittusser, forskellige farver

Mørkekammerlamper

Litteratur

Farver i farver, Anders Kornerup og Johan Henrik Wanscher, Politikens forlag, 1965

Bag den farvede virkelighed, Henrik Parbo, Systime, 1986

Den farvede verden, Peter Norild, Eksperimentarium, 1992

Foton og farve, Bjørn Svenningsen, Gyldendal, 1990

Test for Colour-Blindness, 38 Plates Edition, Shinobu Ishihara, Kanehara Shuppan Co. Ltd., Tokyo, Japan, 1987

Farveblind - et eksperiment med dine øjne, Erik Juul Clausen, Forlaget Centrum, 1989

Kan de se farver?, Jane Åmund, Artikel i Berlingske Tidende, 15/5 1994.

Elektriske lyskilder, Poul Kattler, Lysteknisk Selskab, 1993

Farven og lyset, Lone Schmidt, Klematis, 1993