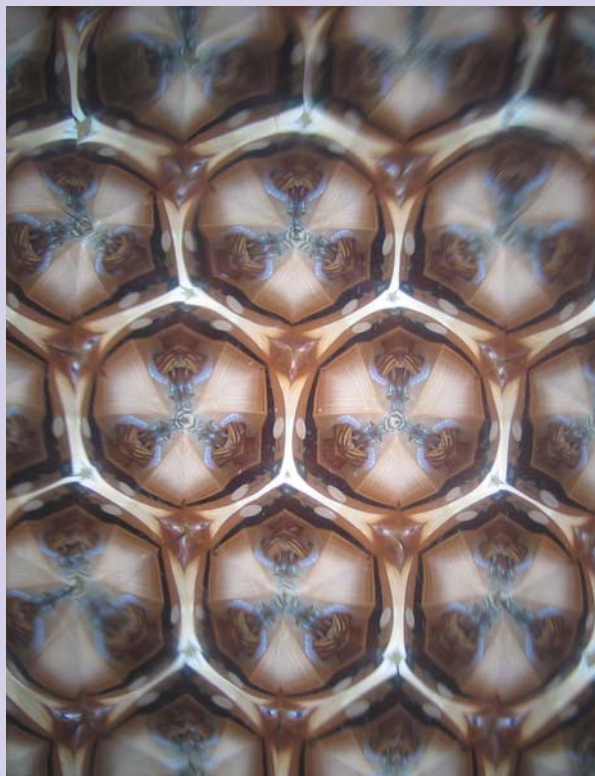


Nils Kr. Rossing

Science Camp 2018

Veiledning for guider



NTNU

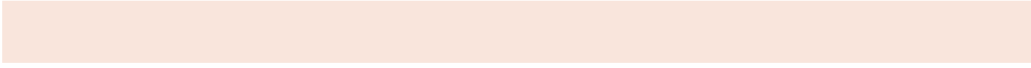


Trondheim

Institutt for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

Juni 2018



Science Camp 2018
Veiledning for guider

Science Camp 2018 - Veiledning for guider

Trondheim 2018

Bidragstere:

Nils Kr. Rossing, (nils.rossing@ntnu.no) Skolelaboratoriet ved NTNU

Layout og redigering: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet ved NTNU

Tekst og bilder Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet ved NTNU

Faglige spørsmål rettes til:

Skolelaboratoriet for matematikk naturfag og teknologi, NTNU

v/Nils Kr. Rossing, 73 55 11 91

nils.rossing@ntnu.no

Realfagbygget, Høgskoleringen 5
7491 Trondheim

Skolelaboratoriet

Telefon: 73 55 11 43

<http://www.ntnu.no/skolelab/>

Rev 1.1 – 19.06.18

Prosjektet er finansiert av Trondheim kommune



TRONDHEIM KOMMUNE



Prosjektet er er bl.a. gjennomført av Skolelaboratoriet



Institutt for lærerutdanning

Skolelaboratoriet for matematikk,
naturfag og teknologi

Science Camp 2018

Veiledning for guider

Nils Kr. Rossing



Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi, NTNU





Forord

Science Camp 2018 er fanansiert og organisert av Trondheim kommune og omfatter en rekke tilbud for ungdom i grunnskolealder, dvs. barn og ungdom som ikke er begynt på videregående skole ennå. Se <https://sites.google.com/skole.trondheim.kommune.no/sciencecamp/program>

Hftet er ment å være et veiledningshefte for guidene som skal undervise elevene under Science Campen 2018. Det er ikke meningen at alt dette stoffet skal brukes i undervisningen. Det er dels tatt med for å være en ressurs dersom deltagere i gruppen arbeider fort, og dels til inspirasjon for studentene selv slik at de kan opptre som engasjerte lærere.

Videre kan heftet brukes som et ressurshefte når man arbeider med temaet lys, syn og farge i ungdomsskolen.

Nils Kr. Rossing

Skolelaboratoriet ved NTNU
Juni 2017





Innhold

1 Innledning	11
2 Eksperimenter med speil	11
2.1 Kaleidoskop	11
2.1.1 Elevene bygger et enkelt kaleidoskop som de får med seg	12
2.1.2 Eksperimenter med kaleidoskopet	13
2.1.3 Hjørnekaleidoskop	15
2.1.4 Storsirkel polyedriske hjørnekaleidoscoper	16
2.2 Bygg ett pentakiskaleidoskop	17
2.3 Eksperimenter med planspeil og bilder	18
2.3.1 Det aksesymmetriske mennesket	19
2.3.2 Norske kommunevåpen	20
2.4 Eksperimentering med vinkelspeil (Matematikk og ornamentikk)	21
2.4.1 Rotasjonssymmetri	21
2.5 Se bilder i krumme speil	24
2.5.1 Anamorfe bilder	24
2.5.2 Sylindrisk anamorfe bilder	29
2.5.3 Konisk anamorft bild	31
3 Eksperimenter med polarisert lys og 3D skyggeteater	34
3.1 Hva er polarisert lys?	34
3.2 Framstilling av fargemosaikk, som deltagerne får med seg	35
3.3 Eksperimenter med fargemosaikk, PC-skjerm og Over Head ...	36
3.3.1 Eksperimenter med bruk av PC-skjerm	36
3.3.2 Eksperimenter med bruk av overhead	37
3.3.3 Eksperimenter med plastgjenstander og bestikk	38
3.4 Slik virker en LCD-skjerm	38
3.4.1 Hva skjer når vi fjerner polarisasjonsfilter foran på LCD-skjermen?	40
3.5 Eksperimenter med fargede skyggebilder	40
3.5.1 Anaglyf teknikk for framstilling av kunstig 3D	40
3.5.2 Litt historie	41
3.5.3 Tegn enkle anaglyfer	42
3.5.4 Lag egne anaglyfe bilder	42
Vedlegg A Mal pentakis kaleidoskop	44



A.1	Mal enkelt kaleidoskop	45
A.2	Mal pentakiskaleidoskop	45
Vedlegg B Løsning på oppgaver		46
B.1	Løsning på rotasjonssymmetrier	46
Vedlegg C Utstyrlister		47
C.1	Eksperimenter med speil	47
C.2	Eksperimenter med polarisasjons- og fargefilter	47



1 Innledning

Heftet inneholder stoff som kan brukes under to av øktene under Science Campen 2018. Det ene temaet er *Eksperimenter med speil* og det andre er *Eksperimenter med polarisert lys og 3D-skyggeteater*. Stoffet er hentet fra ulike sammenhenger. Eksperimentene med de enkle kaleidoskopene er hentet fra Vitensenterets *Bygg selv vitensentermodeller*, men tilpasset bruk av elektrikerer. Speiling og symmetri er hentet fra Den kulturelle skolesekken – *Matematikk og Ornamentikk* som ble utviklet av Vitensenteret sammen med Nordenfjeldske Kunstindustrimuseum i 2008/9. Farge-mosaikk og polarisering av lys, ble utviklet for bruk i forbindelse med Realfagkommune satsningen på Fosen høsten 2017. Deler av det skriftlige dokumentasjonen er hentet fra bøkene *Fysikkeksperimenter – for bruk i skolen*, Tapir Akademisk forlag 2007 og *Illusjoner – Du tror det ikke når du har sett det*, Vitensenterets forlag 2015.

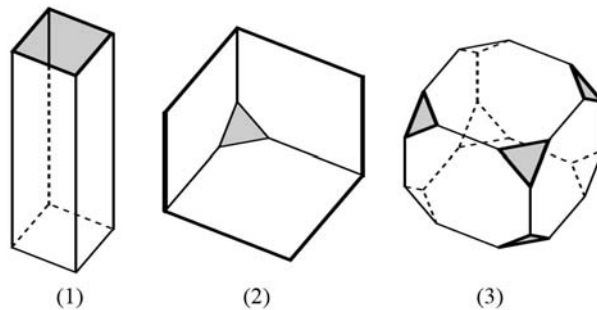
2 Eksperimenter med speil

2.1 Kaleidoskop

Kaleidoskopet ble oppfunnet av sir David Brewster i 1817. Ordet *kaleidoskop* stammer fra de greske ordene *kalos* som betyr vakker, *eidos* som betyr utseende eller form, og *skopein* som betyr å undersøke eller granske. Av det kan vi slutte at i et kaleidoskop kan vi *undersøke vakre former*.

I denne kategorien er det mye å hente, men det kan være temmelig krevende å forstå hva som skjer matematisk. Uansett så vil det kunne skape fascinasjon og undring.

Det finnes tre grunnleggende typer kaleidoskoper, disse er vist i figuren under. Innen hver av disse familiene finnes det flere varianter



Det til høyre (1) (klassisk polygonformede kaleidoskopet med uendelig mange refleksjoner) er av den typen som vi skal lage i neste avsnitt. På figuren over ser vi kaleidoskop med kvadratisk tverrsnitt, det vanligste er at det har et tverrsnitt som en likesidet trekant. Det i midten, *hjørnekaleidoskop* (2) (polyedrisk åpent hjørnekaleidoskop, med endelig antall refleksjoner), er et åpent kaleidoskop hvor bare tre sider har speilende flater, som pentakis kaleidoskopet som vi



skal se på senere. Mens det til høyre er helt lukket, *bokskaleidoskop* (3) (polyedrisk lukket bokskaleidoskop med uendelig mange refleksjoner (Schwabe, 2006). Sistnevnte må ha åpninger for å kunne slippe inn lys og for å se inn i kaleidoskopet. Vi skal i det følgende se på noen varianter av disse.

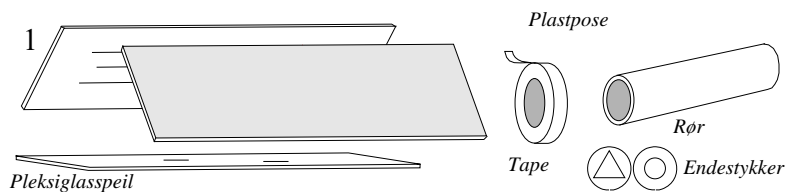
2.1.1 Elevene bygger et enkelt kaleidoskop som de får med seg

Se verden på en ny måte.

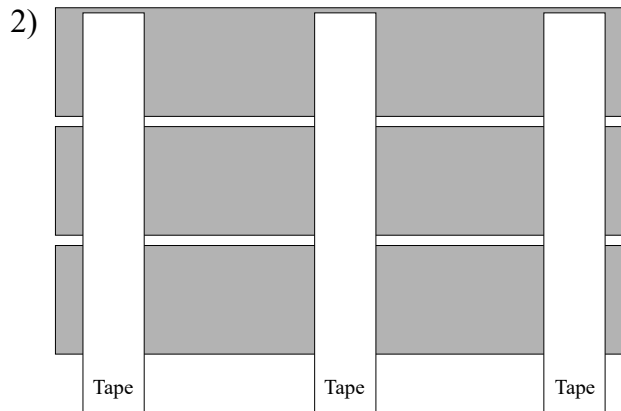
Materialer: 3 stk 1,7 x 7,6 cm 1 mm pleksiglass-speil (Keen Tech, China)
3 stk 6 cm vanlig tape (Biltema)
1 stk elektrikerør 20 x 78 mm (Biltema)
2 stk runde pleksiglass skiver

Verktøy: Ingen

1. Hent speilfliser og to endestykker, en med et rundt hull og en med et trekantet hull og et rør. I tillegg trenger du litt tape og litt lim.

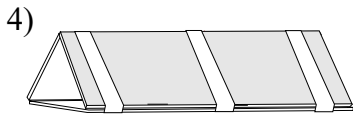
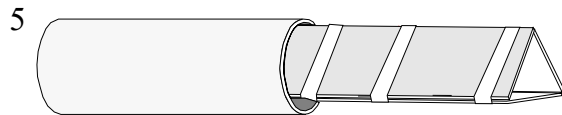
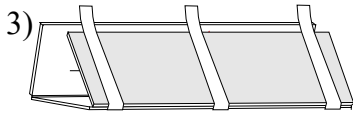


Legg de tre speilflisene i malen med **speilsiden ned** som vist på figur 2 under. Flisene legges side om side med en avstand på ca. 1,5 mm.





2. Fest flisene til hverandre ved hjelp av tre tapebiter som vist.



3. Snu flisene rundt og brett dem opp i et trekantet prisme som vist på figur 3 og 4 over.

4. Bruk tapen til å holde flisene sammen.

5. Skyv flisene inn i et elektriskerrør så blir det litt mer robust.

6. Trykk den runde skiva med det trekantede hullet fast i den ene enden og skiva med det runde hullet fast i den andre enden. Bruk litt lim om de ikke sitter. Meningen er at du skal se gjennom det runde hullet.

Når du ser inn i et kaleidoskop av denne typen ser du en uendelighet av trekantede bilder.

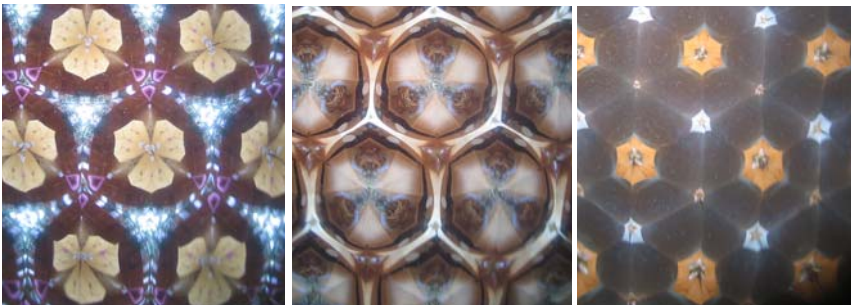
Hvorfor blir det slik?

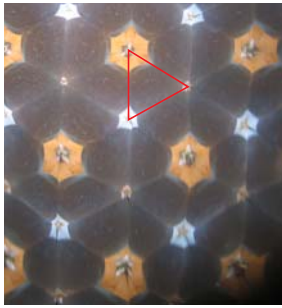
Når tre speil står inntil hverandre på denne måten vil de speile seg i hverandre. Etter som du lar øyet gli fra sentrum og ut over til sidene, ser du bilder som er speilet i hverandre stadig flere ganger. Når du ser deg i speilet vil du se et *speilbilde* av deg selv. Din høyre side blir speilbildets venstre side og omvendt. Den samme effekten ser du i kaleidoskopet. De mørkeste trekantene er speilet flest ganger.

Hvordan tror du bildet i et kaleidoskop med seks speil ser ut?

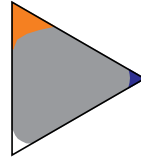
2.1.2 Eksperimenter med kaleidoskopet

Dette vesle kaleidoskopet har tre speil. Lys og farger i omgivelsene gir opphav til bilder av typen vist på figurene under.

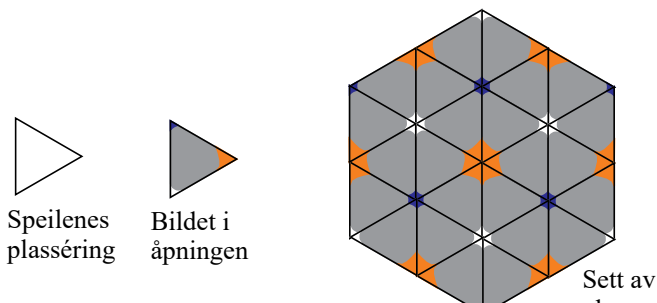




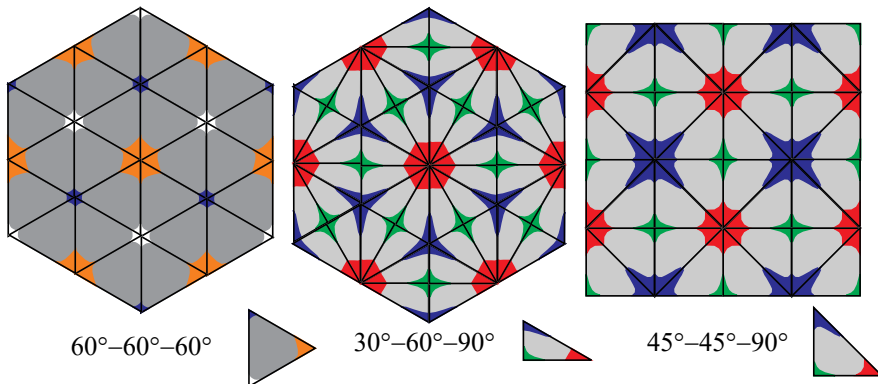
La oss se nærmere på strukturen i disse bildene. Bildet til høyre er relativt enkelt å analysere, da vi tydelig ser trekantene. Hver trekant er en gjengivelse av det som kommer inn gjennom enden av røret. Derne­st vil bildet bli speilet i det uendelige inne i kalei­doskopet. Vi antar at inntrykket som kommer inn gjennom åpningen ser ut som vist på figuren under.



Figuren viser hvordan møn­stret blir dersom vi har tre like brede speil som står i en likesidet trekant.



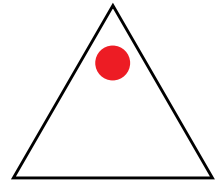
Når speilene er plassert i en likesidet trekant, kaller vi det et $60^\circ-60^\circ-60^\circ$ kaleidoskop. De tre tallene angir de tre vinklene mellom speilene. En kan også tenke seg å sette de tre speilene i andre vinkler, som vist på figuren under.





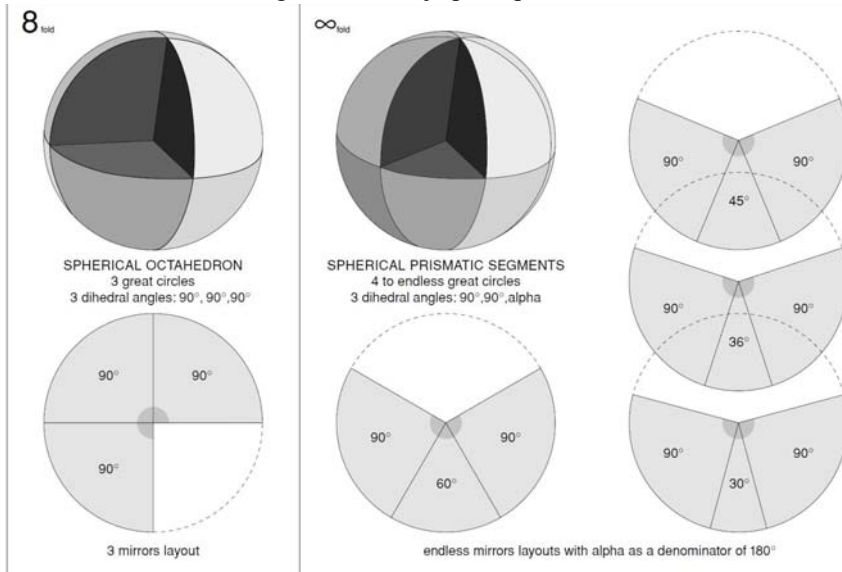
Oppgave:

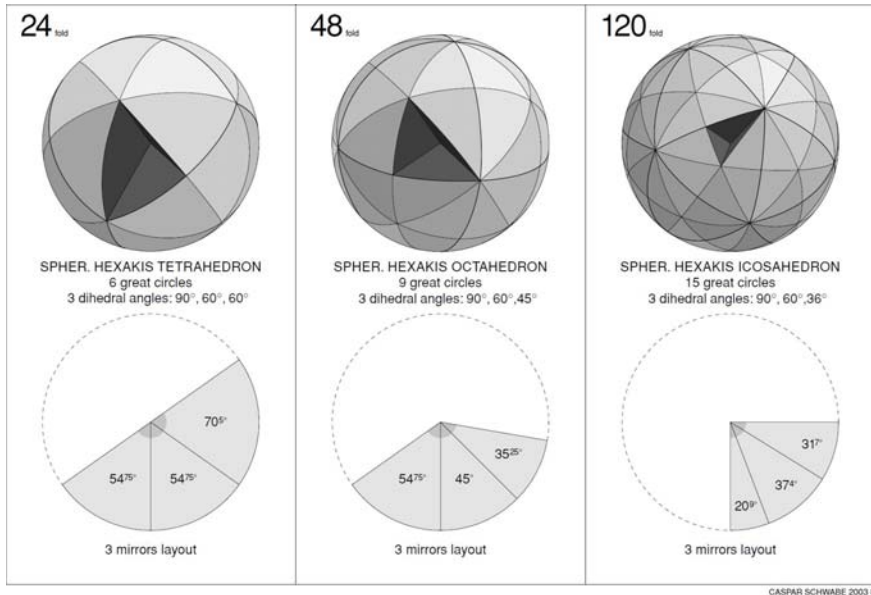
Bruk et enkelt, trekantet mønster for å utforske symmetrien i mønsteret et kaleidoskop lager. Et eksempel på et slikt enkelt mønster er vist på figuren til høyre. Sett et trekantet kaleidoskop over trekantmønsteret og forsøk å gjengi mønsteret på mønsterarket. En kopioriginal av et mønsterark er gjengitt i vedlegg. Husk at skal du kunne se mønsteret, må du la det være en avstand mellom mønsteret og åpningen i kaleidoskopet slik at lyset slipper inn.



2.1.3 Hjørnekaleidoskop

I denne kategorien finner vi en mengde forskjellige varianter. I figuren under er vist eksempler på "Great circles polyhedral corner kaleidoscopes (finite reflexion). Det fine med denne figuren er at den også viser hvordan en kan lage disse ved hjelp av speil:





Figurene er hentet fra Schwabe (2006).

2.1.4 Storsirkel polyedriske hjørnekaleidoscoper

Figuren under viser et eksempel på storsirkel polyedriske hjørnekaleidoscope: *Pentakis kaleidoscop*.



Ved å lage en åpning i enden så vil man få inn lys slik at det dannes en 12 kantet Kepler-stjerne (bilde over).



Bildet til høyre viser denne i større format. Sirklene rundt er huller i speilet som slipper inn lys. Alternativt kan en sette inn lysdioder i hullene slik at man får fram en kule av lys. Vinklene som møtes inne i sentrum er 60° , 60° og 72° .

Se også YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=FcDVzgc6rE4>.



2.2 Bygg ett pentakiskaleidoskop

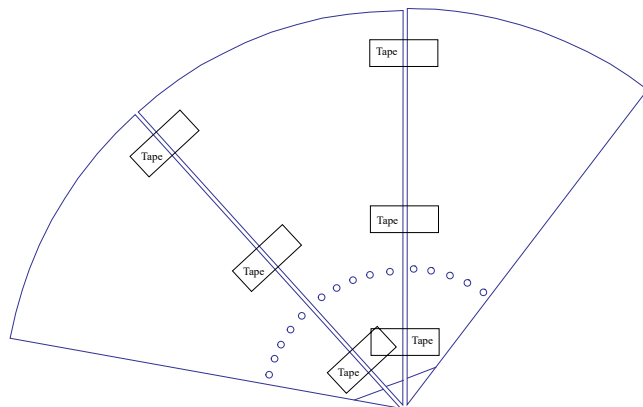
Bygging av pentakiskaleidoskop kan ev. være for de spesielt interesserte ungdommene blant elevene fra ungdomsskolen.

Til dette bruker vi samme speilakryl som for de små kaleidoskopene. Det er laget en mal som bør brukes slik at avstanden mellom flisene blir riktig.

Her er framgangsmåten:

1. Pirk av plasten på speilsiden av flisene
2. Legg flisene på malen under med speilsidene ned. Det er viktig at avstanden mellom flisene beholdes som vist på malen
3. Sett på seks tapebiter, som markert
4. Brett sammen kaleidoskopet slik at ytterkantene møtes
5. Fest sammen ytterkantene med tape slik at spalten lukkes helt

Hold kaleidoskopet opp mot lyset og se inn i åpningen. Figuren under viser den forminskede malen.





Når en ser inn i åpningen vil en innest i hjørnet se en Kepler-stjerne som dannes av åpningen i bakkant. Hullene vil langs siden vil danne kuleflaten som pentakiskaleidoskopet er et utsnitt av.



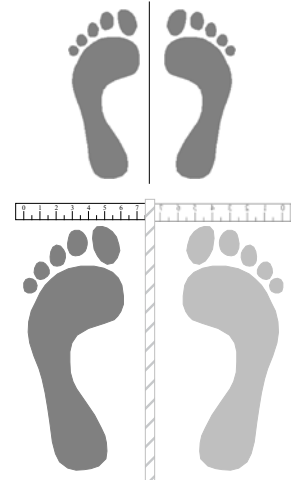
2.3 Eksperimenter med planspeil og bilder

Oppgave:

Kroppen vår er et eksempel på speilsymmetri, selv om symmetrien skjelden er perfekt. Dersom vi står barfot i sanden med beina ved siden av hverandre, vil vi få to avtrykk som er symmetriske.

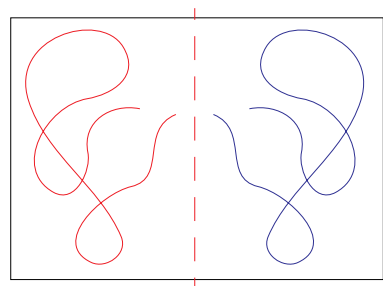
Dersom vi har et avtrykk av en venstrefot, vil vi kunne få fram det perfekte avtrykket av høyrefoten ved å sette et speil til høyre for venstrefoten.

Ved hjelp av en linjal plassert ved fotavtrykket, kan vi lett se at avstanden fra de enkelte delene av venstrefoten er like langt til venstre for speilet som de tilsvarende delene på høyrefoten er til høyre for speilet. En speilvendt linjal sett i speilet, viser oss at avstanden fra speilet er symmetrisk for de to avtrykkene. Dette er det grunnleggende prinsippet for speilsymmetri (i mattematikken kalt aksesympetri).



Oppgave:

Ta et A4- eller et A3-ark og brett det midt på langsiden. Ta en blyant i hver hånd og tegn symmetriske figurer omkring brettekanten i midten av arket. Pass på at startpunktet er symmetrisk om midtlinjen. Brett sammen arket og hold det opp mot lyset. Undersøk hvor symmetriske de to tegningene er. Tegn mange figurer.



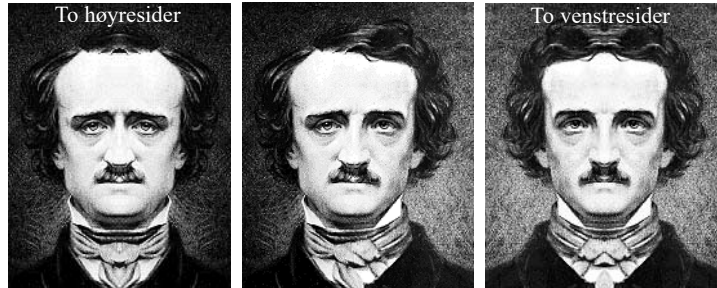
Du vil sannsynligvis oppdage at de to figurene ikke er helt symmetriske. Undersøk om det er noe systematikk i avvikene mellom høyre- og venstretegningene. Er det likhetstrekk i avvikene elevene imellom?

En annen symmetrisk del av kroppen er ansiktet. La oss se litt nærmere på dette.

2.3.1 Det aksesymmetriske mennesket

Stort sett er vi ganske symmetriske, utenpå i større grad enn innvendig. Likevel er det forskjeller. Dersom vi studerer et ansikt vil vi oppdage at det er små forskjeller mellom høyre og venstre side. Venstre side synes ofte å være litt mer alvorlig enn høyresiden.

I 1930 malte **William E. Benton** maleriet “Duality Mirror”, hvor han undersøkte hvordan ansiktet så ut dersom det var satt sammen av to høyresider eller to venstresider. Han tok utgangspunkt i et bilde av forfatteren **Edgar Allan Poe** (1809–1849). Vi har



gjentatt eksperimentet her med moderne datahjelpemidler og ser at Poe ikke er helt symmetrisk. Benton beskriver hvordan Poes høyre ansiktstrekk uttrykker hans bevisste og åpenbare sider, “Mr. Jekyll”. Mens den venstre siden av ansiktet viser hans ubevisste og skjulte sider, “Mr. Hyde”. Det finnes nok ingen forskning som fastslår dette, men det er verdt å legge merke til at ansiktets to halvdelar som oftest ikke er helt like og at den venstre ofte er noe mer dystert enn den høyre.

Med digitale kamera og bruk av programvare for bildebehandling, er det lett å eksperimentere med bilder av ansikter. Her er noen eksempler.

Figuren til høyre viser to eksempler på sammenstilling av to høyresider og to venstresider. En kan vel ikke annet enn å bli slått av hvor symmetrisk jenta på bildet er.



To høyresider Normalt To venstresider

I tilfellet med gutten til høyre så kan det se ut som om de to høyresidene har et noe mer trist uttrykk enn de to venstresidene, altså det motsatte av det en skulle forvente ifølge diskusjonen foran. Om det har noe å si at vedkommende er venstrehendt, skal være usagt.



To høyresider Normalt To venstresider



Også dyr kan være svært symmetriske. På bildet under er vist en Cavaler King Charles Spaniel.



Eneggede tvillinger kan være svært like. Det betyr ikke nødvendigvis at ansiktene deres er mer symmetriske enn hos andre. Det påstås imidlertid at usymmetrien i den ene tvillingens ansikt, er speilvendt i den andres¹. Så er det bare å finne et tvillingpar og sjekke.

Ved hjelp av speilet er det også lett å undersøke hva som skjer når det dreies litt mot høyre eller venstre som vist på bildene til høyre.

Kanskje ikke så vakkert, men ganske morsomt.



2.3.2 Norske kommunevåpen

Men det finnes selvfølgelig mange andre ting som også er symmetriske. Under har vi gjengitt noen av de mange symmetriske norske kommunevåpnene.

Norske kommunevåpen er også ornamenter



Ser vi imidlertid nøye etter så vil vi se at to av kommunevåpnene på bildet ikke er helt symmetriske. Kan du se hvilke?²

1. Se: <http://www.newtrier.k12.il.us/academics/math/Connections/reflection/symfaces.htm>



2.4 Eksperimentering med vinkelspeil (Matematikk og ornamentikk)

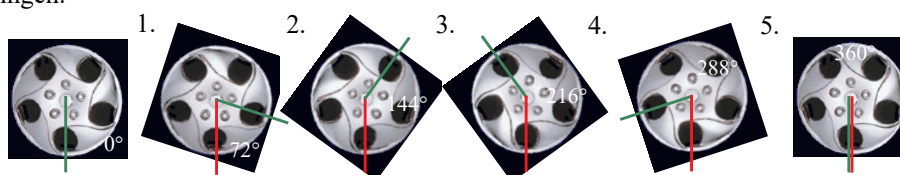
2.4.1 Rotasjonssymmetri

I dette avsnittet skal vi se hvilke symmetrier vi kan få til ved hjelp av et fleksibelt vinkelspeil. Et vinkelspeil er i denne sammenheng to speil som er sammenføyet langs én av kantene, slik at vinkelen mellom dem kan endres. Skal vi forstå mulighetene med et slikt vinkelspeil, må vi kjenne litt til *rotasjonssymmetriske* mønstre.

En hjulkapsel er et ganske vanlig eksempel på en rotasjonssymmetrisk gjenstand.



Dersom vi dreier hjulkapselen en *viss* vinkel, vil vi oppdage at den ser eksakt likedan ut som før dreiningen.



I eksempelet over kan kapselen dreies til fem ulike posisjoner som alle gir samme utseende før den er tilbake til utgangspunktet. Mønsteret kalles derfor *femfoldig rotasjons-symmetrisk*. De andre eksemplene som er vist, har forskjellig grad av rotasjonssymmetri.

Et vinkelspeil kan lett lages ved å tape sammen to rektangulære speil langs den ene kanten. Ønskes en mer robust og varig løsning, kan en benytte hengsler som vist på bildet til høyre.



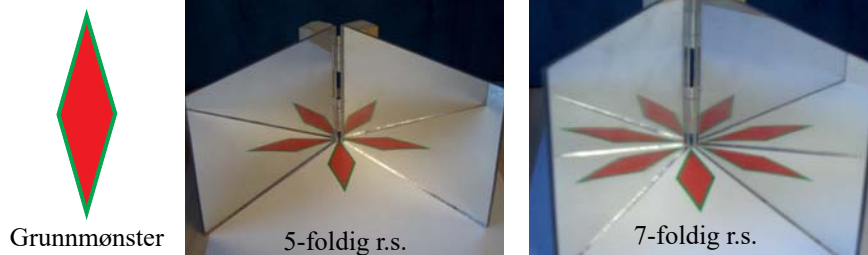
La oss eksperimentere litt med vinkelspeilet.

2. Røros, Hjelmeland og Eidsvoll er ikke helt symmetriske. Man må imidlertid ha et bedre bilde av Eidsvold for å se at Eidsvoll ikke er symmetrisk.

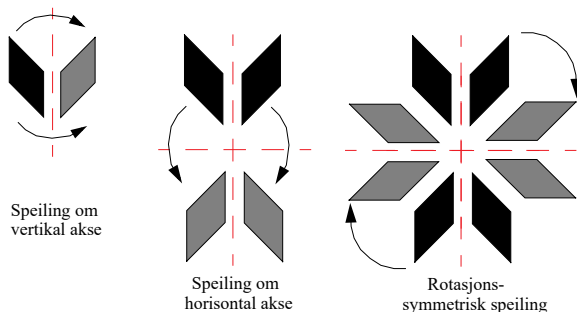


Oppgave:

Et vinkelspeil egner seg ypperlig til å lage rotasjonssymmetriske mønstre. Lag et grunnmønster. Sett vinkelspeilet inntil grunnmønsteret. Vinkelspeilets åpningsvinkel bestemmer hvor mange ganger mønsteret vil bli gjentatt som vist på figuren under.



Også kjente mønstre som åttebladrosa er rotasjonssymmetrisk. Vi ser at denne kan betraktes både som speil- og rotasjonssymmetrisk.



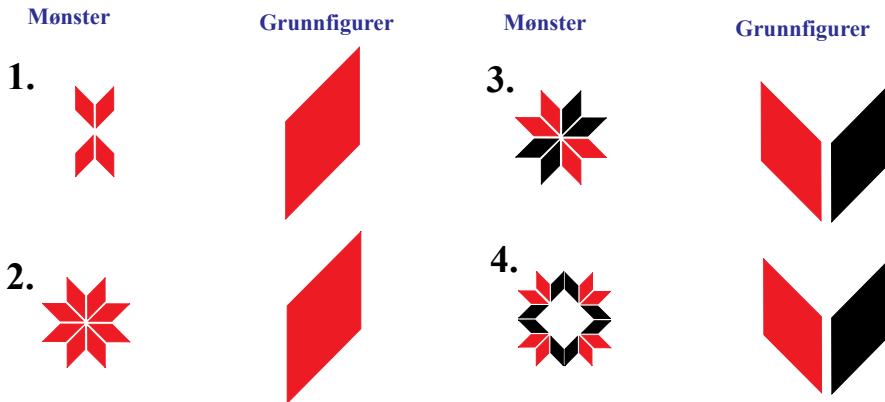
Vi skal benytte vinkelspeilet til å framskaffe den komplette åttebladrosa ut fra en passende grunnfigur som vist på figuren under.

Oppgave:

På figuren under har vi fire mønstre, og fire grunnfigurer.



Vinkelspeilet skal åpnes i riktig vinkel og plasseres inntil grunnfiguren slik at det ønskede mønsteret framkommer når en ser inn i speilet.



Plassér et vinkelspeil ved grunnmønsteret slik at rosen til venstre dannes i speilbildet.

Løsningen finnes i vedlegg B.1.

Denne typen øvelse egner seg også godt til å la elevene bruke speilet for å finne ut hva ting er. Ved å vise grunnfiguren på et ark, kan de ved å sette vinkelspeilet rett finne ut hva grunnfiguren er en del av.

Oppgave:

Bruk vinkelspeilet til å finne ut hva bildene på figuren under forestiller.

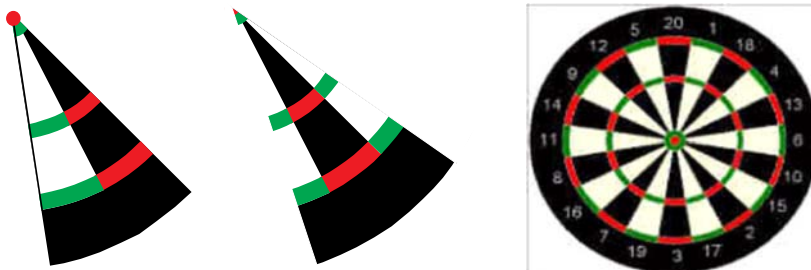


Ved å plassere speilet med toppunktet i det øverste hjørnet, for så å åpne speilet slik at figuren akkurat dekker flaten mellom beina på det åpne speilet, vil de lett se at det første forestiller en hjulkapsel. Denne vil bli gjengitt eksakt. Det neste vil gi inntrykk av å være den innerste rosen i rosevinduet på Nidarosdomen. Imidlertid vil de raskt skjønne at gjengivelsen ikke er perfekt fordi de enkelte bladene i rosen i virkeligheten har forskjellige motiver. Dartskiva synes





enkel inntil en oppdager at grunnfiguren lengst til venstre ikke gir noen vanlig dartskeive. Det viser seg nemlig at denne grunnfiguren ikke er den egentlige grunnfiguren, men vil gi to hvite og to svarte felter ved siden av hverandre. Grunnfiguren i midten vil gi en dartskeive slik vi kjenner den.



På denne måten vil de oppdage at grunnfiguren må være symmetrisk om en midtakse dersom figuren skal bli riktig når man benytter vinkelspeil for å lage hele figuren. Tallene langs kanten av dartskeive blir selvfølgelig alltid feil.

Det er imidlertid mulig å bruke grunnfiguren til venstre på figuren over for å lage en riktig dartskeive. Hvordan må du da plassere speilet?



Elev fra Bratsberg skole som forsøker å gjenskape rosevinduet i Nidarrosdomen.

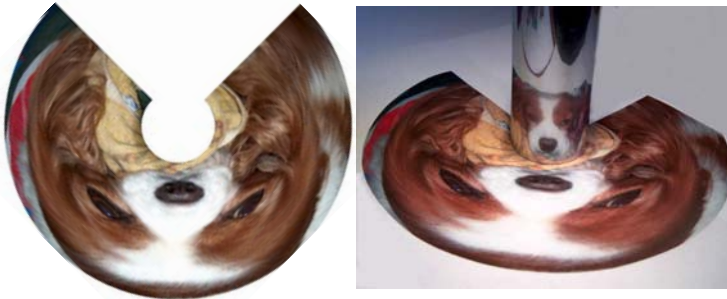
2.5 Se bilder i krumme speil

2.5.1 Anamorfe bilder

“Anamorf” kommer fra gresk og kan tolkes som *det som formes på nytt*. Anamorfe bilder er bilder som er projisert på ei plan eller krum flate. Bildet får igjen sin opprinnelige form enten ved å betrakte det deformerte bildet fra en bestemt synsvinkel, eller reflektert fra ei krum flate.

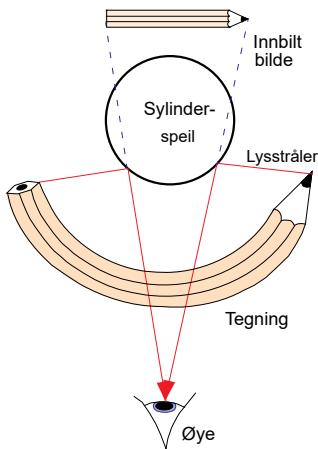


La oss først se på et eksempel. Bildet av spanielen under er omformet slik at det først blir riktig dersom vi ser bildet i et sylindrisk speil.



Til høyre ser vi det opprinnelige bildet i tillegg til en forstørret versjon av det gjenskapte anamorfe bildet.

Metallsylindere fungerer som et konvekst (utovervendt) speil.



For å forstå hva som skjer, bruker vi en blyant som eksempel. For å kunne se må øyet ha lys. Når vi i dette tilfellet ser en blyant i speilet, er det egentlig det reflekterte lyset fra blyanttegningen vi ser.

På figuren ser vi hvordan lyset som kommer fra blyanten, treffer speilet. Selv om speilet er krumt, vil lyset følge de samme lovene for refleksjon som vi har omtalt tidligere. Egentlig burde vi ha sett en forvrent blyant i speilet. Vi har i stedet tegnet en svært forredt blyant på papiret, slik at den blir riktig når vi ser den i det krumme speilet.

Et naturlig spørsmål er hvordan en kunne komme på å lage slike forvrente bilder? Det underlige er at det på 1600-tallet, da kunstnere var opptatt av å framstille så naturtro malerier som mulig, begynte å eksperimentere med anamorfe bilder.



Gjennom middelalderen preget den bysantiske tradisjonen malerkunsten. Denne tradisjonen hadde sterke religiøse understrømmer og omfattet blant ikontradisjonen.³ Kunstnerne malte “flate” bilder uten perspektiv. Noen hevder dette var for å understreke at bildene ikke gjenga fysiske legemer, men den menneskelige ånd som ikke hadde noe volum eller dybde i rommet. På 1400-tallet oppdaget kunstnerne perspektivet, og maleriene fikk etter hvert et langt mer realistisk uttrykk som vi ser av **Piero della Francesca**s maleri *La Citta Ideale* fra 1470.



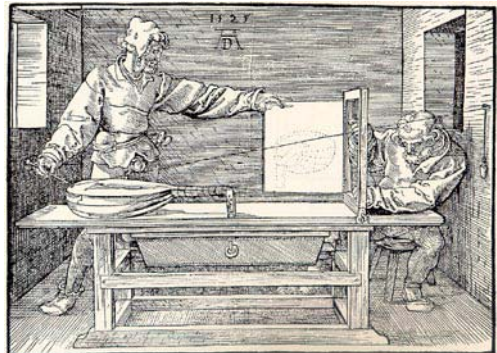
Maria-ikon fra tidlig 1200-tall



“La Citta Ideale” (The Ideal City) by Piero della Francesca, about 1470

En av de mest kjente illustrasjonene som beskrev denne nye teknikken, er tresnittet *Undervisning i måling* av **Albrecht Dürer** (1472–1527) fra 1525. I dette bildet viser han hvordan en arbeidet for å oppnå riktig perspektiv og proporsjoner ved bruk av en trådramme og et siktepunkt.

Det var imidlertid **Filippo Brunelleschi** (1377–1446) som alt på 1400-tallet oppfant trådrammen som Albrecht Dürer brukte.



3. Veggmaleri i St Sylvester's oratory, Santi Quatro Coronati, Rome. Ikonet er hentet fra: <http://www.ateliersaintandre.net/en/pages/aesthetics/Chronology/chronology.html>



Copyright © 2013 The National Gallery, London. All rights reserved.

Kunstnerne oppdaget fort at perspektivet endret seg med observasjonspunktet. Det gikk derfor ikke lang tid før noen begynte å eksperimentere med bilder sett fra svært spisse vinkler. Et av det mest kjente eksemplene på dette er **Hans Holbeins** (1497–1543) *Ambassadørene* fra 1533.

Ved føttene til de to “ambassadørene” (**Jean de Dinteville** og **Georges de Selve**) er det gjengitt en anamorf hodeskalle (innfelt nederst) som på en skjult måte bringer døden inn i bildet.

I Tyskland ble det populært å lage anamorfe bilder som i forvrengt form forestilte én ting, og sett på riktig måte forestilte noe helt annet. **Erhard Schön** (1491–1542), en

av Dürers elever, eksperimenterte med denne teknikken .



Det mest opplagte var å gjengi et motiv slik at når det ble sett fra siden, fikk det riktige proporsjoner, og man så hva motivet skulle forestille. På bildet over har Schön gjengitt Charles V, Ferdinand av Østerriket, Pave Paul III og Francis I. Dersom man ser rett på, gjengir bildet et landskap med mennesker, jorder og hus.





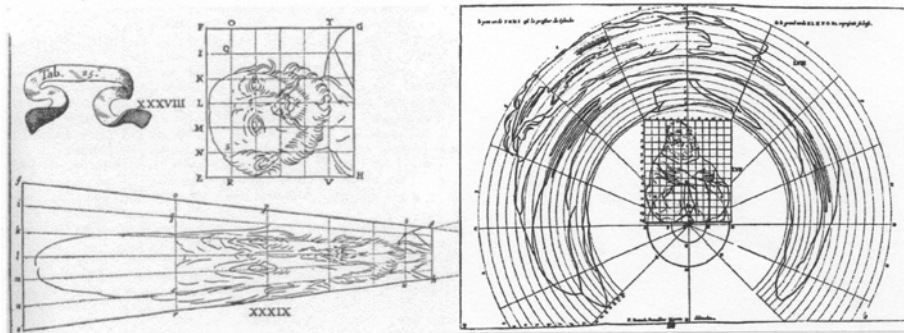
Bildet over gjengir Edward VI i anamorf form. Bildet er laget av *William Scrots* (virkeperiode 1537–1553), som enten kan betraktes skrått fra siden eller ved hjelp av et speil som holdes på skrå ved enden av bildet. Siden bildet er rektangulært, vil det få en trapesform når vi ser på det i speilet.



For å unngå trapesformen laget man derfor det anamorfe bildet trapesformet den motsatt veien, slik at det ble rektangulært sett i speilet.

På 1600-tallet begynte man å undersøke reglene for anamorfe avbildninger, og man ble i stand til å gjengi former som var langt mer komplekse enn kun strekking i horisontal eller vertikal retning. Eksempler på slike er anamorfe bilder som kan gjenskapes i sylindriske eller koniske speil. I 1646 utga *Jean-Francoise Niceron* boken *Thaumaturgus Opticus*, eller fritt oversatt: *Framstilling av optiske mirakler*.

Følgende to figurer er hentet fra boken. Den ene illustrerer hvordan en kan framstille anamorfe figurer strukket i lengderetningen, og til høyre hvordan en kan lage anamorfe figurer som kan retransformeres ved hjelp av et sylindrisk speil.



Alle disse teknikkene starter med å tegne den opprinnelige figuren i et kvadratisk rutenett. Deretter konstrueres det anamorfe rutenettet. Til slutt overføres tegningen rute for rute fra det kvadratiske til det anamorfe rutenettet.




Vi finner flere kunstnere som har eksperimentert med disse teknikken i det 19- og 20-århundre. Vi kan nevne **Salvador Dali** (1904–1989) og ikke minst den ungarske kunstneren **Istvan Orosz** (1951–).

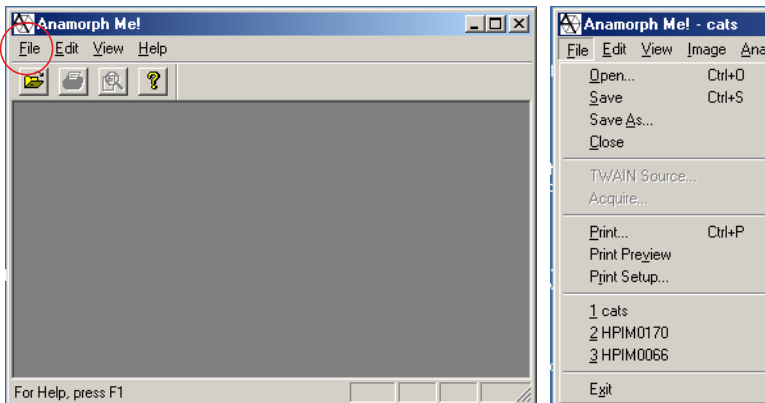
2.–11. mars 2001 ble det holdt en utstilling ved *The Art Center Washington, Tyne & Wear*. Utstillingen presenterte en rekke teknikker og eksempler på anamore bilder. I tillegg ble det tilbudt et dataprogram for å eksperimentere med anamorfe bilder. Programmet er utviklet av **Phillip Kent**⁴ og er fritt tilgjengelig på nettadressen:
<http://myweb.tiscali.co.uk/artofanamorphosis/software.html>.

Vi skal i de neste eksperimentene anvende programmet på noen bilder.

2.5.2 Sylindrisk anamorfe bilder

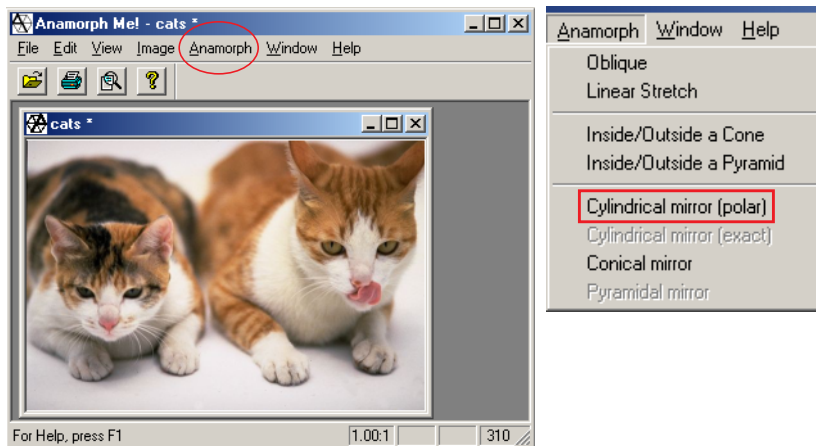
Last ned programmet og legg det i en egen katalog, for eksempel *Anamorph me*. Pakk ut programmet ved hjelp av *unzip.exe* og legg det utpakkede programmet i den samme katalogen. Programmet kan nå startes fra den samme katalogen ved å trykke på ikonet . Programmet kommer opp med en menylinje og et arbeidsfelt. Hent inn det ønskede bildet ved å bruke *Open*-kommandoen under *File* på menylinja.

Denne menyen inneholder også de vanlige kommandoene for lagring av bilder (*Save* og *Save As*), utskrift av bilder (*Print*, *Print Preview* og *Print Setup...*) og *Exit*.



Etter at bildet er hentet inn, åpnes menyen: *Anamorph*. *Anamorph* inneholder en rekke valg med hensyn til “anamorfisering” av bildet. I lista under har vi kort omtalt de ulike valgene.

4. Phillip Kent kan kontaktes via e-post: p.kent@ioe.ac.uk. Vennligst kontakt Kent dersom programmet brukes offentlig.



- **Oblique**
Bildet strekkes ut i trapesform, i vertikal eller horisontal retning.
- **Linear Stretch**
Bildet strekkes ut i rektangulær form, i vertikal eller horisontal retning.
- **Inside/Outside a Cone**
Bildet tilpasses inn- eller utsiden av en kjegleform.
- **Inside/Outside a Pyramid**
Bildet tilpasses inn- eller utsiden av en pyramideform.
- **Cylindrical mirror (polar)**
Bildet omdannes til en form som gjør at det kan sees korrekt i et sylindrisk speil plassert midt i bildet.
- **Conical mirror**
Bildet omdannes til en form som gjør at det kan sees korrekt i et kjegleformet speil plassert midt i bildet.

Bildeserien under viser resultatet når vi omdanner et bilde slik at det ser riktig ut i et sylindrisk speil.





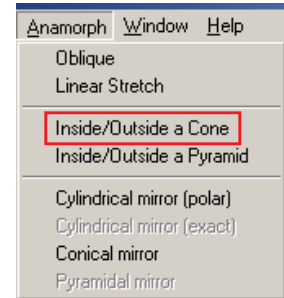
Figuren lengst til høyre viser hvordan bildet gjenskapes i et sylindrisk speil.

Tilsvarende kan vi lage bilder som ser riktige ut sett i et kjegleformet speil. Før vi studerer slike bilder, la oss se hvordan vi kan omdanne et bilde slik at det blir riktig når vi former det som en kjegle og ser det rett ovenfra.

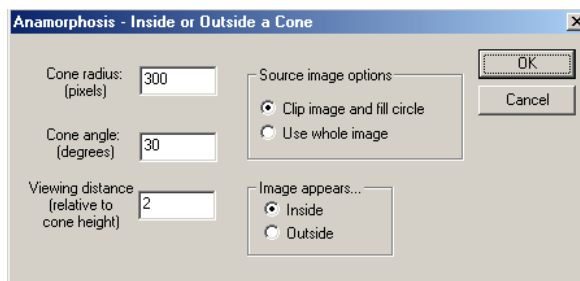
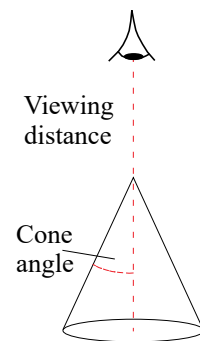
2.5.3 Konisk anamorft bild

I dette eksperimentet skal vi lage et bilde som blir riktig når vi former det som en kjegle og ser ovenfra og rett ned mot toppen av kjeglen. Vi henter opp bildet ved hjelp av *Open*-kommandoen, og velger *Inside/Outside a Cone* fra *Anamorph*-menyen.

Inne i denne menyen må vi gjøre følgende valg:

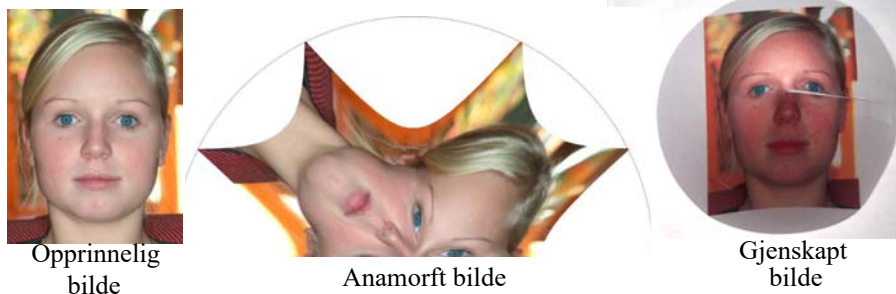


- **Cone radius**
Angir radiusen på kjeglen i antall piksel.
- **Cone angle**
Angir hvor bratt kjeglen er. Vinkelen oppgis i grader.
- **Viewing distance (relative to cone height)**
Angir i hvilken høyde over kjeglen bildet skal få riktig form. Høyden angis relativt til kjeglens høyde.
- **Source image option**
 - Clip image and fill circle* – Bildet klippes slik at det fyller hele kjegleflaten.
 - Use whole image* – Hele bildet brukes. Rektangulære bilder gir dermed hvite felter på kjeglen.
- **Image appears**
 - Inside* – Bildet skal legges på innsiden av kjeglen.
 - Outside* – Bildet skal legges på utsiden av kjeglen.





Figuren under viser resultatet.



Bildet over til høyre er en kjegle som er formet av halvsirkelen i midten. Kjeglen er så fotografert rett ovenfra. Bildet til venstre er det opprinnelige bildet.

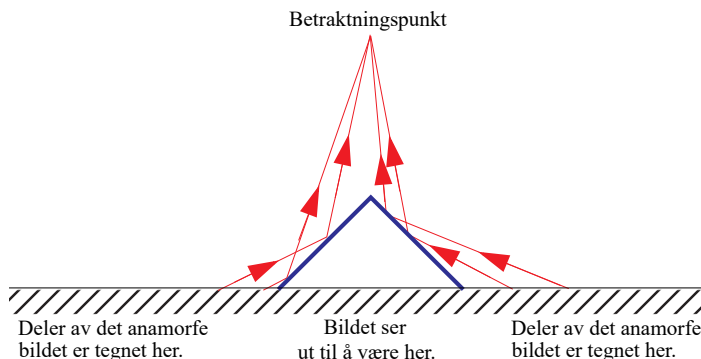
Fotografert fra siden blir kjeglen som vist i figuren under.

Tilsvarende kan vi omforme et bilde slik at det ser riktig ut når det formes som ei innvendig kjegleflate. Programmet gir også mulighet til å legge bilder innvendig og utvendig på firkantede pyramider. Her er det rike muligheter til å eksperimentere.



Sylindriske speil kan enten lages av forkrommede eksosrør, som kan kjøpes hos forretninger som selger bilrekvisita. Et billigere alternativ er å bruke *mylar*, en speilblank plastfolie som lett kan klippes og formes, både som kjegler og sylindere.

Som nevnt kan vi også lage bilder som ser riktige ut speilet i et kjegleformet speil plassert midt i det anamorfe bildet. Det spennende med denne løsningen er at det er mulig å lage en mekanisk pantograf (tegneinstrument) som kan overføre det opprinnelige bildet til et anamorft bilde, som igjen kan gjenskapes ved hjelp av et konisk speil. Bildet over viser hvordan lysstrålene reflekteres fra det anamorfe bildet via speilet og treffer observatørens øye.



Vi ønsker å se en enkel strektegning av en paraply. Spørsmålet er nå hvordan den skal avbildes anamorft for at den skal se ut som en paraply når vi ser ned i det koniske speilet.



På bildet er det anamorfe bildet av paraplyen gjengitt sammen med speilbildet i sentrum. Til høyre ser vi det anamorfe bildet og det koniske speilet avbildet fra siden.

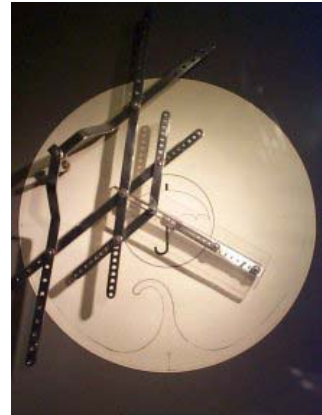


Enkle strektegninger beregnet for å betraktes ved hjelp av koniske speil, kan imidlertid framstilles ved hjelp av mekaniske pantografer. Figuren til høyre viser en slik pantograf.

Figurene over er gjengitt med tillatelse av Phillip Kent.

Har så dette noen praktisk betydning?

Én anvendelse er faktisk ganske vanlig. Mange sykkelstier er merket med et sykkelsymbol i veibanen. For at denne sykkelen skal ha en naturlig form sett fra sykkelisten, er det ikke uvanlig at selve symbolet er strukket ut i lengderetningen.



Symbolet sett fra sykkelistens synsvinkel



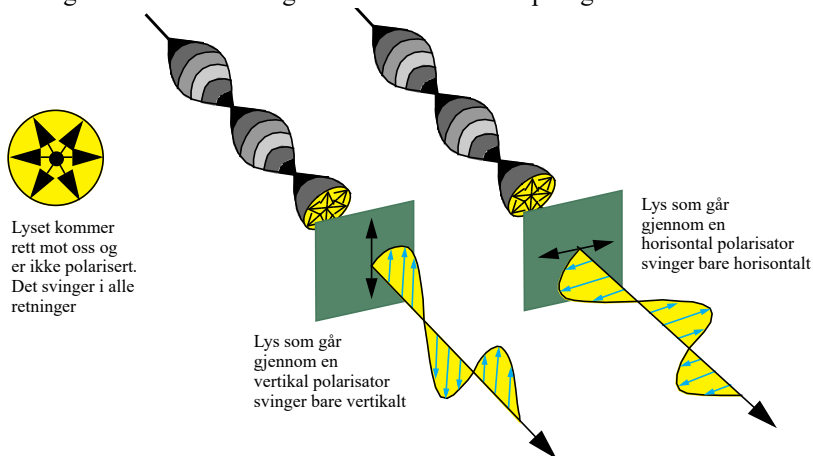
Symbolet sett rett ovenfra



3 Eksperimenter med polarisert lys og 3D skyggeteater

3.1 Hva er polarisert lys?

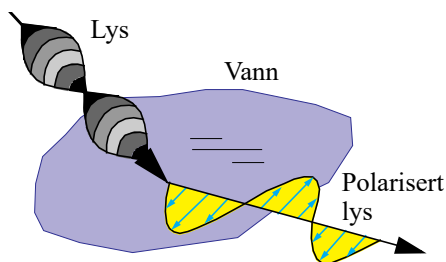
Lys kan betraktes som bølger i elektromagnetiske felter. De elektromagnetiske bølgene svinger på tvers av retningen til utbredelsen, akkurat som bølger i vann. Selv om svingningene alltid er på tvers, så kan utslaget være i alle retninger som vist til venstre på figuren under.



En polarisator er et filter som slipper gjennom lys som bare svinger i én retning. En vertikal polarisator slipper bare gjennom lys som svinger i det vertikale planet. På samme måte vil en horisontal polarisator bare slippe gjennom lys som svinger i det horisontale planet som vist på figuren over.

I 1932 fant den amerikanske forskeren **Edwin Land** (1909–1991) ut hvordan en kunne lage polarisatorer, dvs. filter som kun slipper gjennom lys som svinger i en retning. Denne dannet også grunnlaget for polaroid kameraet, polaroid briller og senere LCD-skjermer og mye annet.

Det viser seg at lys som reflekteres fra, for eksempel en vannflate, polariseres horisontalt. Vertikalt polariserte briller vil derfor stoppe det reflekterte lyset.

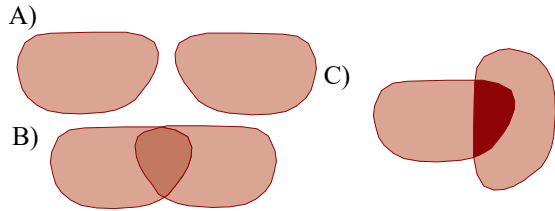


Et lite eksperiment med polariserte solbriller

Du kan lett undersøke om du har polariserte solbriller ved å holde dem opp mot en refleks og se om den endrer styrke når du vrir brillerglasset i forhold til det reflekterte lyset. Du vil da oppdage at når brillen holdes horisontalt i normal stilling, så dempes reflekser bedre enn om brillen settes på høykant.

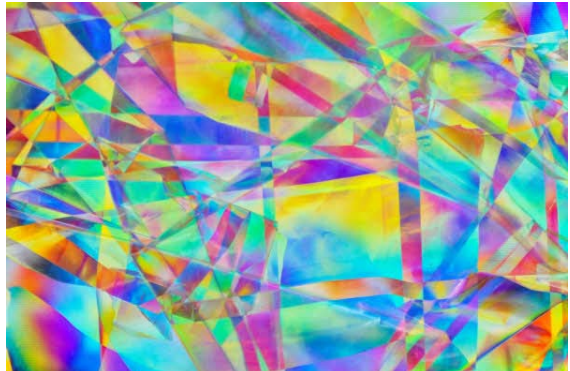


Om du har noen gamle solbriller så kan du ta ut glassene og holde dem opp mot hverandre som vist på figuren til høyre. Om begge glassene er orientert slik de står i brillen, vil du se at lyset som passerer gjennom begge er moderat dempet (B). Vrir du derimot det ene glasset 90° , vil du se at det slippes svært lite lys gjennom feltet som overlapper.



Cellofan er et tynt gjennomsiktig materiale laget av cellulose. Det har lav gjennomtrengning av olje, vann, luft og bakterier og brukes derfor mye som innpakning av mat.

Cellofan dreier polariasjonsretningen til det polariserte lyset. Dessuten er dreiningen forskjellig for ulike bølgelengder. Derfor vil vi få de mange flotte fargene som vi endrer seg når vi dreier på filteret eller mosaikken som vist på bildet til høyre⁵.



I denne økta skal vi utnytte egenskapene til polarisasjonsfilter til å lage fargemosaikk.

3.2 Framstilling av fargemosaikk, som deltagerne får med seg

I denne økta skal vi lage fargemosaikk som endrer seg når vi beveger mosaikken. Til denne aktiviteten renger vi:

- Cellofan (kan kjøpes hos Clas Ohlson eller fåes hos en blomsterbutikk)
- Lamineringsplast (kan kjøpes hos Clas Ohlson)
- Lamineringsmaskin

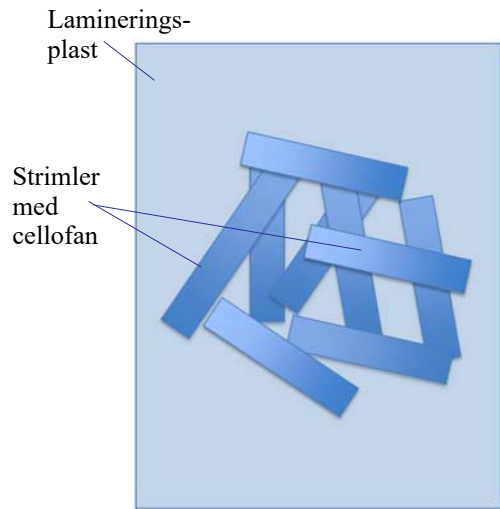
5. Bildet er hentet fra: <https://edknepleyphoto.com/2012/09/01/fun-light-tricks/>



Slik går du fram for å lage fargemosaikken:

1. Ta et stykke cellofan og klipp det smale strimler
2. Legg strimlene på kryss og tvers i en laminerings-lomme A5
3. Kjør det i laminerings-maskinen
4. Hold det laminerte arket opp foran en LCD-skjerm
5. Drei arket mens du ser på med polaroidbriller

Be elevene beskrive det de ser.



3.3 Eksperimenter med fargemosaikk, PC-skjerm og Over Head

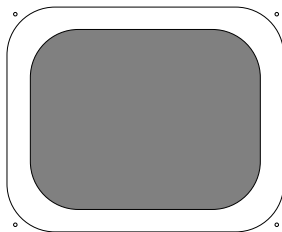
3.3.1 Eksperimenter med bruk av PC-skjerm

Til dette trenger du:

- En PC med LCD-skjerm (helst ikke “touch screen”)
- Polariserte solbriller



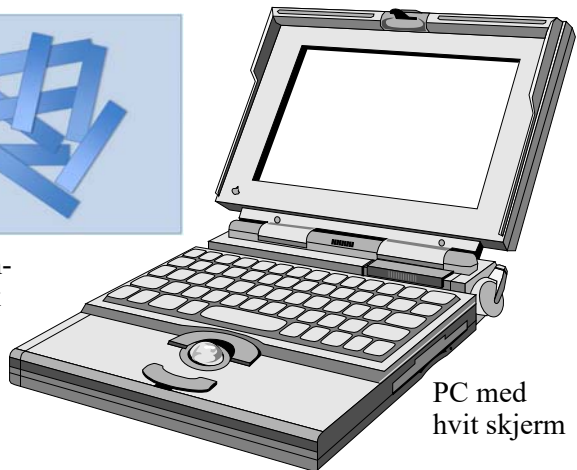
Polariserte solbriller



Polarisasjonsfilter



Cellofan-mosaikk



PC med
hvit skjerm

Dette gjør du for å få fra mosaikken:

1. Slå på PC'en og åpne en tekstbehandler med et hvitt ark slik at det dekker mest mulig av skjermen. Lyset som kommer fra PC'skjermen er polarisert, dvs. det har bølger som svinger i bare en retning.



2. Hold mosaikken opp foran skjermen. Ser du noen forskjell?
Sannsynligvis gjør du ikke det.
3. Ta på solbriller eller polaroidbriller, eller hold et polarisasjonsfilter opp foran mosaikken. Hva ser du nå? Drei på filteret eller mosaikken.

3.3.2 Eksperimenter med bruk av overhead

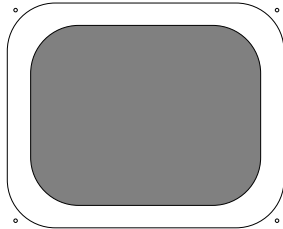
I stedet for å bruke en PC-skjerm hvor lyset er polarisert, så kan vi polarisere lyset fra en overhead ved hjelp av et polarisasjonsfilter som legges på glassplata til overheaden.



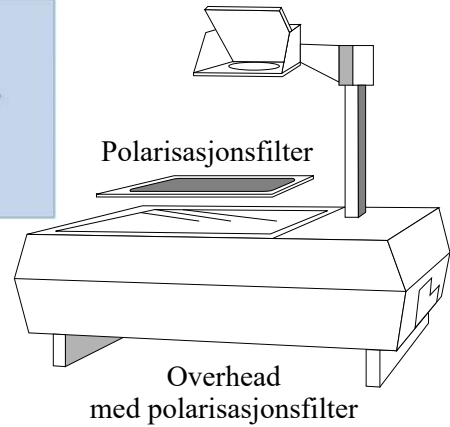
Polariserte solbriller



Cellofan-
mosaikk



Polarisasjonsfilter



Dette gjør du for å få fra mosaikken:

1. Legg et polarisasjonsfilter på overheaden.
2. Legg mosaikken på polarisasjonsfilteret som ligger på overheaden. Ser du noen forskjell?
Sannsynligvis gjør du ikke det.
3. Ta på solbriller eller polaroidbriller, eller hold et polarisasjonsfilter over mosaikken. Hva ser du nå? Drei på filteret eller mosaikken.

Du vil kanskje se noe i likhet med bildet til høyre som er laget av Scotch tape.⁶



6. Bildet hentet fra: <https://www.teachersource.com/product/1053/light-color>



3.3.3 Eksperimenter med plastgjenstander og bestikk

Også gjennomsiktig plast som petriskåler, bestikk, CD-cover o.l. vil dreie polarisasjonsretningen på lyset. Under støpeprosessen vil spenninger i plasten gjøre at ulike farger dreies ulikt og flotte fargenyanser oppstår⁷ som vist i figuren under⁸.



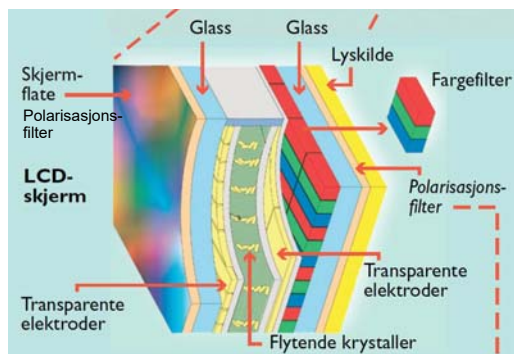
3.4 Slik virker en LCD-skjerm

Bilder i flytende form De nesten magiske egenskapene til bestemte krystaller er nøkkelen til å forstå hvordan såkalte LCD-skjermer (Liquid Crystal Displays) eller «flytende krystallskjermer» virker.

Bygd på en artikkel av Atle Kjærvik (Adresseavisen - Visste du at)

Krystallene i LCD-skjermer (displays) er gjennomsiktige for lys som svinger i et bestemt plan. Når krystallene utsettes for en elektrisk spenning, så dreies planet som slipper lyset gjennom.

Figuren til høyre viser et tverrsnitt av en LCD-skjerm. Bakerst i skjermen er en lyskilde som dekker hele bakveggen. Foran denne lyskilden ligger et polarisasjonsfilter som gjør at lyset fra kilden blir polarisert i en retning, la oss anta vertikalt. Så følger en tynn glassplate med gjennomsiktige elektroder (den ene polen) som ligger inn mot de flytende krystallene. Foran krystallene finner vi et nytt lag med gjennomsiktige elektroder (den andre polen) som er festet til en ny glassplate. Ytters utenfor glassplaten ligger et nytt polarisasjonsfilter.

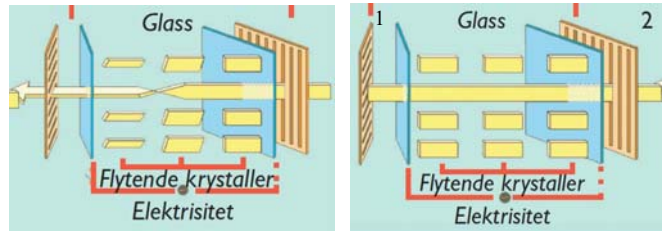


7. <https://people.rit.edu/andpph/text-polarization.html>

8. <https://hiveminer.com/Tags/cross%2Cpolarised/Timeline>

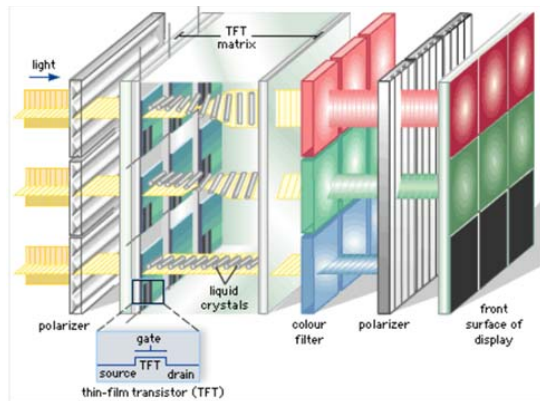


De flytende krystallene består av en organisk forbindelse som hverken er flytende eller fast. Dvs. at krystallets stavformede molekyler opptrer i en gitterstruktur og på den måten er fast. Imidlertid endres de optiske



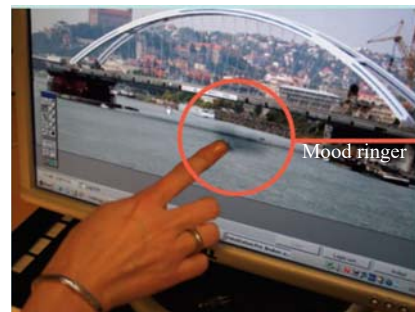
egenskapene til stoffet når krystallgitteret påtrykkes en spenning og kan på den måten omtales som flytende. Når ingen spenning er satt på vil krystallet dreie polarisasjonsretningen 90° slik at lyset slipper gjennom filteret foran på skjermen (1). Når spenninge slås på, går lyset gjennom med uendret polarisasjon slik at det spærres av filteret (2). Graden av vridning avhenger av spenningsnivået. Ulik vridning gir ulik lysstyrke og dermed ulike grå- eller fargetoner.

Skjermen er delt opp i millioner av ruter eller pixler. Hvert pixel består av tre deler med ulike fargefiltre, et rødt, et grønt og et blått (RGB), som vist på figuren til høyre⁹. Lysstyrken i hver av disse fargede rutene kan styres elektronisk slik at hvert pixel kan få et stort antall blandingsfarger.



Tall, bokstaver, symboler og bilder på skjermen fremkommer ved at krystallene i hvert pixel i større eller mindre grad blokkerer lys. Spenningsene på hvert pixel styres av transistorer som igjen styres av bilde prosessoren. I en PC-billedskjerm kan det finnes millioner av slike transistorer. Krystallene omdanner på en måte et «elektrisk bilde» til et visuelt bilde.

Noen krystaller reagerer også på trykk eller temperatur, egenskaper som kan gi merkelige – og ofte uønskede – bilder under spesielt varme eller kalde forhold, eller hvis du skulle falle for fristelsen til å trykke fingeren mot den myke skjermen. Såkalte «mood rings», fingerringe som forandrer farge etter «humøret», og visse typer briller som blir mørkere i sollys inneholder også flytende krystaller.



De flytende krystallene finnes nå overalt: på lommekalkulatorer, på digitale ur, på instrumentpanelet til mobiltelefonen, det digitale fotoapparatet, mikrobølgeovnen, radioen, CD-spillere og en mengde andre elektriske apparater.

9. Bildet er hentet fra:

<https://www.androidauthority.com/poled-vs-ips-lcd-display-technology-explained-798207/>



3.4.1 Hva skjer når vi fjerner polarisasjonsfilter foran på LCD-skjermen?

Vi har tatt med en gammel LCD-skjerm hvor filteret fremst på skjermen er fjernet. Det betyr at alt lyset slipper gjennom uansett hvordan de flytende krystallene dreier polarisasjonsretningen, og vi ser bare en hvit skjerm.

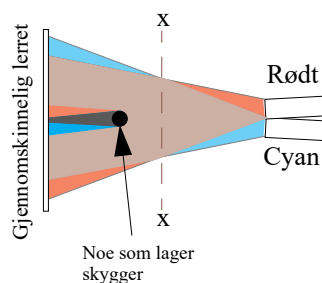
Tar vi derimot på oss polaroide solbriller så vil vi se bildet nesten som normalt. Vi må imidlertid sørge for å dreie polarisasjonsplanet til brillene slik at de kommer riktig i forhold til polarisasjonsretningen til lyset som kommer fra skjermen. Dermed vil vi normalt måtte dreie hodet skal vi se et normalt bilde.



3.5 Eksperimenter med fargede skyggebilder

I dette eksperimentet skal vi lage skyggeteater, og ikke nok med det, *det skal være i 3D*. Det kan vi få til ved å lage to skyggebilder med to forskjellige farger, rødt og cyan (lyseblått). Ett bilde for hvert av øynene. For at de to bildene skal nå fram til hvert sitt øye, bruker vi filterbriller med ett rødt og et cyan filter.

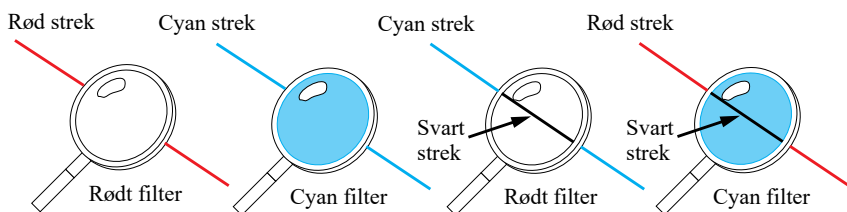
Som lyskilde bruker vi to kraftige lysdioder en rød og en blå som vist på figuren til høyre. Lysstrålene krysser hverandre ved $x - x$. Gjenstander som holdes opp ved $x - x$ vil danne skygger som har røde og grønne kanter. Betrakter vi disse skyggene fra den andre siden av et gjennomsiktig lerret med rødt/cyan fargete filterbriller, vil vi oppleve at skyggene svever foran eller bak lerretet avhengig av hvilket fargefilter som er plassert foran hvilket øye.



3.5.1 Anaglyf teknikk for framstilling av kunstig 3D

Dersom vi holder et cyan-farget glass opp mot lyset ser vi at lyset som kommer ut på baksiden av glasset er cyan-farget. Det vil si at dette glasset slipper bare gjennom cyan-farget lys og stopper (absorberer) alle de andre fargene i det hvite lyset. Vi kaller dette glasset for et *cyan filter* (eller cyan-farget filter). Tilsvarende kan vi gjøre med et rødfarget glass. Det vil bare slippe gjennom den røde delen av det hvite lyset slik at lyset som kommer ut på baksiden av filteret er rødt. Dette glasset kaller vi et *rødt filter*.

En rød strek mot en hvit bakgrunn vil forsvinne dersom vi betrakter den med det røde



På samme måten forsvinner en cyan-farget strek mot bakgrunnen når vi ser på den med det cyan-fargede filteret.



Dersom vi derimot ser på den røde streken med det cyan-fargete filteret, vil vi se en svart strek. Siden den røde fargen ikke inneholder noe cyan vil det ikke slippe noe lys gjennom det cyan-fargede filteret fra den røde streken og den vil se svart ut. Tilsvarende blir den cyan-fargede streken svart når vi ser på den med det røde filteret.

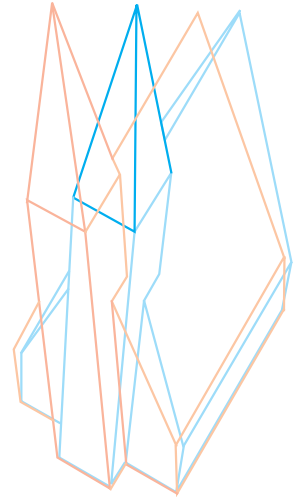
To farger som har disse egenskapene kaller vi *komplementære*. Rødt og cyan er komplementære farger, dvs. at den rene rødfargen ikke inneholder noe cyan og den rene cyan-fargen inneholder ikke noe rødt.

Nå er vi klare til å forstå hva *anaglyfer* er for noe.

Under ser vi en tegning av en kirke. Den er tegnet i to farger, en rød og en litt forskjøvet i cyan.

Til dette eksperimentet trengs et par anaglyfe filterbriller.

Med filterbrillene på vil hvert av øynene se et litt forskjellig bilde av kirken. Øyet med dekket med cyan filter ser bare den røde streken og øyet med det røde filteret vil bare se den cyanfargede tegningen. Siden de to tegningene viser kirken sett fra henholdsvis høyre og venstre øye, vil vi bli lurt til å tro at kirken står opp fra papiret, og vi ser en tredimensjonal tegning av kirken.



3.5.2 Litt historie



W. Friese-Green

Ordet anaglyph er satt sammen av to greske ord som betyr “*igjen*” og “*skulptur*”. Det var i 1853 at **Wilhelm Rollman** første kunne demonstrerte anaglyfe tredimensjonale tegninger. Han benyttet blå og røde linjer på svart bakgrunn for å få fram effekten. I 1958 benyttet den franske fysikeren **Joseph D’Almeida** (1822–1880) gjennomlysbare bilder (lysbilder) plassert foran to lanterner med henholdsvis rødt og grønt glass. Derne st projiserte han de to fargede bildene oppå hverandre på et lerret. Publikum som benyttet røde og grønne filterbriller, så da sorthvitt bilder i tre dimensjoner¹⁰. I 1883 viste **William Friese-Green** (1855–1921) den første

filmen med “levende” bilder basert på anaglyf teknikk. De første filmene hadde emulsjon på begge sider av filmstripen. På den ene siden lå de røde bildene på den andre de grønne. Friese-Green gjorde aldri store penger på sine mange oppfinnelser knyttet til film, han døde derfor som en fattig mann under ganske tragiske forhold. Han regnes likevel av enkelte, som oppfinneren av “levende bilder”¹¹.

En artig variant av denne type film ble vist på en kino i New York i 1922. Her kunne publikum velge om de ville ha en lykkelig eller tragisk avslutning på filmen. Gjennom det røde filteret

10. Den historiske informasjonen er hentet fra <http://www.rleggat.com/photohistory/history/anaglyph.htm>

11. Se http://www.mybrightonandhove.org.uk/page_id__5718.aspx.



kunne de se den lykkelige slutten, mens de gjennom det blågrønne filteret så den tragiske slutten. En kan vel slå fast at ingen av avslutningene kunne sees i tre dimensjoner.

Den franske vitenskapsmannen *Louis Ducas du Hauron* (1854–1932) var den første som i 1891 lagde et papirbilde sammensatt av et rødt og blått bilde lagt over hverandre.

I løpet av årene er det utviklet en praksis hvor det røde filteret dekker det venstre øyet og det cyan fargete det høyre øye. Det ikke er noen fysiske eller fysiologiske årsaker til dette valget annet enn at det er praktisk med lik praksis. I prinsippet kan en bruke et hvilket som helst komplementært fargepar, men det er svært lite å hente på å velge andre farger. Noen påstår at fargekombinasjonen blå – gyllen-gul (amber) fungerer meget bra for tomater vist mot en himmelblå bakgrunn.

Som vi skjønner så vil den anaglyfe metoden aldri kunne gjengi farger på noen god måte. Ved bruk av rød – cyan kan en imidlertid oppnå ganske bra resultater dersom original bildene er fri for disse to fargene.

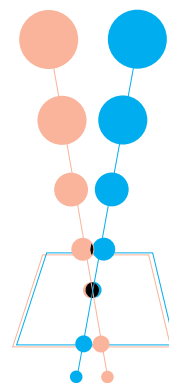
3.5.3 Tegn enkle anaglyfer

En meget enkel måte å tegne anaglyfer på er for eksempel å tegne fargede sirkler med et tegneprogram.

Om vi ønsker å tegne en sirkel som svever over papiret, lager vi to sirkler, en rød og en cyan. Den røde til venstre og den cyanfargede til høyre. Ser vi på denne sirkelen med briller som har det røde glasset til venstre og det cyanfargede glasset til høyre, vil sirkelene framstå som *en* svart sirkel som svever over papirplanet. Jo større avstanden mellom sirkelene er, jo høyere over papiret vil sirkelen sveve.

Om vi bytter om sirkelene, slik at den røde kommer til høyre og den cyanfargete til venstre. Vil sirkelen sett med brillene, synes å befinne seg på undersiden av papirplanet.

Nær papirplanet vil sirkelene overlappe. Den overlappende sonen skal tegnes svart.



3.5.4 Lag egne anaglyfe bilder

På begynnelsen av 2000-tallet utviklet *Etienne Monneret* og *Didier Leboutte* programmet *Ana-Builder* som konverterer stereoskopiske bildepar til anaglyfe bilder. Programmet gir også rike muligheter for å optimalisere bildene slik at effekten blir best mulig.



Til dette eksperimentet trenger du et digitalt kamera, programmet AnaBuilder og en fargeprinter.



Det er viktig at bildeparene blir så gode som mulig. Unngå rotasjon og vertikal forskyvning mellom bildene. Fokuser på et punkt midt i bilde. Tilstreb at dette punktet er midt i bilderamma for begge bildene.

Deretter lastes bildene inn i AnaBuilder hvor programmet gjennomfører en automatisk optimalisering før det ferdige resultatet skrives ut.

Det finnes mange gode eksempler på anaglyfer på Internett. Det finnes også eksempler på *fargede* anaglyfe bilder.

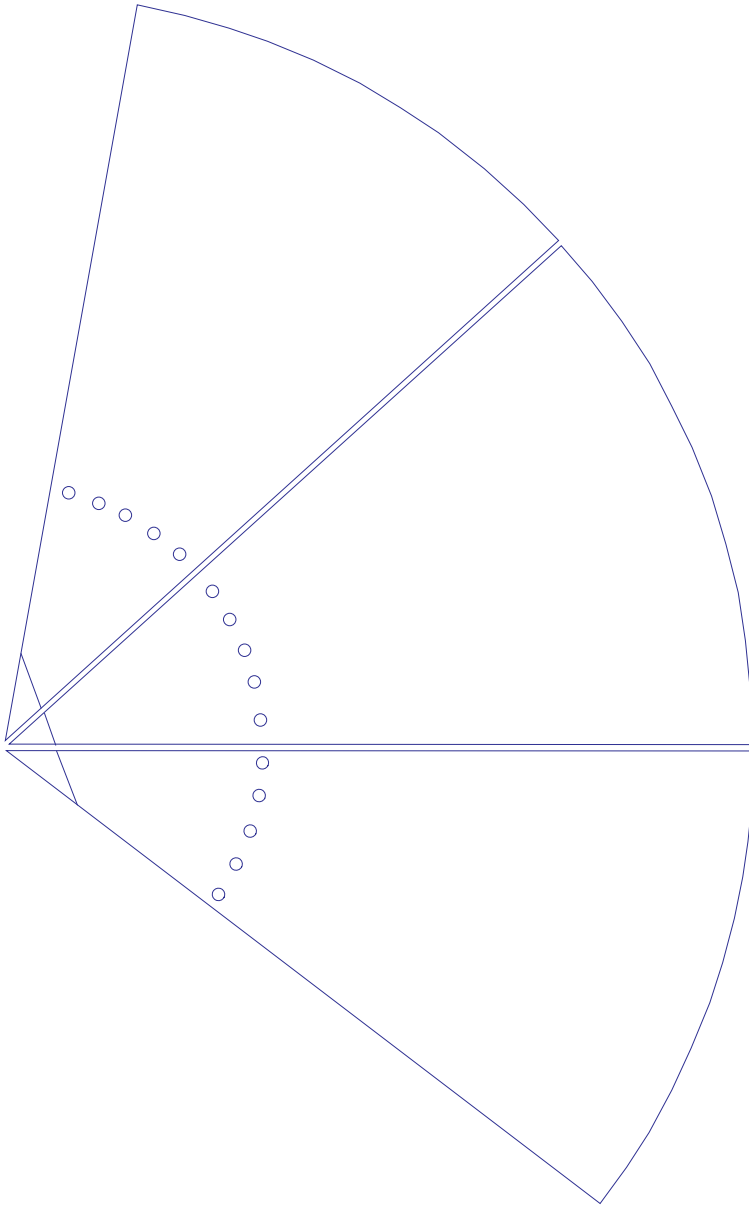
Anaglyph Workshop er en alternativ programvare for å lage anaglyfe bilder og anaglyf film.¹²



12. Programvaren kan lastes ned fra www.tabberer.com/sandyknoll/more/3dmaker/anaglyph-software.html



Vedlegg A Mal pentakis kaleidoskop





A.1 'Mal enkelt kaleidoskop

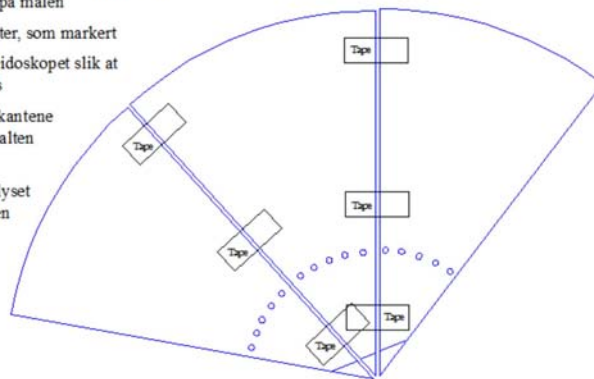
Malen er ikke målestokk

A.2 Mal pentakiskaleidoskop

Malen er ikke målestokk 1:1

PENTAKISKALEIDOSKOP

1. Pirk av platen på speilsiden av flisene
2. Legg flisene på malen under med speilsidene ned. Det er viktig at avstanden mellom flisene beholdes som vist på malen
3. Sett på seks tapebiter, som markert
4. Brett sammen kaleidoskopet slik at ytterkantene møtes
5. Fest sammen ytterkantene med tape slik at spalten lukkes helt
6. Hold det opp mot lyset og se inn i åpningen

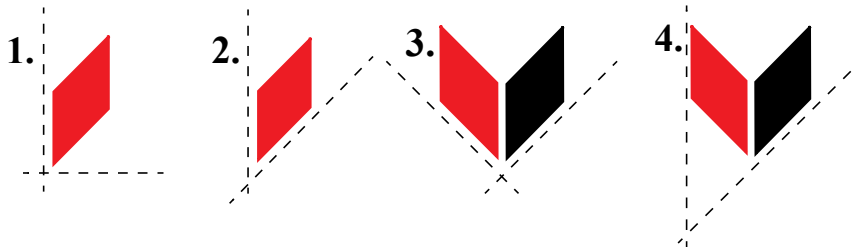




Vedlegg B Løsning på oppgaver

B.1 Løsning på rotasjonssymmetrier

De stiplede linjene antyder plasseringen av speilene.



Forsøk å finne flere varianter av mønster med utgangspunkt i disse grunnfigurene.



Vedlegg C Utstyrslister

C.1 Eksperimenter med speil

Trekantet kaleidoskop

- 675 speilfliser
- 225 endestykke med sirkulært hull
- 225 endestykker med trekantet hull
- 20 laminerte maler A4
- 5 limflasker med universal lim
- 5 limflasker med trelim
- 8 ruller med tape med dispenser
- 10 ekstra taperuller

Eksperimenter med kaliedoskop

- 2 bokser med fargestifter
- Papirark

Eksperimenter med planspeil

- 30 stk. planspeil
- Sett med laminerte ark med ansikter
- 15 stk. vinkelspeil
- Sett med ark med ulike oppgaver for vinkelspeil

Eksperimenter med sylinderspeil

- Speilende sylinder (privat)
- Sett med anamorfe bilder (privat)

C.2 Eksperimenter med polarisasjons- og fargefilter

Lag fargemosaikk

- 3 ruller med cellofan
- 3 esker med lamineringsplast A5
- 2 lamineringsmaskiner
- 15 sakser



Eksperimenter med fargemosaikk

- 300 polarisasjonsbriller
- 5 polarisasjonsfilter med holder
- 10 Petriskåler lokk
- 10 Plast vinglass
- En LCD-skjerm uten polarisasjonsfilter
- En gammel laptop PC

3D skyggeteater

- Stort laken
- Tau
- Rød-blå lyskilde med ledninger
- Laboratorie strømforsyning
- Skjøteledning
- 30 stk. Anaglyfe briller







Hefтет er ment å være en veildning til studentene som skal guide elevene under Science Camp 2018 som arrangeres av Trondheim kommune

Nils Kr. Rossing

Dosent ved Skolelaboratoriet

E-post: nils.rossing@ntnu.no

og prosjektleder ved Vitensenteret

E-post: nkr@vitensenteret.com

NTNU



Trondheim

Institutt for
lærerutdanning

Skolelaboriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

Tlf. 73 55 11 43

<http://www.ntnu.no/skolelab>

