



Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

Prøvetrykk 1.0

Nils Kr. Rossing

Speil, speiling og stereoskopisk syn – ett idehefte

Teknologi og Entreprenørskap, fordypningsmodul



September 2007

SPEIL, SPEILING OG STEREOSKOPISK SYN

Speil, speiling og stereoskopisk syn - ett idehefte
Teknologi og Entreprenørskap - fordypningsmodul

Trondheim 2007

Layout og redigering: Nils Kr. Rossing

Tekst og bilder: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet/Vitensenteret

Faglige spørsmål rettes til:

Skolelaboratoriet for matematikk naturfag og teknologi, NTNU

v/Nils Kr. Rossing, 73 55 11 91

nils.rossing@plu.ntnu.no

Realfagbygget, Høgskoleringen 5
7491 Trondheim

Skolelaboratoriet

Telefon: 73 55 11 43

Telefaks: 73 55 11 40

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

Prøvetrykk 1.0 - 02.09.07

Speil, speiling og stereoskopisk syn - ett idehefte

Teknologi og Entreprenørskap - fordypningsmodul

Nils Kr. Rossing





Forord

Speildelen av heftet er hentet fra kursboka til kurset: *Eksperimenter mer* utgitt i en rekke prøve-trykk ved Vitensenteret i Trondheim. Kapittelet om stereoskopisk syn og ulike teknikker for å skape en illusjon av tredimensjonale bilder, er hentet fra boka: *Illusjoner – kan vi stole på sansene våre*, som er under utarbeidelse. Det er dessuten skrevet til et ulike vedlegg bl.a. om framstilling av stereoskopiske bildepar og speiling av bilder ved bruk av Word 2007 og gratisprogrammet Gimp. Videre er det skrevet til et vedlegg om framstilling av enkle stereoskoper og framstilling av anaglyfebildepar. Vedleggene er direkte beregnet på videreutdanningskurset: *Teknologi og Entreprenørskap, fordypningsmodul*, som første gang er gjennomført skoleåret 2007/08 ved Skolelaboratoriet ved NTNU.

Kun deler av heftet er brukt under kurset, resten av stoffet kan være tips til undervisningen i grunnskolen. Kapittelet *Speil og refleksjon* er primært beregnet på lærere i barneskolen, mens kapittelet: *Stereoskopisk syn* er rettet mot bruk i ungdomsskolen. Selv om ikke alt stoffet direkte kan brukes i undervisningen, så er det mitt håp at det kan skape nysgjerrighet og interesse for fagfeltet også blant lærere.

Nils Kr. Rossing
2. september 2007





Innhold

1 Innledning	11
2 Speiling og refleksjon	15
2.1 Plane speil	15
2.1.1 Det enkle speilet; Speilvendt, men ikke på hode?	15
2.1.2 To speil	20
2.1.3 Tre speil som “låser” fast øyet	29
2.1.4 Halvgjennomsiktige speil	37
2.1.5 Speil som visuell tilbakemelding på bevegelser	41
2.2 Sylindriske og koniske speil	42
2.3 Parabolske speil	52
2.3.1 Hulspeilets merkelige verden	53
2.3.2 Kunstig luftspeiling ved hjelp av to parabolspeil	55
2.3.3 Hvordan kan et konkavt speil gjengi et bilde på en skjerm?	56
3 Stereoskopisk syn	59
3.1 Om dybdesyn generelt	59
3.2 Stereoskopiske par	60
3.3 Hvordan framstille stereoskopiske bildepar [14] e)?	63
3.3.1 Stereoskopiske bildepar av månen	65
3.4 Stereoskopet, et kort historisk tilbakeblikk	68
3.5 Lag egne stereoskoper	70
3.6 Telestereoskopet	74
3.7 Haploskopet	77
3.8 Autostereoskopiske metoder	77
3.8.1 Parallaksisk barriere metoden (Parallax barrier methode) [24] a)	78
3.8.2 Den lentikulære metode [24] a)	78
3.8.3 Stereoskopisk tapetmønster (“floaters”)	80
3.8.4 Tilfeldighetsstereogrammer	82
3.9 Anaglyfer (røde og cyan (blå) briller)	87
3.10 ChromaDepth (“fargedybde”)	91
3.11 Polaroidteknikk for visning av 3D-film	94
3.12 Pulfrich 3D-film	97
3.12.1 Stereoskopisk syn og avstandsbedømmelse	99
4 Referanser	101



Vedlegg A	Kopieringsoriginaler	105
A.1	Mal til “speilsymmetrier”	105
A.2	Mal til holder for stereoskop	106
Vedlegg B	Løsning på noen oppgaver	109
Vedlegg C	Lag vinkelspeil og kaleidoskop	110
C.1	Lag et vinkel speil	110
C.2	Lag et kaleidoskop	111
C.3	Beregning av speilbredden.....	111
Vedlegg D	Bildebehandling	113
D.1	Bildebehandling med programmet GIMP	113
	Introduksjon 112	
	Lag utsnitt av bilder 114	
D.2	Enkel bildebehandling med Word 2007	117
	Innhenting og skalering av bilder 116	
	Frittflytende bilde 117	
	Beskjæring av bildet 117	
	Kopier bildet 118	
	Speil bildet om en vertikal akse 119	
Vedlegg E	Nedlasting og installasjon av Anamorph me	121
Vedlegg F	Stereoskopiske bildepar, laboratorie	124
F.1	Framstilling av stereoskopiske bilder	124
F.2	Bildebehandling i word for å lage stereoskopiske bildepar 123	
F.3	Lag et stereoskop	127
Vedlegg G	Framstilling av anaglyfer, en laboratorieøvelse	129
G.1	Ta stereoskopiske bildepar for anaglyfer	129
G.2	Framstilling av anaglyfer ved hjelp av AnaBuilder	130
G.3	Framstilling av filter for å se på anaglyfer	134
	G.3.1 Framstilling av pappholdere	135
	G.3.2 Fargefilter	135
	G.3.3 Montering av fargefilter i pappholder	136
	G.3.4 Innkjøp av ferdige briller	136
	G.3.5 Framstilling av fargede filter i Paint	136



1 Innledning

Heftet er delt i to hoveddeler:

- Speil og refleksjon
- Stereoskopisk syn

Det eneste disse to temaene har til felles er at de handler om lys og bruk av synet.

Speil og speiling er blitt en så naturlig del av vår hverdagsopplevelse at vi knapt tenker over i hvilke sammenhenger vi møter dette fenomenet. Det mest nærliggende er om morgenen når vi grer håret eventuelt sminker oss, eller når vi ser himmelen eller fjellsiden speile seg i vannet. Mindre opplagt er det at refleksbrikker er satt sammen av en mengde hjørnespeil, eller at speil inngår i teknologisk utstyr som for eksempel i fotoapparater, ved overvåking i butikker, i avlesningsutstyr for strekkoder, i kopimaskiner og i lykter og gatebelysning. Dessuten brukes speil av en noe annen type ved mottaking av TV-signaler fra satellitt og som radarreflektør på båter. En spennende oppgave for elever på barneskolen kan være å gå på jakt etter utstyr vi omgir oss med til daglig hvor speil inngår.

I dette heftet har jeg valgt å utforske ulike måter å bruke speil på som kanskje ikke er så opplagt eller kjent. Å vise hvordan speil brukes i ulike sammenhenger i hverdagen har jeg overlatt til leseren og hans eller hennes elever. Jeg har også valgt å vise hvordan speil kan brukes til å utforske symmetrier og mønster som er en del av matematikken.

Når elevene har arbeidet med speil en stund og oppdaget hvordan de virker, vil det være naturlig å utfordre dem til å fantasere om nye anvendelser. Anvendelser som ev. kan prøves ut i klasserommet.

De aller fleste av oss har meget god nytte av synet. Ja, vi er så avhengige av det at vi ikke kan forstå hvordan det er mulig å greie seg uten. Å erfare dybdesyn er også ganske opplagt for de fleste av oss, selv om vi kanskje ikke tenker så nøye over det. I kapitlet *Stereoskopisk syn* skal vi eksperimentere med dybdesyn og på den måten bli bedre kjent med hvordan dette fungerer.

Våre øyne er plassert ca. 65 mm fra hverandre. Denne vesle forskjellen gjør at hjernen mottar to bilder av verden sett fra litt forskjellig vinkel. Dette er en meget viktig egenskap som hjelper oss til å bedømme avtsnaden til gjenstander og hvordan de er plassert i forhold til hverandre. Hva tror du skjer med dybdesynet dersom du øker avstanden mellom øynene til 60 cm eller 250 meter? Eller hvordan vil verden se ut dersom øynene bytter plass? Med relativt enkle hjelpemidler skal vi utforske dette. På denne måten håper jeg at elevene kan lære hvordan lett tilgjengelig teknologi kan brukes til å utforske synet på nye og spennende måter.



Tabellen under gjengir kursprogrammet for barneskoledelen med henvisning til deler av heftet.

Omfang	Aktivitet	Henvisning
13.00 - 13.20	Ta bilde, legg inn på PC og skriv ut	
13.20 - 13.30	Kort om aksesymmetri og ansikter	Avsnitt: 2.1.1
13.30 - 13.45	Bruk et speil og eksperimenter med aksesymmetri og ansikter. Hvordan bruke dette i undervisningen?	Avsnitt: 2.1.1
13.45 - 14.00	Kort om punktsymmetri	Avsnitt: 2.1.2
14.00 - 14.10	Lag et vinkelspeil	Avsnitt: 2.1.2
14.10 - 14.30	Bruk vinkelspeilet til å utforske mønster Løs enkle oppgaver, "konstruer mønster" Hvordan bruke dette i undervisningen?	Avsnitt: 2.1.2
14.30 - 14.40	Kort om kaleidoskopet	Avsnitt: 2.1.3
14.40 - 15.00	Lag et kaleidoskop	Side 17
15.00 - 15.20	Utforsk kaleidoskopets mønster Dokumenter ved tegning Hvordan bruke dette i undervisningen?	Avsnitt: 2.1.3
15.20 - 15.30	Introduksjon til Anamorfe bilder Historiske perspektiver Hva brukes dette til i dag?	Avsnitt 2.2
15.30 - 16.00	Eksperimentere med programvaren Lag et eksempel på en anamorft bilde Gjenskap med planspeil Hvordan bruke dette i undervisningen?	Avsnitt 2.2

Vi tar forbehold om endringer av programmet.

De som ha anledning bringer med seg digitalkamera (ev. mobiltelefon med kamera) og ledning for å legge bildene over til PC.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Tabellen under gjengir kursprogrammet for ungdomsskoledelen med henvisning til deler av heftet.

Omfang	Aktivitet	Henvisning
13.00 - 13.20	Å se stereoskopisk - Hva brukes stereoskopiske bilder til? - Egenskaper ved stereoskopiske bildepar - Tegne stereoskopiske par	Avsnitt 3.1
13.20 - 13.40	Ta digitale bildepar og legg dem over på PC - Komponer bildet - Ta bilder - Legg over til PC	Vedlegg F.1
13.40 - 14.00	Montere bilder i word - Finn øyeavstand - Juster størrelse på bildene - Monter - Skriv ut	Vedlegg F.2
14.00 - 14.45	Lag et stereoskop av linser og papp - Mål øyeavstand, tilpass - Skjær ut hull i en pappholder - Monter to linser	Vedlegg F.3
14.45 - 15.00	Teste ut stereoskopet Hvordan bruke dette i undervisningen?	
15.00 - 15.15	Egenskaper med perspektiv - Invertert perspektiv - Utvidet perspektiv Ev. ulike teknikker for å frambringe dybde - Anaglyfer, polarisering, pilfeldighetsstereogrammer Chromadepth, Pulfrichs illusjon	Avsnitt 3.2 Avsnitt 3.6 Avsnitt 3.9 Avsnitt 3.10 Avsnitt 3.11 Avsnitt 3.12
15.15 - 15.45	Eksperimenter med perspektiv - Utvidet perspektiv (ta nye bilder) - Invertert perspektiv (ta nye bilder)	Vedlegg F
15.45 - 16.00	Oppsummering Hvordan bruke dette i undervisningen?	

Vi tar forbehold om endringer av programmet.

De som ha anledning bringer med seg digitalkamera (ev. mobiltelefon med kamera) og ledning for å legge bildene over til PC.





2 Speiling og refleksjon

Speil har fascinert mennesket gjennom uminnelige tider. En kan tenke seg at mennesker for flere titallstusen år siden så sitt eget speilbilde i det glassklare vannspeilet i et myrhull. Senere lærte de seg å polere flater av metall og etterhvert også å legge sølvbelegg på glass og plast.

Moderne speil gjengir den virkelige verden mer perfekt enn noe bilde eller fotografi er istand til. Dessuten er det en gjengivelse som er umiddelbar og i sann tid. Likevel er speilbildet noe flyktig ikke-eksisterende, et bilde som kun dannes på vår netthinne. Det er en *illusjon*.

Vi skal se på ulike speil, plane speil, sylindriske speil, kuleformede og paraboliske speil. Vi skal dessuten se på hva som skjer når vi sammenstiller flere speil.



Også naturen kan speile seg og danne symmetriske bilder. På bildet over ser vi hvordan en bro nær Birmingham speiler seg i kanalen.

2.1 Plane speil

Vi begynner med de plane speilene. Disse er uten tvil de vanligste og brukes til svært mange forskjellige formål. Likevel er det de færreste som har forsøkt å sette sammen to eller tre plane speil for å se hva som da skjer. La oss imidlertid først se på et enkelt plant speil og se om vi kan forstå hvordan det fungerer.

2.1.1 Det enkle speilet; Speilvendt, men ikke på hode?

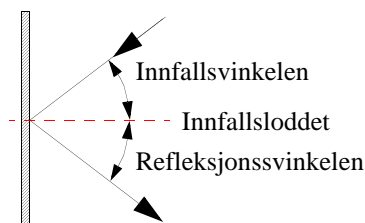
Når vi ser en gjenstand eller et menneske foran oss, så skyldes det utelukkende at hvert punkt på gjenstanden reflekterer lys. Overflata kan ha ulik struktur, glans og farge som setter sitt preg på det reflekterte lyset. Noe av det reflekterte lyset treffer pupillen i øyet, trenger gjennom linsa og det dannes et bilde av gjenstanden på netthinna. Det er spennende å tenke på at i det vesle arealet som representerer pupillen i øyet finnes all informasjon som skal til å for å danne et fullstendig og detaljert bilde av verden rundt oss, fra de fjærneste fjell til de nærmeste gjenstander.



Loven om refleksjon

Når vi studerte lysbrytning betraktet vi lys som stråler. Det skal vi også gjøre når vi nå skal studere refleksjon.

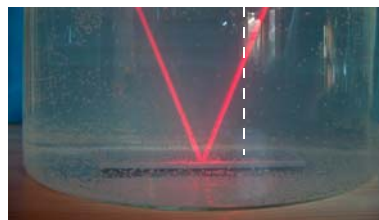
Når lysstrålene treffer et speil eller en annen reflekterende flate, vil de kastes tilbake etter bestemte regler. Dersom vi har et plant speil, vil en lysstråle som faller skrått inn mot speilflaten reflekteres tilbake slik at *innfallsvinkelen* er lik *refleksjonsvinkelen*. *Innfallsvinkelen* er vinkelen mellom den innfallende lysstrålen og en tenkt linje (*innfallssloddet*) som står vinkelrett på speilflaten der strålen treffer. På samme måte er *refleksjonsvinkelen* vinkelen mellom den reflekterte strålen og innfallssloddet.



Disse enkle reglene for refleksjon, er alt vi trenger å vite for å forstå det vi skal ta opp i dette kapittelet.

Ekspiriment: 1 Lysstråler

Legg et lommespeil i bunnen av en flat glassbolle. Fyll bollen med vann og ha i en halv teskje melk til ca. 2 liter vann. Rør godt rundt. Sende en lysstråle med en laserpeker ned mot speilet i bunnen i bollen. Legg merke til retningen til den reflekterte lysstrålen.



La oss konstruere et enkelt eksperiment hvor vi utfordres til å anslå hvordan lysstrålen reflekteres fra speil til speil.

Ekspiriment: 2 Styr refleksene (reflektograf)

Til dette eksperimentet trengs tre eller fire elever, en laserpeker eller en lommelykt, og fire lommespeil i tillegg til en tilfeldig gjenstand i rommet.

Elevene sitter rundt et bord med hvert sitt speil. Legg lommelykta (laserpekeren) på bordet slik at en av elevene kan fange opp lyset fra lykta med speilet sitt. Speilet stilles inn slik at den reflekterte lysstrålen treffer speilet til en av de andre. Speilene stilles slik at lysstrålen kommer innom alle elevene. Den siste retter lysstrålen mot den utvalgte gjenstanden. Studer hvordan speilene må stilles inn for å lykkes med oppgaven.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Figuren til høyre viser en alternativ måte å sette opp eksperimentet på. En laserpeker er festet i et stativ. På baksiden av stativet er en målskive. Speilene, som er montert på dreibare sokler, skal dreis slik at lysstrålen treffer målskiva på baksiden av stativet etter å ha vært innom alle speilene.

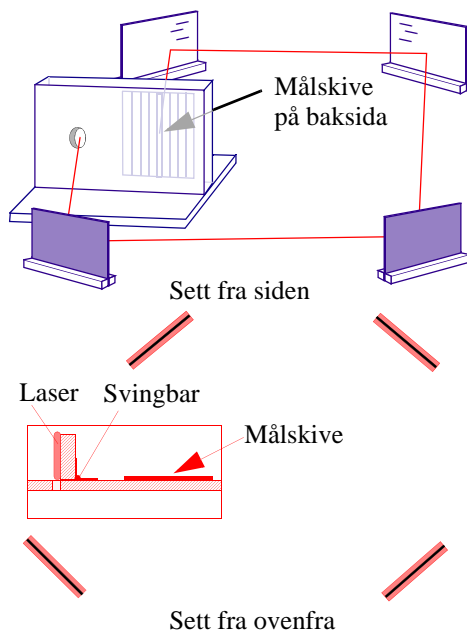
Før laseren tennes, skal elevene stille inn speilene slik de tror de må stå for at strålen skal treffe målskiva.

Dette kan gjøres på flere måter. De fleste vil, etter beste evne, stille inn speilene, for deretter å se hvor nært de kommer målskiva.

En bedre måte er å å sikte gjennom hullet. Dermed kan speilene stilles inn slik at man får et glimt av målskiva gjennom hullet, via de fire speilene.

Eksperimentet egner seg til å trene forståelse for innfalls- og refleksjonsvinkler.

Speil er ofte brukt i butikker for å gi inntrykk av en større butikk eller forsterke følelsen av bugnende disk. Men speil kan brukes til mange andre ting. En anvendelse er som i periskop, som gjennom mange år har vært brukt ombord i undervannsbåter.

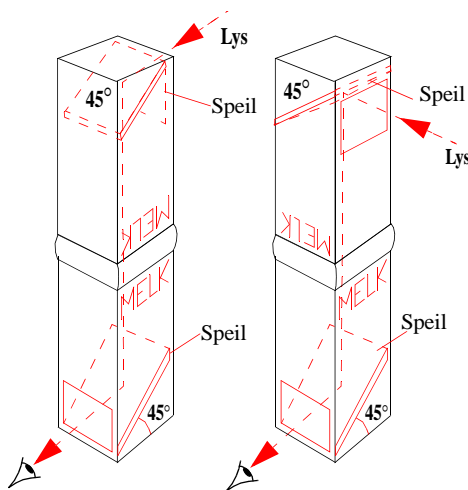


Lag selv: 1

Lag et periskop

Til dette eksperimentet trengs to eller flere melkekartonger, tape og to lommespeil. Skjær toppen av de to melkekartongene og lag to åpninger i siden nær bunnen. Monter et speil i 45° vinkel nær bunnen i hver av kartongene. Bruk tape for å sette sammen kartongene som vist på figuren under.

Nå kan du se over gjerder, rundt hjørner eller over en folkemengde. Hva ser du om du vrir den øverste delen 90° om en vertikal akse? Kan du forklare det du ser?





For en bedre og mer nøyaktig byggebeskrivelse, se [13] a).

Under krigen var periskopet et viktig hjelpe-middel for å se fiendtlige skip uten å gå opp i overflatestilling.

Bildet til høyre er hentet fra en film fra 2. verdenskrig, hvor en av mannskapet ombord i ubåten, ser gjennom periskopet [13] b).

Når periskopene blir lange, vil bildet bli svært lite. Profesjonelle periskop bruker derfor linser for å forstørre opp bildefeltet.

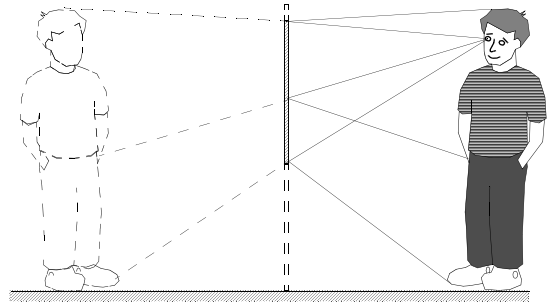


Størrelsen til et helfigur speil

Noen ganger ønsker vi å se oss selv i helfigur, spesielt blir behovet påtrengende når vi skal skaffe oss nye klær eller kle oss til fest. En skulle kanskje tro at en i et slikt tilfelle trengte et speil som gikk fra gulv til hodehøyde. Slik er det imidlertid ikke.

På figuren til høyre har vi forsøkt å vise hvordan dette vil ta seg ut. Vi bruker reglene om reflektert lys. Siden vi ikke kan se i vinkel, vil vi ikke "oppdage" at strålene som treffer øyet er reflektert fra

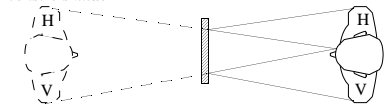
speilet. Det vil se ut som om de kommer fra en person som står like langt bak speilet som vi står foran. Vi legger også merke til at vi kun trenger et speil som er halvparten av vår egen høyde for at vi skal kunne se oss i helfigur. Det er imidlertid viktig at speilet henges i riktig høyde over gulvet.



Fra figuren over er det ikke vanskelig å forstå hvorfor vi ser oss selv rett opp og ned og ikke på hode. Det som er opp forblir opp på bildet i speilet, og det som er ned forblir ned i speilet.

Det er imidlertid ikke like lett å se at bildet i speilet blir speilvendt. Det er lettere å forstå dette dersom vi betrakter situasjonen rett ovenfra, som vist i figuren til høyre. Om vi tenker oss at det står en H på den høyre skuldera og en V på den venstre, så vil vi på speilbildet se at H'en forblir til høyre i bildet og V'en forblir til venstre. Setter vi oss imidlertid i speilbildets sted skjønner vi at det på speilbildets venstre skulder står en H og tilsvarende står det en V på speilbildets høyre skulder. Bildet er altså speilvendt.

Dette er speilbildets venstre skulder



Dette er speilbildets høyre skulder



Speil, speiling og stereoskopisk syn

På bildet til høyre står familien under en rulltrapp. Den skrå undersiden er belagt med speil. Kan du se om trappen heller mer eller mindre enn 45° ?

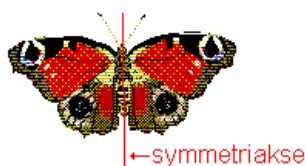
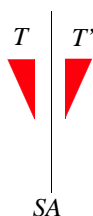
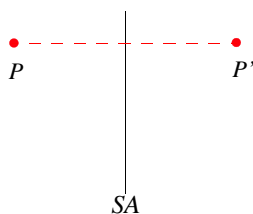
Vi slår fast at vi alle ser oss selv i speilet både titt og ofte, og at det vi ser er et speilvendt bilde av oss selv. Det er derfor svært få av oss som har sett oss selv rettvendt i full størrelse slik andre ser oss. Det er imidlertid mulig å lage speil som ikke speilvender bildet. Det skal vi komme tilbake til om litt.

Før vi går videre skal vi dvele litt ved hva som menes med *speilsymmetri*.



Speil- eller aksesymmetri

Tenk deg en vertikal akse, SA . På den ene siden av akse har vi et punkt, P . Vi trekker en linje fra punktet og vinkelrett inn på akse. Vi forlenger linjen og setter av et punkt P' på linjen, like langt fra akse som P , men på motsatt side. Vi sier punktet P' er symmetrisk om symmetriakse SA .



På samme måte er trekanten T' symmetrisk med trekanten T om symmetriakse SA . Sommerfugler er ofte gode eksempler på aksesymmetri, likeså de fleste dyr og mennesker. I eksempelet over har vi sett på *vertikal* aksesymmetri, det vil si akse er vertikal. Det finnes også mange ting som er symmetriske om en horisontal akse. Et speilbilde av et landskap i vann eller enkelte bokstaver er eksempler på horisontal aksesymmetri som vist på figuren under.

Eksperiment: 3 Halve teksten er borte

På figuren til høyre har vi skrevet tre ord, men halvparten av bokstavene er forsvunnet. To av ordene er skrevet horisontalt og ett vertikalt. Kan du lese hva som står skrevet? Ev. sett et speil langs bokstavene.



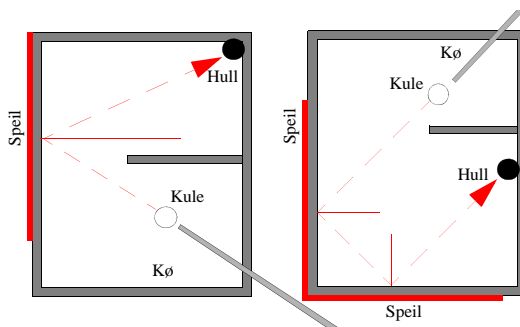
Vi legger merke til at bokstavene i ordene til venstre er aksesymmetriske om en horisontal akse, mens ordet lengst til høyre er symmetrisk om en vertikal akse.



Biljard med speil¹

Vi har tidligere nevnt at en lysstråle som treffer en speilende flate, reflekteres slik at innfallsvinkelen er lik utfallsvinkelen. Imidlertid gjelder de samme lovene for en ball eller en biljardkule som treffer en plan vegg. Det er en kunst å slå en kule inn mot en vegg slik at den treffer et mål etter at den er “reflekteret” fra vegg.

Oppgaven blir imidlertid langt enklere dersom vi setter opp et speil langs veggen. Da er det mulig å sikte mot hullet via speilet.



En kan til og med tenke seg at en kan benytte to speil for å treffe hullet etter to “refleksjoner mot vegg, som vist til høyre på figuren over.

I det neste avsnittet skal vi se hva vi kan gjøre med to speil.

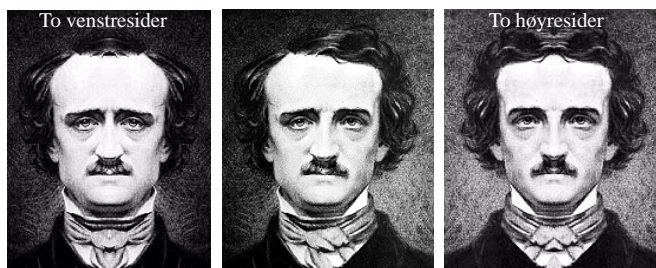
2.1.2 To speil

Vi skal i dette avsnittet skal vi blant annet utforske symmetri ved hjelp av *to* speil.

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 er ofte litt mer alvorlig enn høyre siden.

I 1930 malte **William E. Benton** maleriet “Duality Mirror”, hvor han undersøkte hvordan ansiktet ble dersom det var satt sammen av to høyresider eller to venstresider. Han tok utgangspunkt i et bilde av forfatteren Edgar Allen Poe. Vi har gjentatt eksperimentet her med moderne datahjelpemidler og ser at Poe ikke er helt symmetrisk.



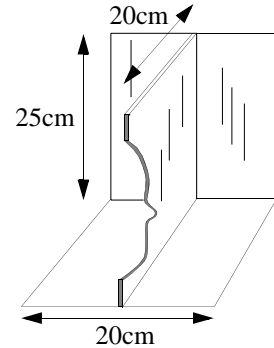
Et lignende eksperiment kan gjøres med speil.

1. Ideen er hentet fra: <http://www.newtrier.k12.il.us/academics/math/Connections/reflection/holein1.htm>



Eksperiment: 4 Speilsymmetri i ansiktet

Til dette eksperimentet trengs tre stykker pleksiglass-speil (ca. 25 · 20 cm). To av platene limes sammen slik at speilflatene vender fra hverandre. Skjær ut en ansiktsprofil med en løvsag i den ene langsiden. Monter platene på en treplate (20 · 20 cm) som vist på figuren til høyre, og monter det tredje speilet på tvers bakerst som vist på figuren til høyre.

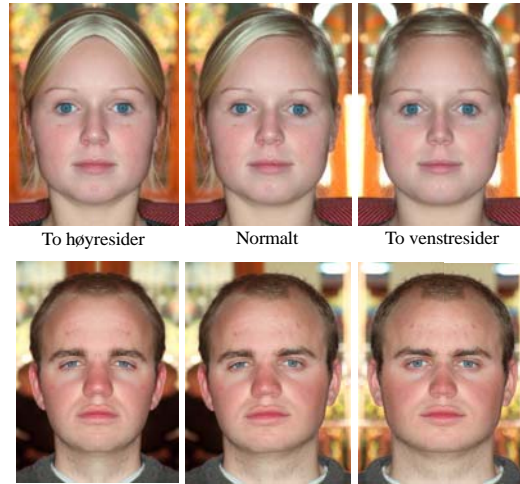


Press ansiktet inn i profilen slik at det ligger an mot midten av panne, nese og hake. Lukk det ene øyet og se på bildet i speilet. Lukker du det venstre øyet, så ser det høyre øyet to høyresider av ansiktet i hjørnespeilet. Lukker du det høyre øyet så ser det venstre øyet to venstresider.

På denne måten kan du ev. avsløre usymmetrier i ditt eget ansikt.

Eksperiment: 5 Avslør usymmetrier i ansiktet ditt

Til dette eksperimentet trenger du et digitalkamera, nødvendig programvare (for eksempel Photoshop) og en printer. Still deg opp foran kameraet og la deg avbilde når du ser rett i kameralinsa. Så legger du bildet over på en PC og klipper ut høyre og venstre halvdel av ansiktet i Photoshop. Ta bildene inn i word eller et annet program som kan håndtere og sette sammen bilder. Speilvend bildet av høyre side av ansiktet. Sett høyrebildet og det speilvendete høyrebildet tett inntil hverandre. Dermed får du et ekstremt symmetrisk ansikt bestående av to høyrehalvdeler. Deretter kan du gjøre tilsvarende for venstre delen av ansiktet. Sammenlign de to ansiktene. Hvilken side liker du best?



Figurenover til høyre viser to eksempler på sammenstilling av to høyresider og to venstresider. En kan vel ikke unngå å bli slått av hvor symmetriske disse ansiktene er, selv om jenta er mer symmetrisk enn gutten.



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



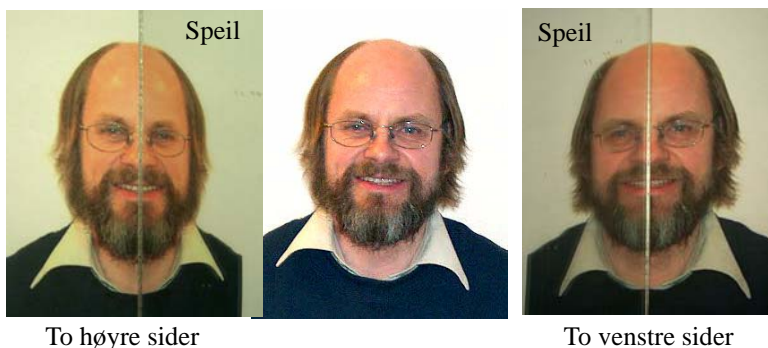
Eneggede tvillingen kan være svært like. Det betyr ikke nødvendigvis at ansiktene deres er mer symmetriske enn hos andre. Det påstås imidlertid at usymmetrien i den ene tvillingens ansikt, er speilvendt i den andres². Så er det bare å finne et tvillingpar og sjekke.

Ekspiriment: 6 Symmetriske ansikter med et lommespeil

Ekspirimentet foran kan gjøres enda enklere ved å bruke et bilde av en person tatt rett forfra og et vanlig lommespeil.

Skriv ut bildet i et format på størrelse med speilet. Plasser speilet vertikalt langs symmetriaksen i ansiktet. Avhengig av hvilken side du setter speilet på så kan du få fram to høyre eller to venstre sider av ansiktet.

Bildet under viser resultatet.



Vi ser at overgangen mellom bilde og speilbilde ikke blir like usynlig som når bildene manipuleres elektronisk. Derimot er det enkelt å eksperimentere med speilet å undersøke hva som skjer når vi dreier speilet litt mot høyre eller venstre som vist på bildene under.



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



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Kanskje ikke så vakkert, men ganske morsomt. Forsøk å beskriv personligheten til personen på bildet til venstre og tilsvarende for personen til høyre. Er det noen forskjell?

Av en eller annen merkelig grunn har vi en tendens til å gjøre hårfrisuren usymmetrisk, ved at vi legger skillen på venstre eller høyre side. Selv om enkelte jenter/damer legger skillen symmetrisk midt etter hodet, så er det vanligst med usymmetrisk skill. Dette har opptatt enkelte.

*En morgen i 1982 oppdaget den 24-årige **John Walter** da han åpnet speildøren på medisinskapet og den ble stående i rett vinkel med baderomsspeilet, at bildet av ham selv i vinkelspeilet ikke var speilvendt, men rettvendt. Han hadde lenge vært opptatt av usymmetrier i sitt eget ansikt, spesielt hvilken side skillen i håret skulle legges. Som hovedfagsstudent i fysikk/matematikk følte han at han ble betraktet som en usikker nerd. Men i speilet kunne han ikke se noe galt med utseende sitt. I speilet satt skillen der den skulle, på venstre side trodde han, helt til han en dag skjønnte at speilet hadde lurt ham og oppdaget at skillen i virkeligheten satt på høyre side. Så han dro kammen gjennom håret og fikk skillen over på venstre side, og voila, ble han Mr. Populær over natten³.*



*Senere fant han ut at de fleste menn la skillen på venstre side, som oppfattes som maskulint og selvsikkert. Menn som derimot legger skillen på høyre side betraktes som følsomme, feminine og som nerder. Kvinner derimot legger gjerne skillen på høyre side. Sterke kvinner som Margaret Thatcher og **Hillery Clinton** legger skillen til venstre. Imidlertid er det litt vanskeligere med kvinner da de skifter hårfasong oftere enn menn.*

John Walter fant stadig støtte for sin nye teori og i 1979 sendte han et brev til Jimmy Carter, som lenge hadde hatt skillen på høyre side, og anmodet ham om å legge om til venstre. Samme vår skiftet Carter side, men det var for sent. Til høyre ser vi Jimmy Carter. Er det noen tvil?!?



Han oppdaget også at Supermann, delte håret på høyre side når han opptrådte som Clark Kent, mens skillen satt på venstre side når han var supermann. Er det noen som fortsatt tviler?

-
3. Vennligst oppfatt denne historien som en god historie, den vitenskapelige gehalten er heller tvilsom, selv om det (selvfølgelig) er oppstått en kultur rundt dette fenomenet i USA ([1] side 356 og <http://www.truemirror.com/hp/hpmtmc.asp>).



Imidlertid strevde John Walter mange år med å finne en brukbar løsning for å lage rettvendte speil uten den skjemmende loddrette stripen som hjørnespeilet vanligvis har. På begynnelsen av 1990-tallet klarte han å løse problemet. Ved å legge det speilende belegget på forsiden av speilet samt å preparere overgangen, klarte han å lage et “fullkomment” rettvendt speil. Speilet har nå vært i salg i over 10 år og har fått mange til å “*se på seg selv på en ny måte*”.

Han skriver:

Typiske reaksjoner hos mennesker som ser seg selv rettvendt for første gang er: “Jeg ser skjeløyd ut”, “Den ene armen min er lengre enn den andre”, “Jeg viste ikke at leppene mine var så skjeve”, “Dette er ikke meg, jeg kan ikke la verden se meg på denne måten”. Noen mennesker elsker disse speilene, andre hater dem. Walter gir derfor to måneder returrett på speilet slik at de som ikke kan komme overens med sitt rettvendte bilde kan få pengene tilbake.

*Den amerikanske psykiateren **Gerald Epstein** som har et rettvendt speil på kontoret sitt, sier at noen av pasientene som ser seg i speilet mister balansen.*

Så hva er det med dette speilet som gjør det så spesielt?

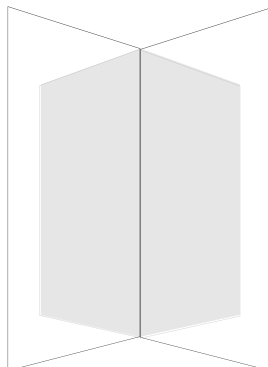
“Krok”-speilet

Vi har valgt å kalle denne for et “Krok”-speil fordi speilene settes i en krok i motsetning til når vi setter sammen tre speil til et hjørne, som vi skal se på senere.



Ekspériment: 7 **En rettvinklet krok av speil**

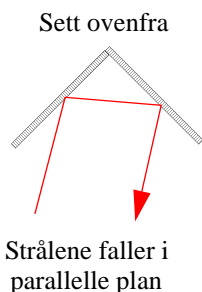
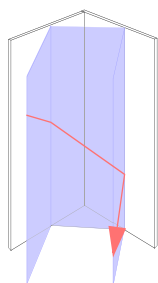
Ta to rektangulære speil, størrelsen er ikke så viktig, men jo større jo bedre. Sett speilene inntil hverandre slik at de danner en rettvinklet krok. Bruk gjerne tape slik at de holder seg i posisjon.



Ser du inn i krokspeilet vil du se et rettvendt bilde av deg selv. Grunnen er at i et felt midt i krokspeilet ser du et speilbilde av et speilbilde, og to ganger speilvendt blir rettvendt.



Speil, speiling og stereoskopisk syn



Forsøker du å bikke hode til høyre, vil speilbildet også bikke sitt hode mot sin høyre side. Kniper du igjen ditt høyre øye, vil speilbildet også knipe igjen sitt høyre øye osv.

Legg også merke til at speilbildet ditt forblir inne i hjørnet selv om du fører hodet fra side til side. Årsaken til dette er, uten at vi skal gå inn i den fullstendige forklaringen, at en lysstråle som faller inn mot speilene reflekteres i et plan som er parallelt med planet som den innfallende strålen ligger i, som

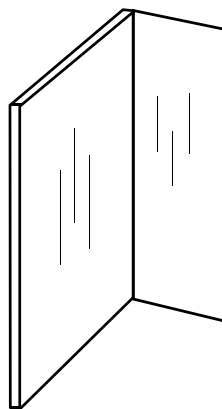
vist på figuren til venstre. Vi har nytte av denne forklaringen når vi senere skal studere hjørnespeilet.

Hva tror du skjer med speilbildet om du legger speilene ned slik at hjørnet blir horisontalt? Du husker hva som skjedde da du bikket hodet til høyre? Speilbildet bikket hodet mot venstre i forhold til deg. Legger du hodet helt over til høyre, vil speilbildet legge hodet helt over til venstre (sin høyre side). Legger du derfor "speilet horisontalt og ser inn i hjørnet, vil speilbildet ditt stå på hode som vist på bildet til høyre.



Eksperiment: 8 Svevespeil

Ved Vitensenteret i Trondheim har vi et stort krokspeil. En stiller seg midt for enden av speilet som stikker ut fra veggen, samtidig som en ser seg selv i det smale speilet rett imot. En lar halve kroppen være synlig.



Har du to helfigurspeil kan du gjenta eksperimentet.



Speilbildet gjengir en hel kropp, det vil si to høyresider. Løfter en høyre bein og høyre arm og vifter med dem vil det se ut som om speilbildet løfter seg og svever over gulvet. Speilbildet blir helt symmetrisk.

Ved Eksperimentarium i København har de skåret en bil på langs og på tvers og plassert den kvarte bilen inne i et krokspeil. Umiddelbart kan det se ut som om bilen er hel, men ved nærmere ettersyn ser en at bilen er underlig symmetrisk.



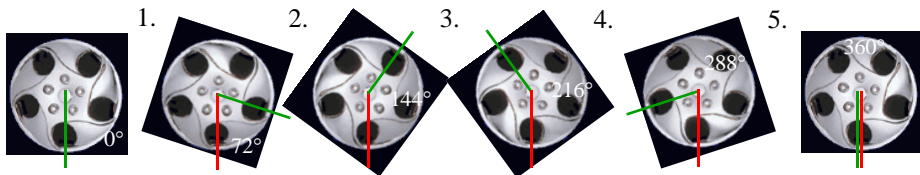
Vinkelspeilet og rotasjonssymmetrien

Så langt har vi benyttet faste krokspeil som har vært plassert i rett vinkel. Nå skal vi se hva vi kan få til ved hjelp av et fleksibelt krokspeil. Det vil si to speil som er sammenføyet langs en kant slik at vinkelen mellom dem kan endres. For enkelhets skyld kalder vi det et *vinkelspeil*.

Skal vi forstå mulighetene med et slikt vinkelspeil, må vi kjenne litt til *rotasjonssymmetriske* mønstre. En hjulkapsel på en bil er et ganske vanlig eksempel på en gjenstand som er rotasjonssymmetrisk.



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



I eksempelet over kan vi dreie kapselen fem ganger, som alle gir samme utseende før den er tilbake til utgangspunktet. Vi sier at dette mønster er 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. Ønsker en en noe mer robust og varig løsning, kan en benytte hengsler som vist på bildet over.



La oss eksperimentere litt med vinkelspeilet.

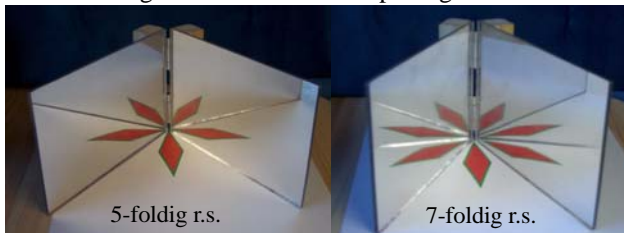


Eksperiment: 9 Lag rotasjonssymmetriske rosetter ved hjelp av vinkelspeil

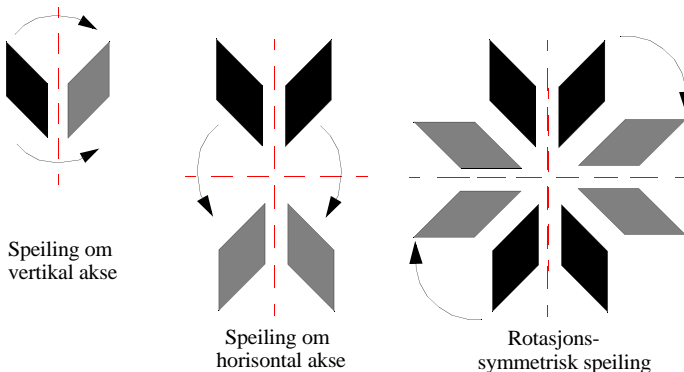
Til dette eksperimentet trengs et fleksibelt vinkelspeil og ulike mønster.



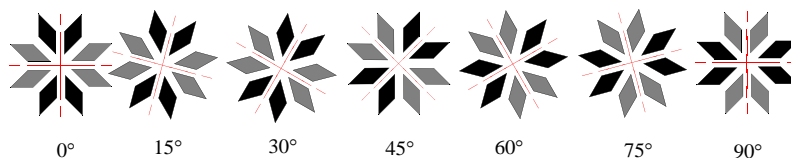
Grunnmønster



Et vinkelspeil egner seg ypperlig til å lage rotasjonssymmetriske mønster. Man lager et grunnmønster. Dernest settes vinkelspeilet inntil grunnmønsteret. Vinkelspeilets åpningsvinkel bestemmer hvor mange ganger mønsteret vil bli gjentatt som vist på figuren til høyre.



Også kjente mønster som 8-bladrosa er rotasjonssymmetrisk. Vi ser at denne er satt sammen av både akse- og rotasjonssymmetrier.



Vi skal nå benytte vinkelspeilet til å framskaffe ulike varianter av den komplette 8-bladrosa ut fra et grunnmønster som vist på figuren under.

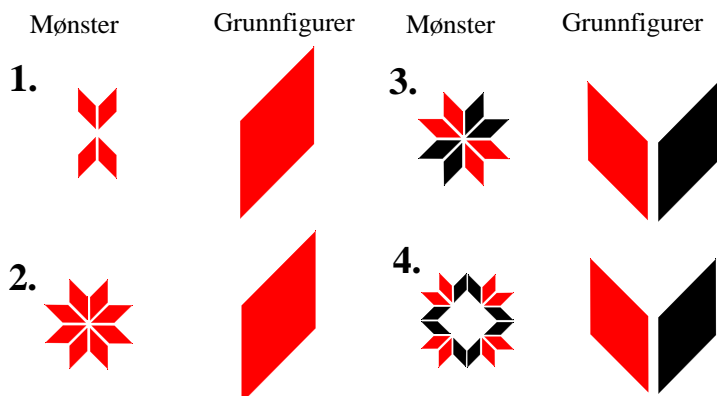
Eksperiment: 10 8-bladrosa

På figuren under sees fire mønstre, og fire grunnfigurer.

Speilet skal åpnes i riktig vinkel og plasseres inntil grunnfiguren slik at det



Ønskede mønsteret framkommer når en ser inn i speilet.

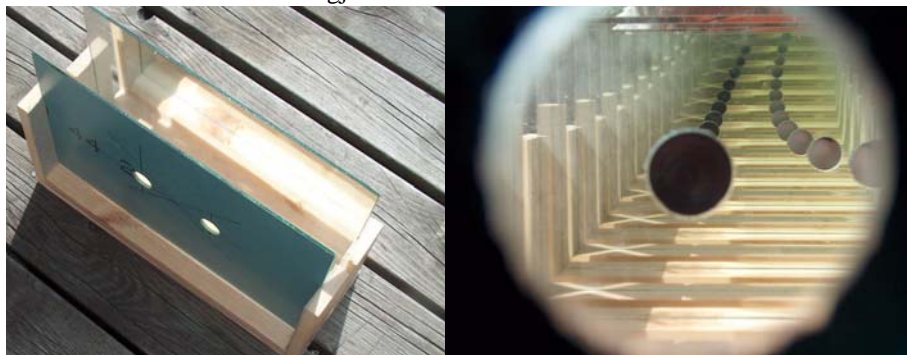


Plasser et vinkelspeil ved grunnmønsteret slik at rosen til venstre dannes i speilbildet.

Løsningen finnes i vedlegg B og en større versjon av mønstrene finnes i vedlegg A.1.

Speil i speil i speil

Som barn har vel de fleste eksperimentert med å speile et speil i et speil. Da vil en få en uendelighet av speilbilder helt til bildene fortaer seg i "uendeligheten". Som oftest vil en se en korridor som vrir seg innover fordi en vanligvis må stå på siden av de to speilene. En kan imidlertid tenke seg at speilene er så store at en kan gå inn mellom dem, eller at det er hull i ett av speilene slik at en kunne se rett innover korridoren gjennom hullene.



Til venstre på bildet over ser vi to speil som er plassert rett overfor hverandre. To hull i det ene speilet gjør det mulig å se gjennom speilet. Bildet til høyre viser hva vi ser når vi ser inn gjennom ett av hullene i speilet.

Ved å bruke halvgjennomsiktige speil kan en slike speilmodell gjøres langt mer spektakulær som vi senere skal se.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Del ansikt med en venn

Bildet under viser en av modellene i Vitensenteret i Trondheim. Den gir deg mulighet til å bytte ut deler av ansiktet ditt med deler av ansiktet til en venn.

Speilet består av speil-striper med speil på begge sider og åpning mellom. Dermed blir det mulig for to personer, som står på hver sin side av speilet, å se litt av sitt eget ansikt, og litt av ansiktet til personen som står på den andre siden.



Er du for eksempel misfornøyd med din egen nese, kan du ved hjelp av dette speilet se hvordan du tar deg ut med nesene til en annen ...

2.1.3 Tre speil som "låser" fast øyet

Vi har sett hvordan vi kan gjøre enkle eksperimenter med ett og to speil. I dette avsnittet skal vi se hva vi kan gjøre med tre speil som danner et hjørne.

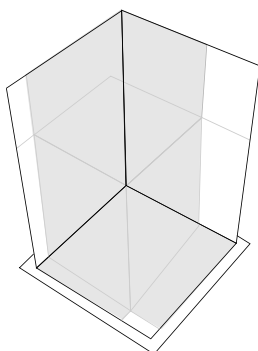
Hjørnespeilet som redder liv

Ved å sette to speil i rett vinkel, har vi oppnådd et rettventt bilde av oss selv inne i den rettvinklede kroken. Bildet forblir inne i kroken selv om vi forflytter hodet fra side til side. Dette skyldes som nevnt at den innfallende og den reflekterte lysstrålen ligger i parallelle plan, uansett i hvilken vinkel den innfallende strålen treffer speilene.

Lag selv: 2

Lag et hjørnespeil

Et hjørnespeil kan lett lages av tre rektangulære speil. Sett speilene sammen slik at de danner et speilhjørne. Bruk tape for å holde speilene på plass

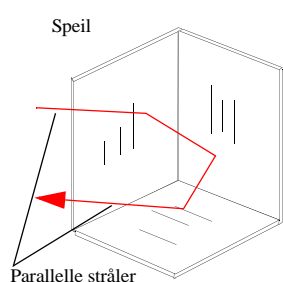


Du vil oppdage at uansett fra hvilken vinkel du ser inn i speilene, så vil ansiktet ditt befinne seg i hjørnet. Dersom for eksempel det venstre øyet ditt er plassert eksakt i hjørnet når du stirrer inn i speilet med begge øynene, så betyr det at det venstre øye ditt dominerer over det høyre, og omvendt.



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

Dersom du beveger hodet fra side til side, vil du oppdage at speilbildet ditt står omtrent i ro inne i hjørnet. Du legger også merke til at speilbildet både er speilvendt og opp ned.



Årsaken til at hjørnespeilet oppfører seg slik, er at lysstråler som treffer hjørnereflektoren og reflekteres i de tre speilene, sendes tilbake i samme retning som den kom fra (se figuren til venstre). Det betyr at bildet av ansiktet ditt reflekteres tilbake til deg, selv om du vrir speilet fra side til side.

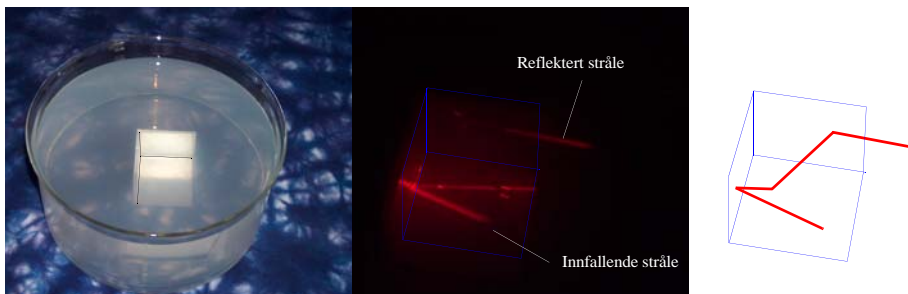
Dette utnyttes blant annet i radarreflektorer som ofte sitter i toppen av masta på småbåter. Disse reflekterer radarsignaler slik at båten oppdages av andre båter. Radarreflektoren har ikke bare en hjørnereflektor, men 8 stykker plassert inntil hverandre. Når radarsignalet treffer reflektoren, vil det reflekteres i den retningen det kom fra og bli fanget opp av radarmottakeren slik at båten blir synlig på radarskjermen.



Har du noen ganger plukket fra hverandre en refleksbrikke? Deler du brikken i to, vil du oppdage at innsidene er dekket av mange små hjørnereflektorer. Trykker du modelleire mot innsiden av refleksbrikken, ser du tydelig hjørnereflektorene. Når lyset fra bilen treffer refleksbrikken, vil lyset gå gjennom den klare plasten og reflekteres fra hjørnereflektorene på innsiden. Siden hjørnereflektoren reflekterer lyset i den retningen det kommer fra, vil bilføreren se refleksjonen selv om brikken svinger fram og tilbake.

Eksperiment: 11 Observasjon av refleksjonen fra hjørnespeil

Til dette eksperimentet trengs tre rektangulære speil. Disse stilles opp som et hjørne og senkes ned i et glasskar med vann. Send en laserstråle fra en laserpeker inn mot hjørnespeilet slik at den treffer alle tre speilene. Tilsett en halv teskje med melk pr. 2 liter vann slik at det blir mulig å se strålegangen i vannet.



Bildet i midten (over) viser innfallende og reflektert stråle. Selve refleksjonsmønsteret er det vanskelig å se. Tegningen til høyre viser hvordan strålen reflekteres.

Hjørnereflektorene på månen:



Under Apollo 11-ferden i 1969 satte astronautene ut rekker av hjørnereflektorer på månen. I alt 100 stykker montert sammen i en holder. De er rettet mot jorda (se figuren til høyre [7] b)), og hensikten var å måle avstanden mellom jorda og månen med stor nøyaktighet. Som vi har sett så vil hjørnereflektorer reflektere lyset tilbake i den retningen det kom fra, selv om det faller skrått inn mot reflektoren. Hjørnereflektorene er derfor ideelle til å reflektere en laserstråle sendt fra jorda, dette til tross for at månen vinkler litt i sin ferd gjennom rommet. Laserstrålen sendes i pulser gjen-

nom et teleskop. Siden det er umulig å se reflektoren ved hjelp av teleskoper kan det være en utfordring å treffe reflektorene på måneoverflata selv om strålen er over 6 km bred når den treffer månen.

Ved hjelp av denne metoden har forskerne ved NASA greid å måle avstanden mellom jorda og månen med en nøyaktighet på ca. 3 cm [7] b). Månenens bane er ikke helt sirkulær, men litt elliptisk (sammentrykt sirkel). Største avstand er målt til 406 720 km (fjærneste *Apogee*), minste avstand til 356 375 km (nærmeste *Perigee*). Middellavstanden er målt til 384 401 km [7] c).

Månen vender stort sett samme siden mot jorda, dog ikke helt. Pga. av tidevann, og gravitasjon fra sola og jorda, så vinkler månen litt på sin ferd gjennom rommet. Dette kalles *librasjon*. Gjennom det nevnte prosjektet er denne vinglingen kartlagt i detalj. De nøyaktige målingene av månenes bane synes å antyde at månen, i liket med jorda, har en flytende kjerne. I tillegg har en funnet ut at månen fjerner seg fra jorda med ca. 3,4 cm i året. Om denne tendensen har vært tilstede fra tidenes morgen, betyr det at månen var ca. 10% nærmere jorden for 1 milliard år siden.

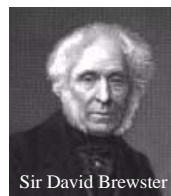
Kaleidoskopet

Men tre speil kan settes sammen på ulike måter, her skal vi se hvordan tre speil montert som sidene i en likesidet trekant gir oss et ganske spektakulær instrument, *kaleidoskopet*.

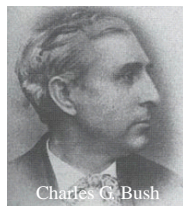


Sir David Brewster, Charles G. Bush og Cozy Baker er uten tvil de som har hatt størst betydning for utviklingen av kaleidoskopet. Ordet *kaleidoskop* stammer fra de greske ordene *kalos* som betyr vakker, *eidos* som betyr utseende eller form, og *skopein* som betyr å undersøke eller granske. Av det kan vi slutte at med et kaleidoskop kan vi *undersøke vakre former*.

Sir David Brewster (1781–1868) var et skotsk vidunderbarn når det gjelder talent for naturvitenskap. Alt som 10-åring bygget han sitt eget teleskop og som 12 åring ble han tatt opp ved universitetet i Edinburgh. Hans hovedinteresse var optikk og den delen av fysikken som omhandlet lys. Han var primært eksperimentell fysiker og ikke teoretiker. I 1813 oppfant han kaleidoskopet som ble mottatt med entusiasme. Han søkte og fikk i 1816 også innvilget et patent på kaleidoskopet [8] a), et patent han fikk liten glede av. Han regnes også som den som fant primærfargene rød, blå og grønn som kan danne basen for blanding av de øvrige fargene.



Sir David Brewster



Charles G. Bush

Det var imidlertid ikke mange som laget kaleidoskoper. I mange år var det bare **Charles Green Bush** (1825–1900) som laget denne typen instrumenter. Han var opprinnelig fra Prussen, men immigrerte til Boston i 1847. Han produserte en rekke modeller for bruk blant folk flest og som senere er blitt verdifulle samleobjekter. Instrumentet besto av tre speil montert inne i et rør som var festet til en dreid trefot. Foran var det et utskiftbart og dreibart kammer som kunne inneholde fargede glass- og metallbiter som gjorde bildet fargerikt og spektakulært.

Også Bush fikk innvilget et patent på en variant av kaleidoskopet. Hans spesialitet var små ampuller med farget væske som ble plassert inne i kaleidoskopet og som ga spesielle effekter.

En tredje person som har betydd mye for kaleidoskopets utbredelse de seneste 20 årene er **Cozy Baker**. I 1985 var hun den første som skrev bok om kaleidoskopet og dets historie (*Through the Kaleidoscope*). I denne boka introduserer hun leseren til over 40 artister som har utviklet og brukt kaleidoskoper av ulike typer. I 1986 etablerte hun *Brewster Society*, en forening for designere, samlere og elskere av kaleidoskopet. I 1990 ga hun ut en ny utvidet utgave av boka. Senere er det også gitt ut kalendere og andre artikler, og laget utstillinger med kaleidoskopiske motiver.



Cozy Baker



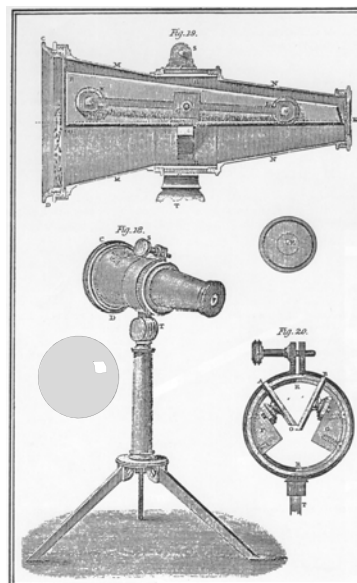
Speil, speiling og stereoskopisk syn

Bildet til høyre viser en skisse av et av Charles Bush kaleidoskoper.

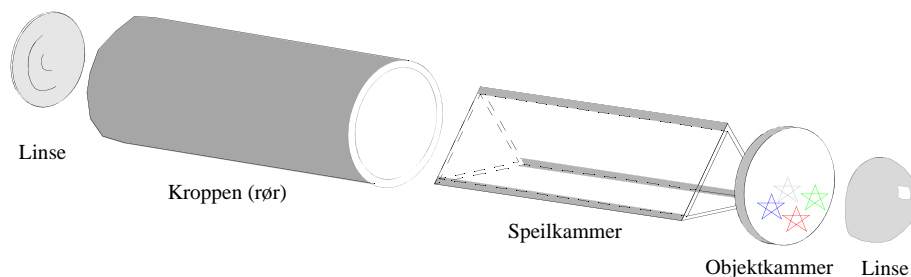
Kaleidoskopetsoppbygning

Kaleidoskoper består hovedsakelig av fire deler [2]:

1. Ei linse eller en åpning der vi plasserer øyet for å se inn i kaleidoskopet.
2. Kroppen til kaleidoskopet, kan være et rør som er montert i en holder.
3. Speilkammeret består vanligvis av tre plane speil plassert i en likesidet trekant, men kan, som vi skal se, ha flere speil, plassert på ulike måter.
4. Objektkammeret kan være en liten sylindrisk beholder som kan inneholde små fargedeløse gjenstander. Det kan være perler, farget glass og metalbiter eller andre ting. Alternativt kan en montere en halvkulelignende linse og la omgivelsene skape variasjon i bildene.



Figuren under viser de ulike delene av kaleidoskopet.



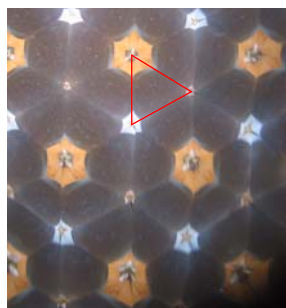
Figuren under viser et enkelt kaleidoskop med alle deler unntatt objektkammeret.



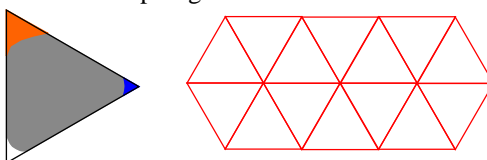


Speil, speiling, og stereoskopisk syn

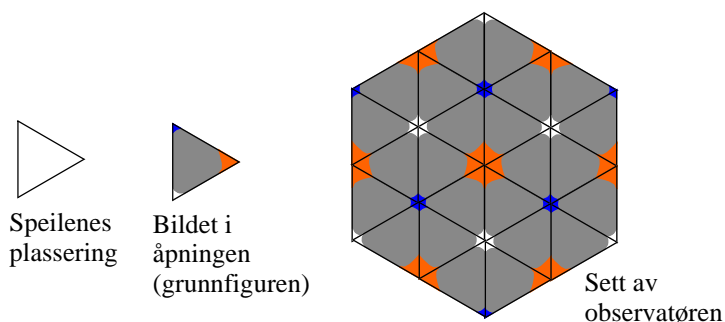
Dette vesle kaleidoskopet har tre speil. Lys og farger i omgivelsene gir opphav til bilder av typen som vist under.



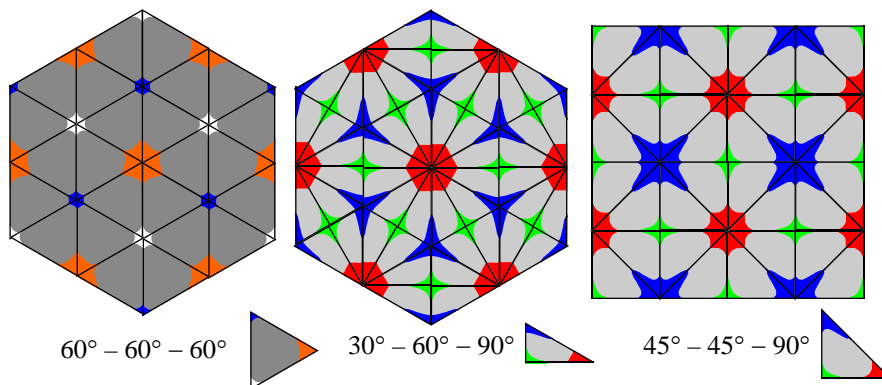
La oss se nærmere på strukturen i bildene. Bildet til høyre er relativt enkelt å analysere. Her ser vi tydelig trekantene. Hver trekant er en gjengivelse av grunnmotivet ved enden av kaleidoskopet. Grunnmotivet blir så speilet i det uendelige mellom de tre speilene i kaleidoskopet. Vi antar at grunnmotivet som kommer inn gjennom åpningen ser ut som vist på figuren under til venstre.



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

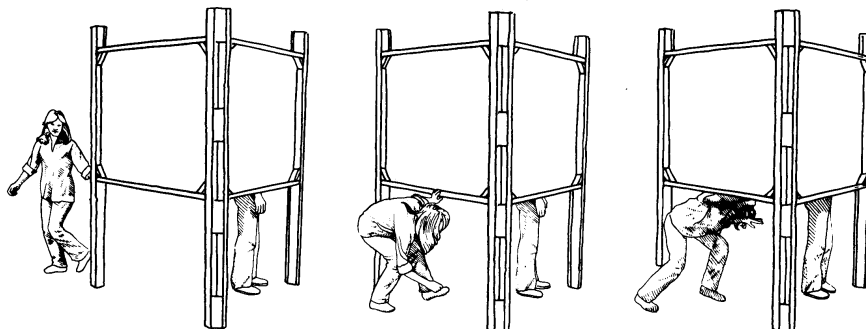


Når speilene i kaleidoskopet er plassert i en likesidet trekant, kaller vi det et $60^\circ - 60^\circ - 60^\circ$ kaleidoskop. Gradtallene angir vinklene mellom speilene. En kan også tenke seg å sette de tre speilene i andre vinkler som vist på figuren under [2].



Se vedlegg

Ved mange Vitensenter er det laget store kaleidoskop som publikum kan stå inne i. Det finnes mange ulike varianter, men den vanligste er kanskje den som er vist på figuren under.



Det er en slik modell vi har ved Vitensenteret i Trondheim. Bildet viser hva en ser når en stiller seg opp inne i modellen.

Noen vitensenter, som for eksempel Teknorama i Stockholm har et trekantet rom, hvor veggene går helt ned til gulvet. En av veggene er en dør som kan åpnes slik at en kan gå inn i rommet. I vitensenteret i Shanghai er det plassert et kamera inne i kaleidoskopet slik at de som står utenfor kan se hvordan det tar seg ut på innsida.



Eksperiment: 12 Kaleidoskop med seks vegger

Dette kaleidoskopet består av seks speil plassert i en regulær sekskant som



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

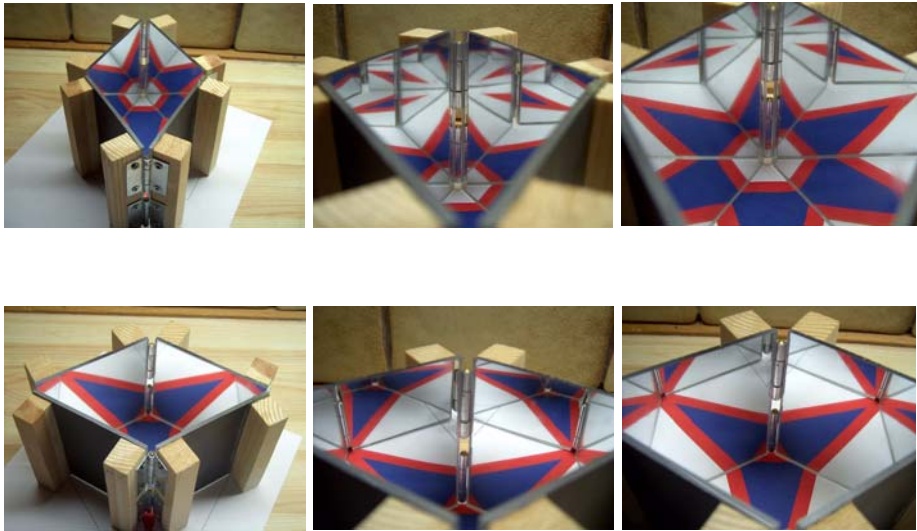
vist på figuren under. Ved å legge inn en passende figur kan vi studere hvordan mønsteret reflekteres innover i speilene.



Ser vi på skrå over kanten til et av speilene, vil vi oppdage at mønstrene i “speil-rommene” vi ser i ett av speilene ikke harmonerer med mønstrene i “speil-rommene” i nabospeilet. Det blir uansett et fascinerende mønster.

Eksperiment: 13 Kaleidoskop med fleksible vegger

Dersom en virkelig ønsker å eksperimentere kan en legge inn hengsler mellom speilene, på den måten kan formen på “speil-rommene” endre form.

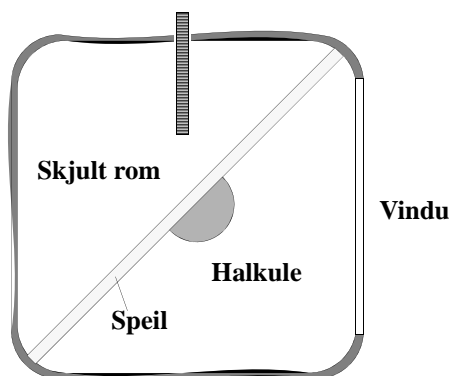
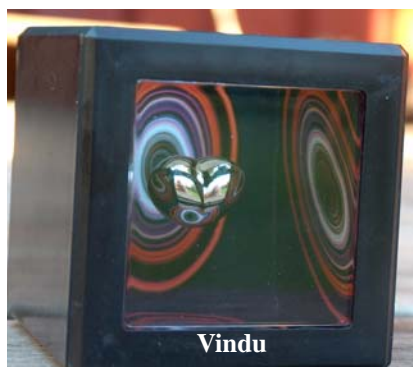




Speil, speiling og stereoskopisk syn

Magikerens speil

Mang en magiker har nok med hel benyttet speil for å lure sitt publikum. Det publikum ser som en åpning eller et hulrom er reflekser i et speil. Et slikt falsk hulrom kan lett skapes ved hjelp av et skråstilt speil som vist i figuren under.



Når vi ser inn i boksen gjennom det lille vinduet i den ene siden, får vi følelsen av å se et fullstendig terningformet rom inne i boksen. Midt i rommet svever en kule, eller et hjerte som vist på bildet over til venstre. Toppen av boksen har en spalte som det kan slippes mynter gjennom som i en sparebøsse. Slipper vi inn en mynt, vil den imidlertid ikke dukke opp i vinduet som en skulle tro, men forsvinne.

Forklaringen er at et skråstilt speil gjør at halvparten av det vesle terningformede rommet er et speilbilde. Bare halvparten av rommet er virkelig. Bak speilet finner vi et annet skjult rom hvor myntene gjemmer seg.



2.1.4 Halvgjennomsiktige speil

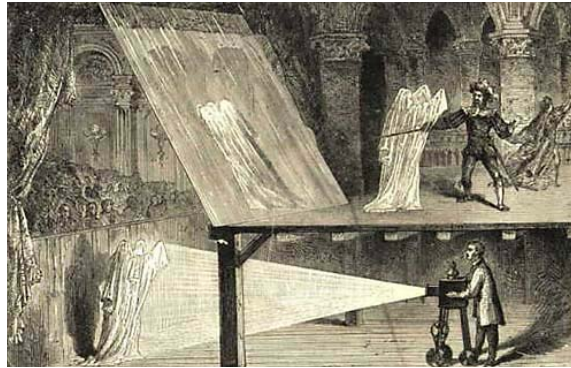
Peppers spøkelse

I 1863 ble det skrevet teaterhistorie, det var første gang en klarte å vise et gjennomsiktig "spøkelse" på en engelsk teaterscene.

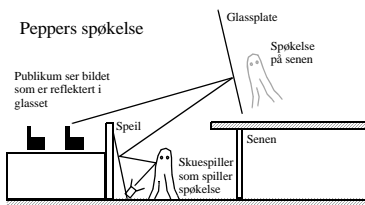


Det var i 1862 at kjemiprofessor **John Henry Pepper** (1821–1900) ved “London's Royal Polytechnic Institution” fikk i oppdrag å lage et “troverdige” spøkelse på scenen. Spøkelset skulle bevege seg fritt og gå tvers gjennom skuespillerne, og skulle ikke la seg affisere av at skuespillerne stakk korder gjennom det.

Oppdraget ble gitt i forbindelse med oppsetningen av stykket “The ghost”. Pepper løste oppgaven meget elegant, sannsynligvis på bakgrunn av **Henry Dircks'** eksperimenter i lite format. Henry Dirck var den gang bygningsingeniør i Liverpool.



En stor tyynn, nesten gjennomsiktig duk” ble strukket på skrå opp i framkant av scenen. Under scenen sto en kraftig lyskaster som belyste “spøkelset” utkledd med laken foran en vegg i orkestergraven foran scenen. Lyset fra “spøkelset” ble så reflektert opp på duken, hvor det materialiserte seg som et gjennomsiktig bilde. For publikum så det ut som om spøkelset befant seg midt blant skuespillerne på scenen. For at dette skulle la seg gjøre, var en avhengig av dempet belysning på scenen, og at det var helt mørkt i salen.



En mer realistisk og bedre løsning er vist på figuren til venstre. Her benyttes et ekstra speil nede i orkestergraven [9] b).

Et av problemene den gang var at det var vanskelig å knytte stemmen til spøkelset til det stedet på scenen hvor publikum syntes å se framtoningen.

I starten samarbeidet Pepper og Dirckes, men samarbeidet tok brått slutt da Dirckes mente at Pepper bokstaveligstalt hadde ført ham bak lyset vedrørende denne praktfulle oppfinnelsen. I boka *The thru History of the Ghost*, som ble utgitt i 1890, forteller Pepper detaljene om framstillingen av spøkelset og hans versjon av historie om det som skjedde mellom ham og Henry Dirckes.

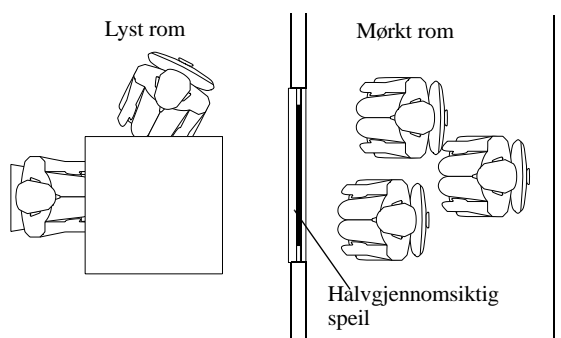
Senere er lignende teknikker benyttet blant annet Coppolas versjon av *Dracula*. Også **Alfred Hitchcock** brukte denne effekten i sin første lydfilm *Blackmail* [9] a). Også Disney-world har benyttet denne teknikken for å få fram spesielle effekter i sine spøkelsesscenarier.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Halvgjennomsiktige speil brukes i mange sammenhenger. Mest kjent er kanskje speilet brukt når et forskersteam ubemerket ønsker å observere en forsøksperson. Det være seg et barn som leker eller en pasient som blir intervjuet. Forsøkspersonen vil oppfatte det halvgjennomsiktige speilet som et vanlig speil, mens observatørene som sitter på den andre siden vil oppfatte det halvgjennomsiktige speilet som et ordinært vindu.



Hemmligheten er forskjellen i belysning i de to rommene. Sett fra det lyse rommet vil refleksene i glassvinduet dominere over det svake lyset som slipper igjennom fra det mørke rommet. Dermed vil det halvgjennomsiktige glasset bli et speil sett fra denne siden. Sett fra det mørke rommet vil det være lite lys som reflekteres slik at det lyset som slipper gjennom fra det lyse rommet vil dominere og det halvgjennomsiktige glasset vil være transparent og oppføre seg som et vindu.

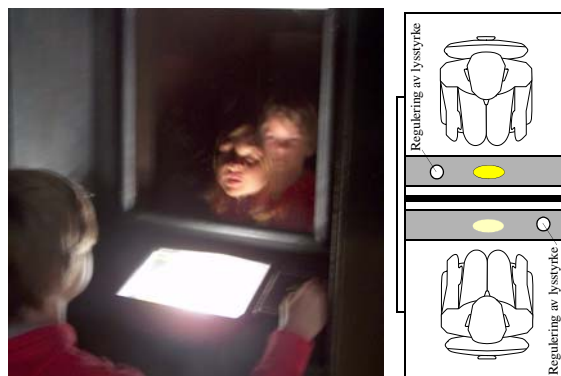
Dersom vi slukket lyset i det “lyse rommet” og tente lyset i det “mørke rommet”, ville glasset blitt gjennomsiktig den andre veien.

Det er den samme effekten som gjør at det er vanskelig å se inn gjennom vinduet hos naboen en formiddag når sola skinner, mens en om kvelden ser hver minste detalj inne hos naboen når det er lyset inne og mørkt ute. Denne effekten utnyttes i “trollspeil”.

Trollspeilet [10] a)

Ved Vitensenteret i Trondheim finnes et kabinett som er delt i to avlukker. Et halvgjennomsiktig speil er plassert mellom de to avlukkene. Hvert avlukke har en lyskilde som belyser ansiktet til den som sitter i avlukket. Ved å regulere lysintensiteten på ansiktene, kan de to veksle mellom å se sitt eget eller den andres ansikt. Effekten blir spesielt dramatisk idet de to ansiktene glir over i hverandre. Kabinettet går under betegnelsen *Trollspeil*.

Bilde over viser hvordan dette kan ta seg ut.



Speiling og bokstavsymmetri

Hos en glassmester kan en skaffe seg biter av halvgjennomsiktig speil for en billig penge. Ved å montere en rektangulær speilbit i en holder slik at den kan stå på et bord, kan vi utføre noen enkle eksperimenter for å demonstrere vertikal speilsymmetri hos bokstaver.



Ekspériment: 14 Hemmelig speilskrift

To tekster er skrevet ut på et ark som vist på figuren under.

Tekst 1

ITAM TAM E KK

Tekst 2

T AH IV R DE
M T U K L ED
I T MO GE E R

Oppgaven går ut på å plassere det halvgjennomsiktige speilet på tvers av tekstlinjene slik at en ved hjelp av speilet kan lese hele teksten. Teksten skal dels leses i speilet og dels gjennom speilet. Bruk ekstra lys på baksida av speilet om det er vanskelig å se bokstavene som befinner seg der.



Tekst 2

Figuren over viser resultatet når vi plasserer det halvgjennomsiktige speilet på tvers av linjene og teksten bak speilet er belyst akkurat passe.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

På figuren under har vi antydnet hvor speilet må plasseres og hva vi da kan lese i speilet.

Speilet settes omtrent her

ITAM	TAM	E	KK
		Matematikk	
T	AH IV		R DE
	M T U		K L ED
	I T MO		GE E R

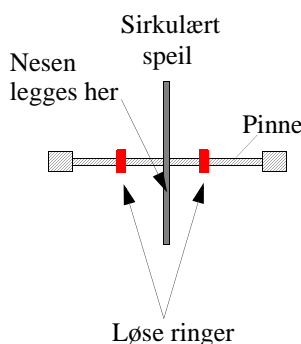
Vi har det kult med geometri

Bokstavene som leses som speilbilde er speilsymmetriske om en vertikal akse, slik at de blir like når de speiles. Bokstavene på baksiden av speilet leses gjennom speilet. Disse bokstavene blir ikke speilvendt og trenger derfor heller ikke å være speilsymmetriske.⁴

2.1.5 Speil som visuell tilbakemelding på bevegelser

"Ringspeil"

På bildet ser vi et sirkulært tosidig speil montert i en holder. En pinne går gjennom speilet. To ringe er tredd inn på pinnen, en på hver side av speilet.



Først plasseres de to ringene på rundstokken, i forskjellig avstand fra det tosidige speilet.

Deretter er det meningen at en skal plassere nesetippen mot kanten på speilet, for så å ta tak i ringene en ser.

Dette er ikke så lett som en skulle tro, da en blir forvirret av at bare to av de fire ringene en ser er ekte.

Når en tar i den ene ringen, prøver hjernen å koordinere bevegelsene. Den

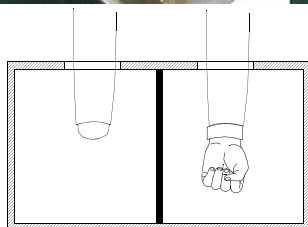
tror at den andre ringen befinner seg i samme avstand på den andre siden av speilet. Det den ser er derimot bare et speilbilde, og en må famle seg fram til den "virkelige" ringen med den andre hånda.

Denne modellen viser både hvordan hjernen prøver å systematisere inntrykk, og hvor avhengige vi er av å se det vi utfører.

4. Etter en idé av Cato Tveit ved høyskolen i Stavanger.



Speilkassen og fantomlemmer



Ved Trinity Collage Dublin og ved Dublin City University har man gjort bruk av en såkalt speilkasse for å utforske og behandle menneskser som har fått amputert den ene hånden eller underarmen [11] a).

Kassen er uten lokk og delt i to rom ved hjelp av et dobbelt speil. To hull fører fra siden av boksen og inn i hvert av rommene. Under forsøket stikkes armene inn i kassen gjennom hullene. Rommet hvor den skadde armen befinner seg, kan stenges av for innsyn ved hjelp av et klede.

Speilkassen ble først brukt av nevrologen **Vilayanur Ramachandran** blant annet for å undersøke fantomsmerter hos mennesker med en skadet eller amputert arm.

Personer som har fått amputert en hånd, en arm eller en fot, plages ofte av smerter eller følelse i det amputerte lemmet. Andre plages av projiserte smerter til andre deler av kroppen [11] c).

Har en person for eksempel amputert sin høyre hånd, stikkes armene inn i speilkassen gjennom hullene. Rommet med den amputerte hånda tildekkes. Personen ser nå sin friske venstre hånd sammen med et speilbilde av hånden. Dette gir en illusjon av en frisk høyre hånd. Bildet gir hjernen en visuell tilbakemelding om to friske lemmer. Mange av Ramachandran pasienter (4 av 5) har rapportert redusert ubehag i det amputerte lemmet når de brukte speilkassen.

Teorien går ut på at hjernen forventer nevralt respons fra alle kroppens ulike deler. Når slik respons uteblir vil hjernen selv fremkalle den, dessverre ofte i form av smerte. Selv en illusjon av en visuell respons synes å avhjelpe behovet for egengenerert respons, og dermed reduserte smerter [11] b). Dette er foreløpig en teori som er under uttesting.

2.2 Sylindriske og koniske speil

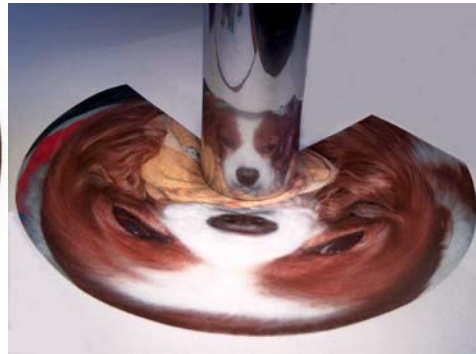
Anamorfe bilder

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



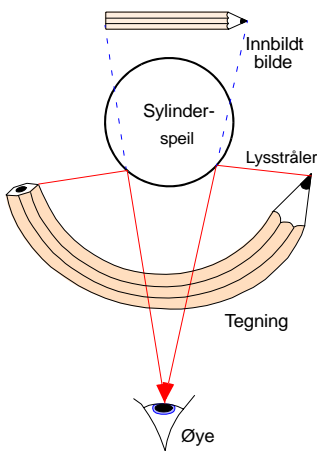
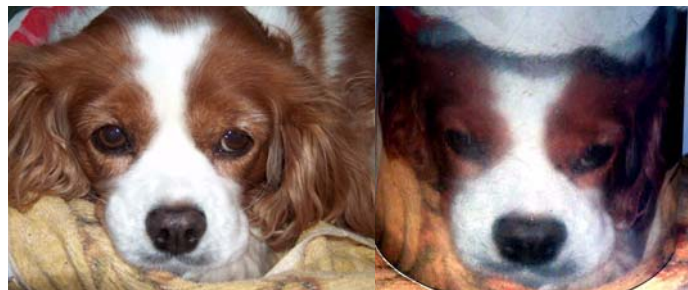
Speil, speiling og stereoskopisk syn

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 et enkelt 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 forvrengt blyant i speilet. Vi har i stedet tegnet en svært fordreid blyant på papiret, slik at den blir riktig når vi ser den i det krumme speilet.

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



Gjennom middelalderen preget den Bysantiske tradisjonen malerkunsten. Denne tradisjonen hadde sterke religiøse understrømmer og omfattet blant ikon-tradisjonen⁵. Kunstnerne malte “flate” bilder uten perspektiv. Noen mener 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 etterhvert et langt mer realistisk uttrykk som vi ser av **Piero della Francesca**s maleri *La Citta Ideale* fra 1470.



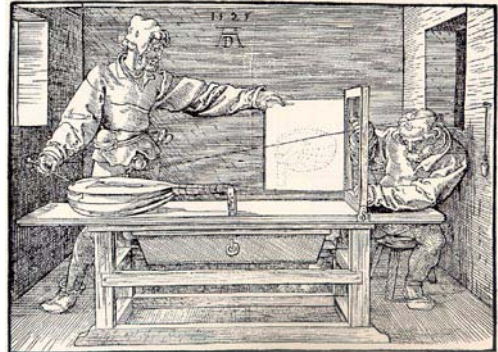
Maria-ikon fra tidlig 1200-tall



“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 benyttet.



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



Copyright © 2012 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) *Ambasadørene* fra 1533 [12] c).

Ved føttene til de to “ambasadørene” (*Jean de Dinteville* og *Georges de Selve*) er 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 forvrent 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 [12] c).



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. Sett rett på gjengir bildet et landskap med mennesker jorder og hus.





Speil, speiling, og stereoskopisk syn

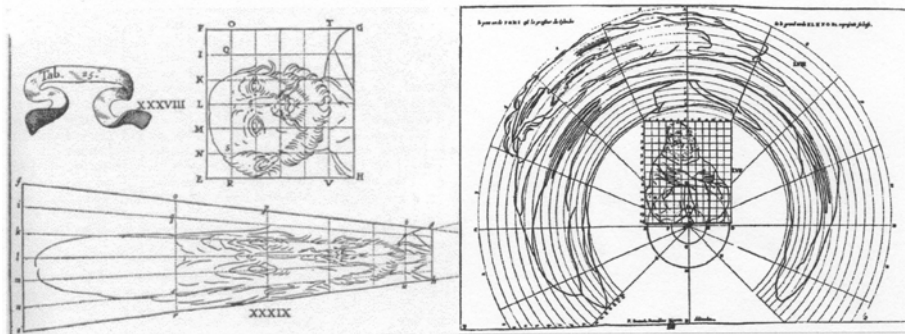
Bildet over gjengir Edward VI i anamorfe form. Bildet er laget av **William Scrots** (virkeperiode 1537-1553), som enten kan betraktes skrått fra siden eller ved hjelp av et speil som holdes på skrå ved enden av bildet. Siden bildet er rektangulært så vil det få en trapesform når vi ser på det i speilet.



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 istand til å gjengi former som var langt mer komplekse en 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 Nicéron** en bok med navnet *Thaumaturgus Opticus*, eller fritt oversatt: *Framstilling av optiske mirakler*.

Følgende to figurer er hentet fra boka. 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. Tilslutt overføres tegningen rute for rute fra det kvadratiske til det anamorfe rutenettet.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Framgangsmåten for framstilling av anamorfe bilder strukket ut i lengderetningen er beskrevet i detalj i [12] d).


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–) [12] e).

2. – 11. mars 2001 ble det holdt en utstilling ved “*The Art Center Washington, Tyne & Wear*”. Utstillingen presenterte en rekke teknikker og eksempler på anamorfe bilder. I tillegg ble det tilbudt et dataprogram for å eksperimentere med slike bilder. Programmet er utviklet av **Phillip Kent**⁶ og er fritt tilgjengelig på nettadressen⁷:

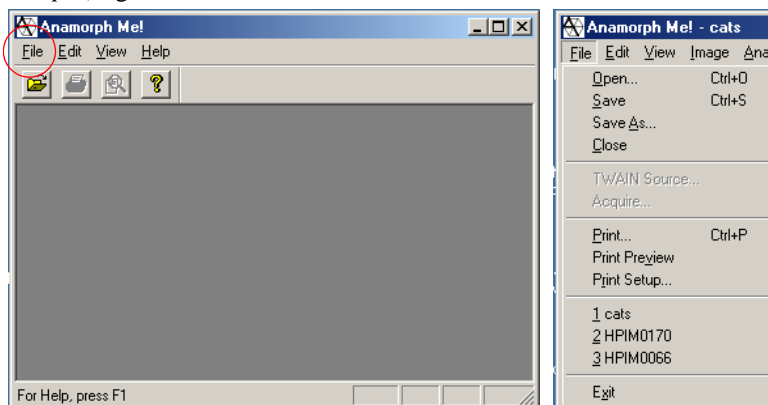
<http://myweb.tiscali.co.uk/artofanamorphosis/software.html>.

Vi skal i de neste eksperimentene bruke programmet på egne bilder.

Eksperiment: 15 Sylindrisk anamorfe bilder

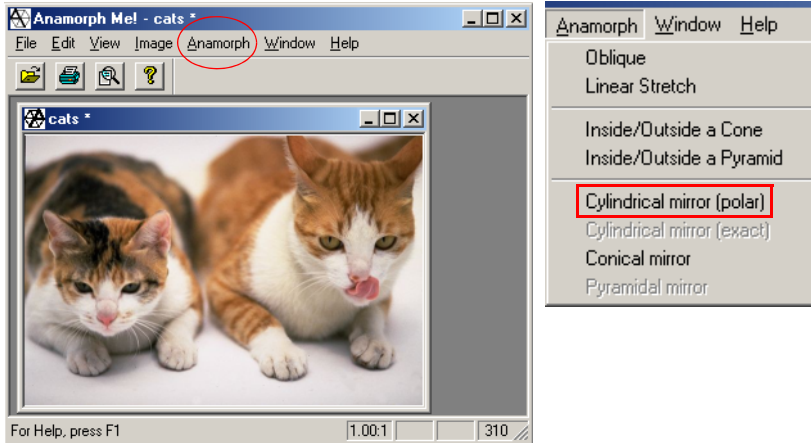
Last ned programmet og legg det i en egen katalog, for eksempel *Anamorph me*. Pakk ut programmet ved hjelp av *unzip.exe* og legg det utpakkede programmet i den samme katalogen. Programmet kan nå startes fra den samme katalogen ved å trykk ikonet . Programmet kommer opp med en menylinje og et arbeidsfelt.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

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 “anamorfering” av bildet. I lista under har vi kort omtalt de ulike valgene.

6. Phillip Kent kan kontaktes via e-post: p.kent@ioe.ac.uk. Vennligst kontakt Kent dersom programmet brukes offentlig.
7. For detaljert prosedyre for nedlasting og installasjon, se vedlegg E.



- **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 slik at det kan ses korrekt i et sylindrisk speil plassert midt i bildet.
- **Conical mirror**
Bildet omdannes til en form slik at det kan sees korrekt i et kjegleformet speil plassert midt i bildet.

Bildeserien under viser resultatet om 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.

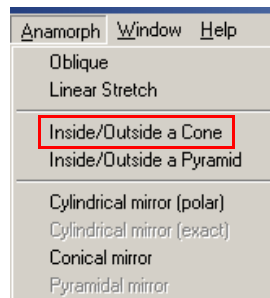


Speil, speiling og stereoskopisk syn

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.

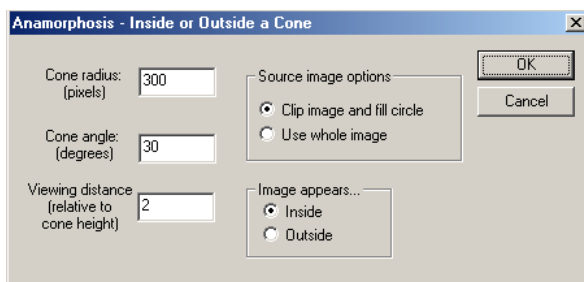
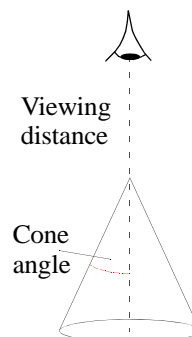
Ekspiriment: 16 Konisk anamorft bilde

I dette eksperimentet skal vi lage et bilde som blir riktig når vi former det som en kjegle og ser 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**
Som angir radiusen på kjeglen i antall pixel.
- **Cone angle**
Som 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 kjegleens 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.



Opprinnelig bilde



Anamorft bilde



Gjenskapt bilde

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

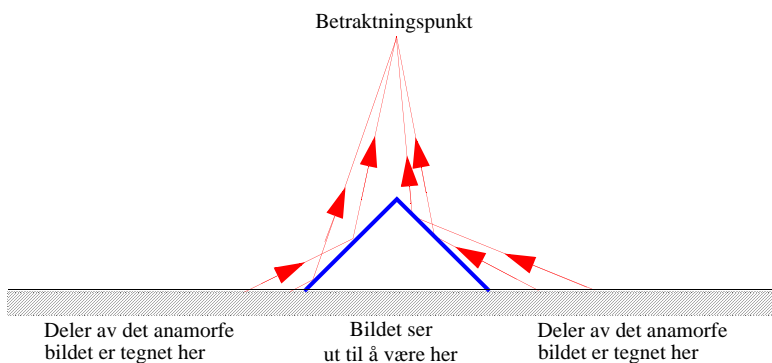
Fotografert fra siden blir kjeglen som vist i figuren under.

Tilsvarende kan vi omforme et bilde slik at det ser riktig ut når det formes som en 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 benytte *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.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Bildet over viser hvordan lysstrålene reflekteres fra det anamorfebildet via speilet og treffer observatørens øye.

Vi antar at 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

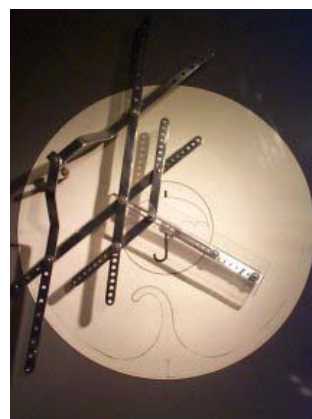


Enkle strektegninger beregnet for å beskues ved hjelp av koniske speil kan imidlertid framstilles ved hjelp av mekaniske pantografer. Figuren under viser en slik pantograf.

Figurene over er hentet fra [12] f) og gjengitt med tillatelse av Phillip Kent.

Har så dette noen praktisk betydning?

En 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 syklisten, er det ikke uvanlig at selve symbolet er strukket ut i lengderetningen.



Symbolet sett fra sykklstens synsvinkel

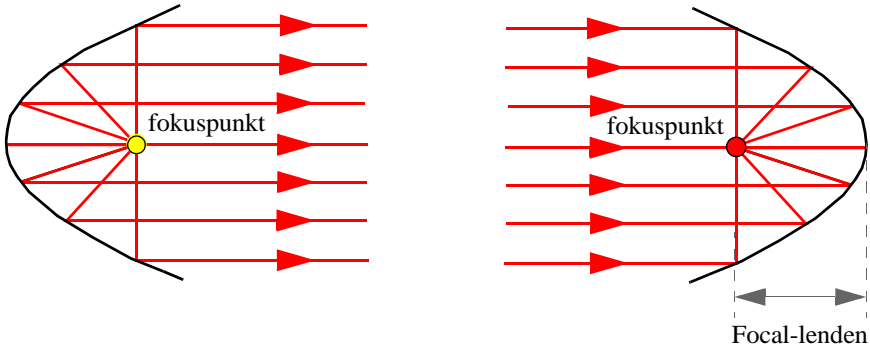


Symbolet sett rett ovenfra



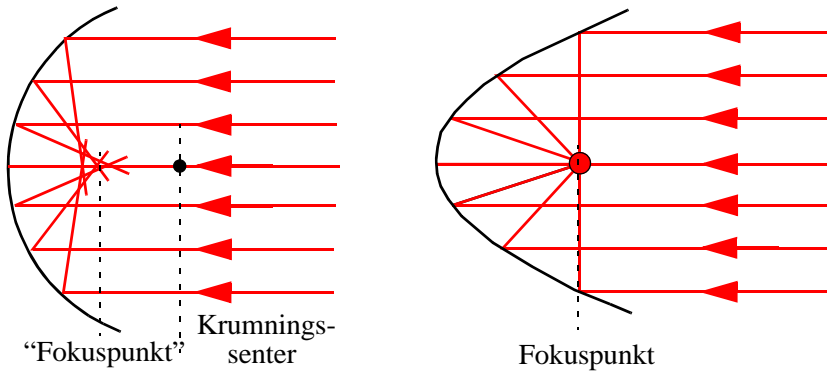
2.3 Paraboliske speil

Paraboliske speil brukes i mange sammenhenger. De fleste forbinder det sannsynligvis med reflektoren i lykter og lyskastere og parabolantenner. Den viktigste egenskapen til et parabolisk speil eller en parabolantenne er at parallelle lystråler som treffer parabolen samles i et punkt, fokuspunktet. Tilsvarende vil lys eller radiobølger som stråler ut fra fokuspunktet sendes ut som parallelle stråler (lyskaster). Avstanden fra speilets senter og til fokuspunktet kalles speilets *focal-lengde*.



I dette avsnittet skal vi både se på vanlige og uvanlige anvendelser av paraboliske speil. Men la oss først undersøke hvordan det virker som speil.

Ofta er det lettere å lage et sfærisk speil, det vil si speilflaten er et utsnitt av en kuleflate, enn et parabolisk speil. På figuren under har vi vist hvordan strålene som treffer speilet ikke samles i et punkt, men langs senterlinjen. Dersom en bare tar ut en liten del av sfæren og parabolen vil de være ganske like.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Dersom vi ser inn i et parabolspil (eller et sfærisk spil), vil vi oppdage noe merkelig. Dersom vi stiller oss slik at øyet vårt befinner seg omtrent i fokuspunktet (brennpunktet) vil bildet av øyet eller hode fylle hele speilet. Beveger vi oss nærmere enn fokuspunktet vil ansiktet avta i størrelse jo nærmere vi kommer og etterhvert innta omtrent normal størrelse. Speilet vil i denne avstanden oppføre seg omtrent som et vanlig plant spil. Dersom vi beveger oss bort fra speilet utenfor fokuspunktet, vil også bildet avta i størrelse, men nå er bildet opp ned.

Ser vi på speilbildet av andre som står foran et sfærisk spil, kan vi få de merkeligste forvrengninger som vist på bildet til høyre.

Skal vi forstå hvordan speilbildet oppstår i et parabolspil må vi kjenne noen enkle regler for hvordan lyset reflekteres i et slikt spil.

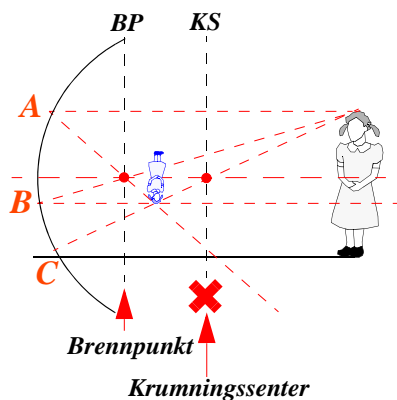
Siden vi på Vitensenteret har et sfærisk spil, velger vi å omtale det i den videre diskusjonen.



Det sfæriske speilet ved Vitensenteret

2.3.1 Hulspeilets merkelige verden

For et sfærisk spil gjelder følgende⁸:



A) Stråler som kommer inn parallelt med aksen reflekteres til brennpunktet.

B) Stråler som går gjennom brennpunktet reflekteres i parallelle stråler.

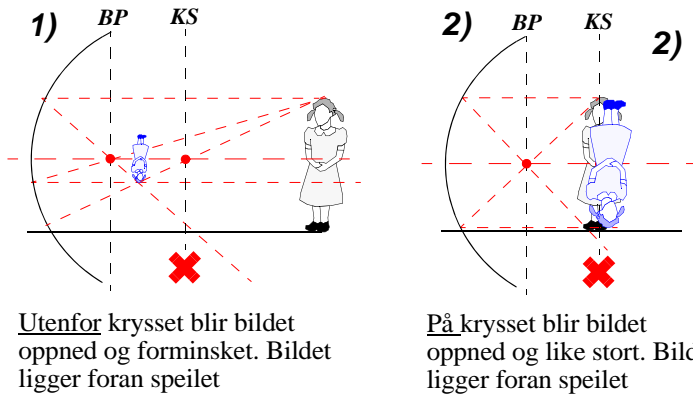
C) Stråler som går gjennom krummingscenteret reflekteres tilbake i seg selv

Se figuren til høyre.

Diameteren på speilet ved Vitensenteret er ca. 150 cm og har et brennpunkt ca. 65 cm fra speilflata. Hvis vi krummet speilet enda mer, ville brennpunktet flytte seg nærmere inn mot speilflata. Som vi har omtalt tidligere så vil *bildet i speilet* forandre seg med plasseringen (se figur 4,5,6

og 7 under). Den krumme speilflata gjør at det ser ut som om speilbildet noen ganger ligger foran og noen ganger bak speilflaten.

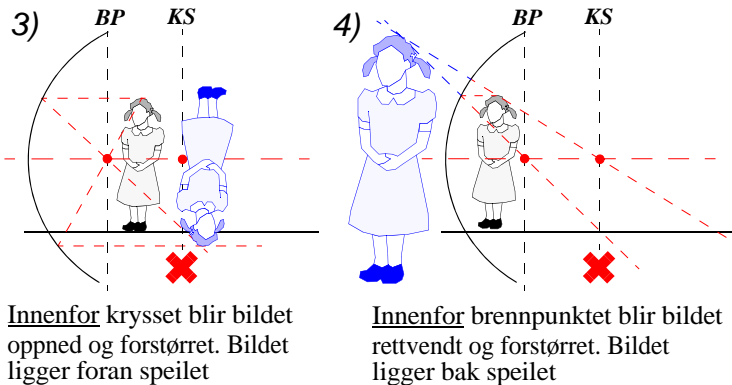
8. Drøftingen gjelder for relativt små sfæriske spil dekker et lite utsnitt av kuleflaten.



Utenfor krysset blir bildet oppned og forminsket. Bildet ligger foran speilet

På krysset blir bildet oppned og like stort. Bildet ligger foran speilet

Bildet som dannes vil kunne avbildes på en matt glassplate eller skjerm som vist på tegningen over. Det er imidlertid ikke dette bildet vi ser. Siden øyet er en del av objektet som avbildes vil vi se oss selv rettvendt alt når vi befinner oss innenfor krumningscenteret (X'et).



Innenfor krysset blir bildet oppned og forstørret. Bildet ligger foran speilet

Innenfor brennpunktet blir bildet rettvendt og forstørret. Bildet ligger bak speilet

Speilet som vi har her på Vitensenteret er en “lyskaster” fra krigens dager. Dersom en kraftig lyskilde plasseres i brennpunktet, sender speilet ut en nesten parallell strålebunt. Denne kan bli svært kraftig, og ble brukt av tyskerne til å lete etter fiendtlige fly på himmelen. Bildet til høyre viser et lignende søkelys monterert på et militærkjøretøy⁹.

Lignende speil, bare i langt mindre format finner vi i bil- eller sykkellykter.



9. Bildene er tatt av [John D. Atkin IV](http://www.skylighters.org/photos/restorations/sperry.html) av et 1941A Sperry søkelys med en 1942 GE generator. Bildene er hentet fra <http://www.skylighters.org/photos/restorations/sperry.html>



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Mange hus er også utstyrt med parabolantenner. Dette er parabler som samler radiobølger fra et større areal, slik at signalnivået blir sterkt nok for å motta radio- og TV-sendinger.

Også naturen gjør bruk av parabler! Kronbladene på ei reinrosa, er formet for å samle lyset på gunstigste måte.

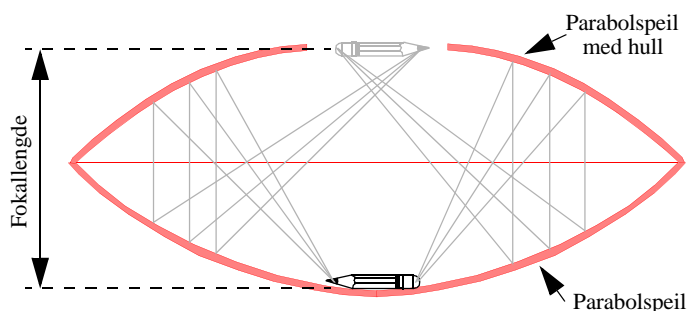


Slike store speil kan være farlige ute i sola. På solrike dager kan en uten problemer steke pølse i brennpunktet til speilet på Vitensenteret.



2.3.2 Kunstig luftspeiling ved hjelp av to parabolspeil

Et underlig fenomen oppstår dersom vi plasserer to parabolspeil mot hverandre som vist til venstre på figuren under. Det øverste speilet har et hull øverst, mens det nederste er uten hull. Dersom vi for eksempel legger noen mynter i bunnen av det underste speilet, vil et perfekt bilde av myntene sveve i hullet i det øverste speilet. Bildet kan betraktes fra ulike kanter, men man blir skuffet eller meget overrasket om man forsøker å gripe myntene. Da griper man nemlig i tomme luften.



For at dette skal være mulig, må de to speilene ha en fokallengde som er lik avstanden mellom topp og bunn i de to speilene.

Luftspeilingen er et resultat av refleksjon fra de to speilene, der det ene ligger som et "lokk" over det andre. På figuren over har vi vist hvor-



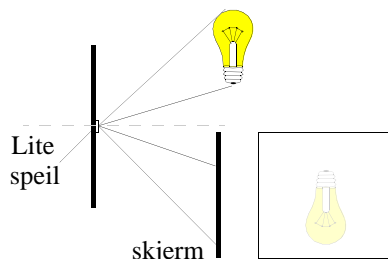
dan tre lysstråler fra to punkter på blyanten som ligger i bunnen, fokuseres mot de samme punktene i *bildet* av blyanten midt i hullet. Slik er det med alle punktene som reflekterer lys fra blyanten [3].

Lignende teknikker benyttes i dag for å vise “luftspeilinger” av instrumenter foran vinduet i cockpit i jagerfly slik at piloten skal slippe å flytte blikket bort fra vinduet når han flyr.

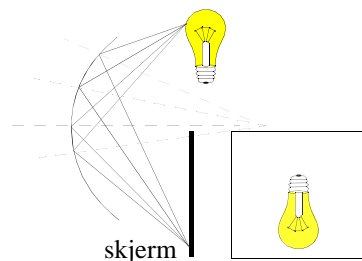
En lignende effekt kan oppnås med bare ett parabolspil.

2.3.3 Hvordan kan et konkavt speil gjengi et bilde på en skjerm?

For å forstå hvordan det konkave speilet kan gjengi et bilde, gjør vi på samme måte som for avbildningen ved hjelp av et hull som i et Camera Obscura. Tenk deg at vi monterer et ørlite rundt speil på en plate som vist på figuren til høyre. Lysstråler fra en lyspære reflekteres i det vesle speilet og treffer en skjerm. En stråle fra et punkt øverst på lyspæra vil reflekteres til et punkt nederst på skjermen, og et punkt nederst på lyspæra vil reflekteres i et punkt øverst på skjermen. Slik vil alle punkter på lyspæra bli avbildet på skjermen og danne en avbildning. Denne vil imidlertid være svært svak siden speilet er så lite. Jo mindre speilet er, jo svakere og skarpere blir avbildningen. På den annen side vil et større speil gi et kraftigere bilde, men på bekostning av dårligere skarphet. På denne måten har vi det samme dilemma som for Camera Obscura.



Hos Camera Obscura løste vi dilemmaet med hullstørrelsen ved hjelp av ei linse. På samme måte kan vi løse dette problemet ved hjelp av et konkavt speil. Det konkave speilet må være konstruert slik at uansett hvilken vei strålene tar fra et punkt på lampen, treffer de et bestemt punkt på skjermen. På denne måten samler speilet lyset som stråler ut fra ett punkt på lyspæra, til ett og samme punkt på skjermen. Dette skjer ikke bare fra det ene punktet på pæra, men fra alle punkter på pæra. Skal vi imidlertid få et skarpt bilde på skjermen, må den plasseres i bildeplanet der strålene fra lampen er i fokus, og bildet blir skarpt. Vi kan også legge merke til at bildeplanet endrer seg litt med avstanden mellom lampen og lyspæra.



På samme måten som ei linse kan danne et nær perfekt bilde på en skjerm plassert *bak* linsa, kan et slikt bilde dannes *foran* et sfærisk speil. Dette kan utnyttes til å skape en merkelig illusjon hvor vi kan få en gjenstand til å se ut til å sveve i løse luften.

Eksperiment: 17 Den svevende lyspæra

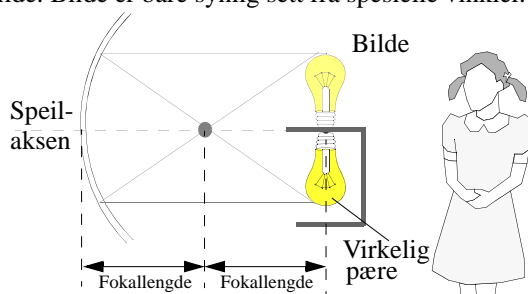
Til dette eksperimentet trenger vi en lyspære montert i en boks og et stort parabol- eller sfærisk speil.

Lyspæra monteres i en svart boks som plasseres på hode to fokal-lengder



Speil, speiling og stereoskopisk syn

fra speilet som vist på figuren under til høyre. Den virkelige lyspære vil derfor være skjult for observatøren som bare ser det rettvendte bildet av pæra svevende i luften. Prøver en å gripe om pæra vil en oppdage at den bare er et bilde. Bilde er bare synlig sett fra spesielle vinkler.



På figuren over har vi tegnet inn to lysstråler. Vi vet at stråler parallelle med speilaksen vil reflekteres gjennom fokuspunktet. Tilsvarende vil stråler gjennom fokuspunktet bli reflektert parallelt med speilaksen. Når pæra plasseres akkurat to fokallengder fra speilet, vil alle stråler fra ett punkt på den virkelige pæra, treffe det tilsvarende punktet på bildet av pæra. Bildet synes å sveve foran observatøren. En vil imidlertid legge merke til at bildet kun er tilstede når en ser inn i speilet. Det er umulig å se pæra svevende sett fra siden slik vi gjør på bildet over. Det er tross alt et speilbilde.

I stedet for en lyspære kan vi i et ellers mørkt rom rekke ut en hånd som er opplyst. Om hånda er plassert i en avstand lik to fokal-lender vil det se ut som om speilbildet av hånda kommer ut av speilet. Vi kan dermed få følelsen av å kunne hilse på oss selv i speilet.

Claude Lorrains speil - Speilet som hjalp kunstnerne til å få rett perspektiv

Claude Lorrain er sannsynligvis et pseudonym for den franske maleren *Claude Gellée av Lorrain* (1600–1682). Han er mest kjent for sine tegninger og malerier av landskaper og bilder fra Roma. For å gjenskape landskapene mest mulig naturtro benyttet han sotfargede svakt konvekse speil som komprimerte bildet og gjenga et speilbilde av landskapet omtrent uten farger. Dette gjorde at han klarte å konsentrere seg om formene og perspektivet. Senere ble denne typen speil tatt i bruk av mange kunstnere og er gått under navnet *Claude Lorrains Mirror*. På bildet over til høyre ser vi et eksemplar. her ligger speilet horisontalt. Det er imidlertid rimelig å anta at speilet normalt ble plassert vertikalt.





Også **David Hookney** nevner et speil han kaller Claudys speil i sin bok *Den hemmelige kunnskap...* [4]. Her om-taler han Claudy's speil som et konkavt speil. Ved å plassere objektet i solskinnet utenfor et vindu, kan et reflektert bilde av det sterkt opplyste objektet gjengis som et reflektert speilbilde på veggen inne i det mørke rommet som vist på bildet til venstre¹⁰.

Virkelig motiv



Reflektert motiv

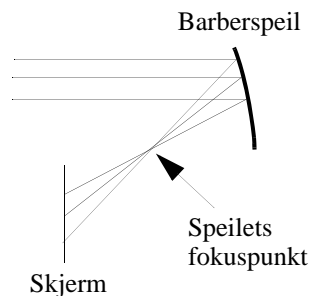


Et slikt bilde kan lett gjenskapes ved hjelp av et stort barberspeil. Barberspeil er gjerne plane på den ene siden og konkave på den andre. Den konkave siden vil gjengi ansiktet litt forstørret, noe som gjør barberingen lettere.

Her er et eksperiment som demonstrerer dette.

Eksperiment: 18 Barberspeilet

Bruk et relativt stort barberspeil. Hold det opp slik at det reflekterer lyset fra et sterkt opplyst hus eller gårdsrom med kraftige konturer. Det reflekterte bildet fanger du på et hvitt papir (skjerm). Varier avstanden mellom speilet og skjermen slik at det reflekterte bildet blir skarpt. Det er viktig at skjermen er i skyggen eller om mulig helst i halvmørke.



Det vi her gjør med et stort krumt speil kunne vi ha oppnådd med en stor linse. Forskjellen ville være at mens speilet gjenskaper bildet av objektet på sin framside, gjenskaper linsa bildet av objektet på sin bakside. Newton forbedret nettopp teleskopet ved at han i stedet for å bruke linser, byttet ut en av linsene med et speil. I dag er alle store teleskoper laget ved hjelp av store parabolspeil.

10. Bildet er hentet fra Hookneys bok [4].



3 Stereoskopisk syn



Euklid

Allerede i antikken lot man seg fascinert av at det er mulig å se dybde. De samlet derfor tidlig kunnskap om emnet. **Euklid** (ca. 365 - 300 f.Kr.) som bodde i Alexandria i Egypt, undersøkte og skrev om fenomenet i sin “Optics”.

Noen ganger sier vi at vi har *stereoskopisk syn*. Stereo kommer av det greske ordet “*stereos*” som betyr fast eller legemlig. Når vi ser en gjenstand i stereo får den en form, eller blir legemliggjort i høyde, bredde og dybde [15] a). En slik synsopplevelse kalles derfor ofte også *tre-dimensjonalt syn*, eller bare 3D-syn.

3.1 Om dybdesyn generelt



Å se stereoskopisk har mange fordeler. Først og fremst kan vi bedømme avstanden mellom oss og det vi betrakter. Denne egenskapen finner vi primært hos rovdyr. Disse må kunne bedømme nøyaktige avstander for å kunne legge ned bytte. De har få naturlige fiender og trenger ikke “ha øyne i nakken”. Byttedyr derimot har ofte øyne på siden av hodet. På den måten blir det overlappende synsfeltet svært lite. Til gjengjeld har de et meget stort synsfelt uten at de trenger å snu på hode, slik at de kan lett oppdage en fiende og rømme i tide.

Mange fugler har øynene plassert på siden av hodet, de har derfor ofte dårlig evne til å bedømme avstand. Til gjengjeld har de et enormt synsfelt, noen fugler kan se 360° uten å snu på hodet. Ugla er et unntak blant fuglene. Den har øynene plassert tett sammen slik at den lett kan bedømme avstanden til et byttedyr. For å kompensere for det smale synsfeltet, kan for eksempel snøugla¹¹, dreie hodet hele 270° til hver side.



Snøugle

Vi mennesker er i mange sammenhenger helt avhengige av et godt dybdesyn. Det er nok å nevne bilkjøring og ballspill. Også mange yrker stiller ekstreme krav til nøyaktig avstandsbedømmelse. Dette gjelder for eksempel tannleger, kirurger, arkitekter, urmakere og i de fleste håndverksyrker.

Ikke alle har de samme evnene til å se i tre dimensjoner. Noen plages med nedsatt samsyn på grunn av skjeling. Andre har et dominerende øye som overtar synsinntrykket, andre har “lazy eyes”. I det neste eksperimentet kan du teste hvor godt dybdesyn du har.

11. Bildet av snøugla er tatt av Roar Solheim, Agder Naturmuseum.
Se også: <http://www.nhm.uio.no/ugler/presse.html>



Ekspériment: 19 Test 3D-syn

På figuren til venstre er vist et øye. Gjør følgende:

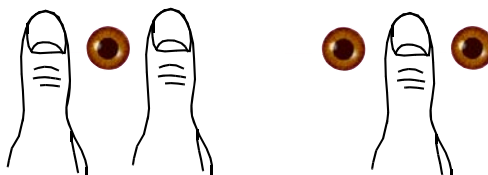
- Plasser nesene ca. 20 cm over det avbildete øyet
- Fokuser blikket på bildet
- Stikk en tommel opp foran nesene
- Før tommelen frem og tilbake mellom bildet og nesene



Dersom du har normalt dybdesyn vil du, når du fokuserer på øyet, se to utydelige bilder av tommelen. Ettersom tommelen nærmer seg øyet vil det se ut som om de to tomlene rammer inn det enslige øyet (til venstre på figuren under).¹²

- Til slutt skal du flytte fokus til tommelen.

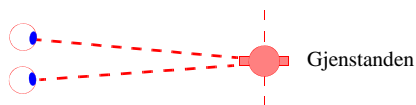
Idet du endrer fokus til tommelen, vil du se to øyne som omslutter tommelen (til høyre på figuren under).



Dersom du ikke klarer denne testen trenger det ikke være noen fare, men dybdesynet ditt halter litt.

3.2 Stereoskopiske par

Vi vil i de følgende avsnittene studere forskjellige teknikker for å få fram en illusjon av dybde fra flate bilder.



Når vi ser på en gjenstand foran oss, vil hvert av øynene se på den samme gjenstanden fra litt forskjellig vinkel. Om gjenstanden har en utstrekning i rommet, så vil de to bildene som gjenstanden danner

på netthinnene til hvert av øynene, bli litt forskjellige. Dette tolker hjernen som at gjenstanden har en romlig form. Vi sier at gjenstandene *tre-dimensjonale* eller *stereoskopiske*, i motsetning til en gjenstand som kun er avbildet på et stykke flatt papir.

12. Bildene er hentet fra <http://www.vision3d.com/frame.html>

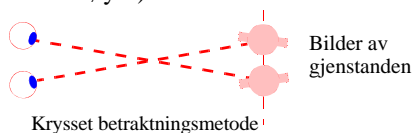
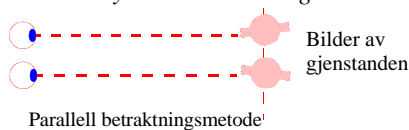
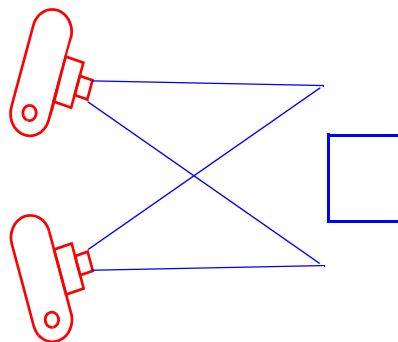


Speil, speiling og stereoskopisk syn

Vi kan gjenskape dybdevirkningen ved hjelp av to bilder som viser gjenstanden fra litt forskjellig vinkel. To slike bilder kaller vi et *stereoskopisk par*. Vi kan gjenskape den tredimensjonale dybdevirkningen ved å la øynene se på hvert sitt bilde.

Dette kan gjøres på to prinsipielt forskjellige måter:

1. Enten kan høyre øye se på høyre bilde, og venstre øye se på venstre bilde. Vi benytter oss da av det som kalles “*Den parallelle betraktningsmetoden*” (under til venstre).
2. Eller vi kan la høyre øye se på venstre bilde, og venstre øye se på høyre bilde. En slik teknikk kalles “*Den kryssede betraktningsmetoden*” (under til høyre).

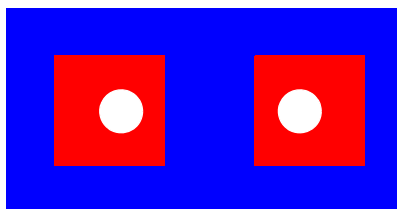


Den parallelle betraktningsmetoden kan vi få til ved først å holde de to bildene tett opp til øynene, gjerne i kontakt med nesene. Dermed vil øynene se hvert sitt bilde som er svært uskarpe. Isteden for å forsøke å fokusere, føres de to bildene bort fra øynene til en avstand på ca. 10 cm. I denne avstanden ser hvert øye begge bildene, slik at du totalt ser fire bilder, hvorav de to midterste smelter sammen til ett. Dermed ser du tre bilder som fortsatt er uskarpe. Beveg bildene ytterligere fra deg til du klarer å fokusere skarpt. Dersom de to midterste bildene har en tendens til å gli fra hverandre, så vent litt og slapp av til de igjen overlapper perfekt. Om du lykkes, så vil du se at det midterste bildet er tredimensjonalt.

Den kryssede betraktningsmetoden krever at vi skjeler. Dette kan vi få til ved at øynene føres inn mot hverandre som om vi prøvde å se vår egen nese. De to bildene vil også nå splittes opp i fire bilder. Kunsten er å få de to midterste til å falle over hverandre. Klarer vi det, vil det midterste bilde bli stereoskopisk som for den parallelle metoden.

Eksperiment: 20 Sveve over eller henge under

Bruk figuren under til å trene på de to metodene.



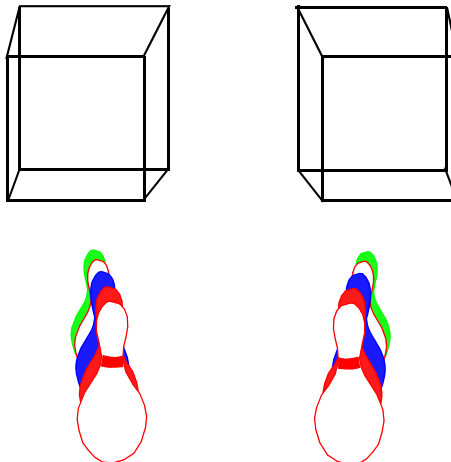
Dersom du bruker den parallelle betraktningsmetoden vil det se ut som om den hvite prikken svever over kvadratet. Bruker du den kryssende betraktningsmetoden vil du se at den hvite prikken henger på undersiden



av kvadratet.

Eksperiment: 21 Sveve over eller henge under Trådterning og kjegler i tre

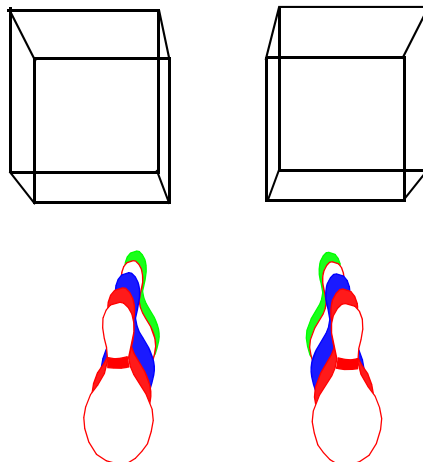
Prøv de to teknikkene på trådterningen og kjeglene på figuren under.



Hvilken av teknikken gir et fornuftig bilde?

Du vil sannsynligvis oppdage at den parallelle metoden gir bilder som forventet, mens den kryssede metoden gir bilder som ikke gir mening, slik at terningen ser ut som en avkortet pyramide og plasseringen til kjeglene blir temmelig meningsløs.

Gjenta eksperimentet med trådterningene og kjeglene under.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

I dette eksempelet har vi byttet om på plasseringen av de stereoskopiske parene. Nå vil det motsatte skje. I denne figuren vil den kryssede metoden gi det mest fornuftige resultatet. Hva tror du det kommer av?

Vi skal senere se på ulike hjelpemidler slik at vi lettere kan se den stereoskopiske effekten. Men la oss først se hvordan vi kan lage 3D-bilder eller stereoskopiske bildepar.

3.3 Hvordan framstille stereoskopiske bildepar [14] e)?

For å framstille 3D-bilder kan det være lurt å lære noen grunnleggende håndregler. Utgangspunktet er at de to øynene må se to litt forskjellige bilder

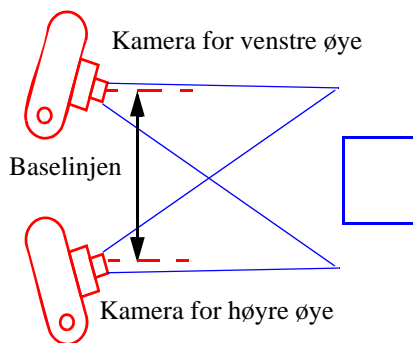
Normalt er avstanden mellom pupillene fra 6 og 7 cm. Denne relativt korte avstanden er nok til å se en gjenstanden fra litt forskjellig vinkel slik at vi oppnår dybdesyn, dog bare innefor en viss rekkevidd. Blir avstanden til gjenstanden for stor, vil forskjellen mellom de to bildene øynene ser bli så liten, at dybdesynet uteblir¹³. I utgangspunktet trengs derfor to kameraer plassert i øyenavstand som tar to samtidige bilder av det samme objektet.

Dersom vi nøyer oss med å ta bilder av stillestående gjenstander, kan vi benytte et og samme kamera til å ta de to bildene. Kameraet må i dette tilfellet flyttes en viss distanse til siden mellom hvert av bildene. Denne avstanden kalles *baselinje-lengden*. Hos oss er denne lik avstanden mellom øynene og, som nevnt, typisk 6 - 7 cm. Når vi benytter kamera og tar bilder av fjerne objekter, kan vi imidlertid med fordel øke *baselinje-lengden* for å forsterke opplevelsen av 3D.

Regelen for å få en god stereoskopisk virkning er å la baselinje-lengden være ca 1/50 - 1/100 del av avstanden til objektet som skal avbildes. Er objektet svært nær brukes en baselinje-lengde lik øyenavstanden eller enda litt kortere.

- Meget korte avstander < 1m - baselinje-lengde 4 - 5 cm
- Avstander opp til noen meter - baselinje-lengde 5 - 8 cm
- Avstander opp til 10 meter - baselinje-lengde 10 cm
- Store avstander - baselinje-lengde 1/50 - 1/100 del av avstanden

La oss se på noen stereoskopiske par.



Eksperiment: 22 Stereoskopiske par

På bildet under ser du to fotografier av den samme hagen. Bildene er tatt

13. Siden vi bruker mange forskjellig teknikker i tillegg det stereoskopiske synet for å bedømme avstand, så vil vi likevel kunne vurdere avstanden til fjerne gjenstander.



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

med en baselinje-lengde på 6 cm. Det vil si at kameraet er flyttet ca. 6 cm mot høyre da det høyre bildet ble tatt. Bruk den parallelle betraktningsmetoden og la de bildene glir over hverandre, og du vil se at hagen får dybde.



Hemmeligheten med å se dybde er altså å la de to øynene se samme gjenstand under litt forskjellig vinkel. Men hva skjer dersom vi øker baselinje-lengden?

På bildene under har vi latt baselinje-lengden være 60 cm. Hvordan ser hagen ut nå?



Siden baselinje-lengden er større, vil forskjellen mellom bildene være større (sammenlign plasseringen til stolen og gressklipperen på de to bildene til høyre), og det kan være vanskeligere å skjule de to bildene over hverandre.

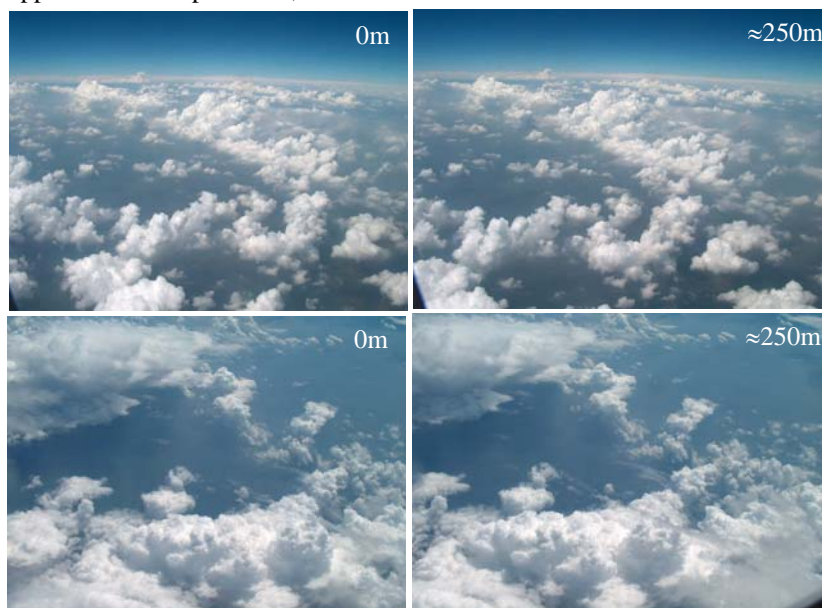
Vi skal senere se hvordan vi kan lage enkle apparater som gjør det lettere å få fram den stereoskopiske virkningen.

På bildene under ses skyformasjoner. Bildene er henholdsvis tatt over Gobi-ørkenen og over Østersjøen. Bildene er tatt fra fly som beveget seg med en hastighet på ca. 850 km/h. Bildene er tatt



Speil, speiling og stereoskopisk syn

med ca. 1 sek mellomrom, det vil si med en baselinje på ca. 250 meter, hvilket skulle gi gode 3D-resultater opp til avstander på 25 km, hvilket disse bildene bekrefter til fulle.



Bildet til høyre viser et gammel belgkamera fra slutten av 1800-tallet for å ta stereoskopiske bildepar, eller *stereografier*. Siden kameraet er utstyrt med to parallelle kameraer med felles utløsermekanisme, kan kameraet ta bilder av objekter i bevegelse. Kameraet står utstilt på det tekniske museet i Praha som har en meget fyldig utstilling av forografisk og filmhistorisk utstyr.



3.3.1 Stereoskopiske bildepar av månen

Et interessant spørsmål er om det er mulig å ta stereoskopiske bildepar av månen. Siden avstanden til månen i gjennomsnitt er over 380 000 km, burde baselinje-lengden være minst 3 800 km, hvilket er en betydelig avstand. Vi skal i dette avsnittet undersøke hvordan vi kan komme rundt dette problemet [14] e).

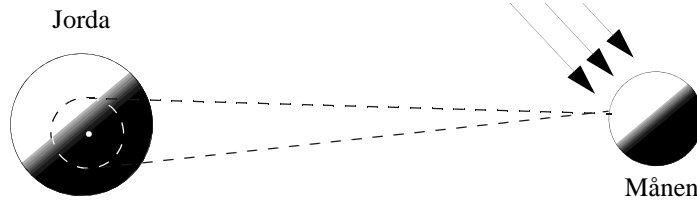


Speil, speiling, og stereoskopisk syn

Månen kan se ganske flat ut sett fra vårt jordiske ståsted. Dette skyldes den enorme avstanden mellom jorda og månen. Baselinjen blir alt for kort. En kan imidlertid få et godt inntrykk av månenes ujevne overflate når månen er i stigende eller fallende fase. Da er det med en vanlig prismekikkert lett å se hvordan kraterne på månen kaster skygger, og en kan lett konstatere at overflaten er ujevn. Ved å måle lengden av skyggene har en kommet fram til at enkelte månefjell er mer 8 000 meter høye [5].



En begynte tidlig å fundere på om det var mulig å lage gode stereoskopiske bildepar av månen. Siden avstanden mellom jorda og månen i middel er ca. 384 400 km, er det vanskelig å ta bilder som gir noe særlig inntrykk av dybde. En kan imidlertid oppnå noe ved å ta bilder forskjøvet i tid. Mens månen bruker i overkant av 27 døgn på sin tur rundt jorda, så snurrer vi rundt jordaksen en gang i døgnet. I løpet av et halvt døgn vil vi derfor se månen fra to forskjellige synsvinkler. Avstanden mellom disse to observasjonsstedene kan ved ekvator bli inntil jorddiameteren, i underkant av 12 760 km. På våre breddegrader (63° nord) kommer vi imidlertid vesentlig dårligere ut med en maksimal baselinje på drøyt 5 380 km som gir et forhold mellom



baselinjen og avstanden til månen på ca. $1/70$. Det vil si at vi kan forvente å oppnå et stereoskopisk par med moderat dybde. Det er som om vi ser en tennisball i en avstand på ca. 5 meter.

Av figuren over ser vi at det i mange tilfeller er vanskelig å ta det optimale stereoskopiske paret samme natt siden et av tidspunktene inntreffer i dagslys. På vinterstid, når natten er lang, er det, med litt planlegging, mulig å ta gode stereoskopiske par om vi har god sikt til horisonten der månen går opp eller ned.

Det kan imidlertid være lettere å oppnå et godt resultat ved å ta bildene to forskjellige netter. Bildene under er imidlertid tatt samme natt. Ett på kvelden og et tidlig på formiddagen 11 timer



Speil, speiling og stereoskopisk syn

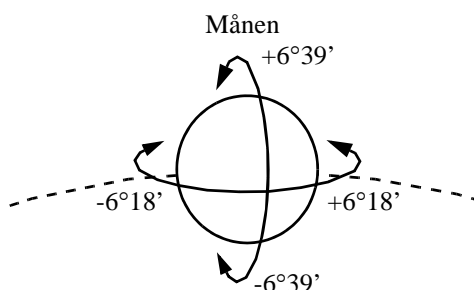
senere, etter at det hadde blitt ganske lyst. Ved å justere ned blenderåpningen i tillegg til digital etterbehandling er lysstyrken blitt omtrent den samme for begge bildene¹⁴.



Også månens fase har endret seg noe mellom bildene, men ikke mer enn at bildene egner seg godt som stereoskopiske par.

Charles Wheatstone (1802-1875) foreslo i 1838 å utnytte månens *liberasjon*.

Månen vender stort sett samme side mot jorda hele tiden, dog ikke helt. Over tid er vi fra jorda istand til å se 50 % av månens overflate. Dersom vi studerer månen over lengre tid, vil vi oppdage at den vipper litt å seg, både horisontalt og vertikalt. Det vil si at vi over tid vil se månen fra litt forskjellige vinkler. Dette skyldes blant annet at månens bane ikke er en perfekt sirkel, men en ellipse.



14. Bildene er tatt i 22. og 23. oktober 2005 av Stein Wasbø (Trondheim Astronomiske Forening - TAF) som velvilligst har latt meg gjengi dem [22] b).



Ved å utnytte månens liberasjon, kan en oppnå langt større dybdevirkning. Denne effekten er benyttet for å frambringe et stereoskopisk bildeparet av månens som vist i figuren under.

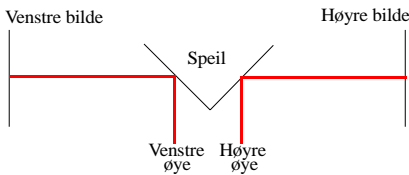


Disse bildene tilhører *Greenslade collection* og er tatt av kjemiprofessor *H. Draper* ved universitetet i New York. Bildene er tatt med Drapers teleskop og publisert av C. Bierstadt, Niagara Falls, N.Y ca 1840 [22] b).

La oss nå se på noen innretninger som kan hjelpe oss til å se stereografier.

3.4 Stereoskopet, et kort historisk tilbakeblikk

Som vi tidligere har nevnt så hadde allerede de gamle grekere forundret seg over vår evne til å se dybde.



Men det var først på 1800-tallet da den engelske fysikeren *Charles Wheatstone* (1802 - 1875) oppfant *stereoskopet*, at det ble mulig å undersøke dette fenomenet grundigere. Da det ble mulig å vise fram stereoskopiske bilder ved hjelp av enkle innretninger, blusset interessen for dette temaet kraftig opp.

Wheatstone beskrev fenomenet i en avhandling til Royal Society i 1838. I den samme artikkelen beskrev han dessuten et enkelt apparat (stereoskop)

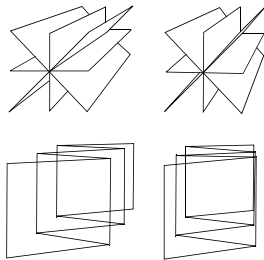


Speil, speiling og stereoskopisk syn

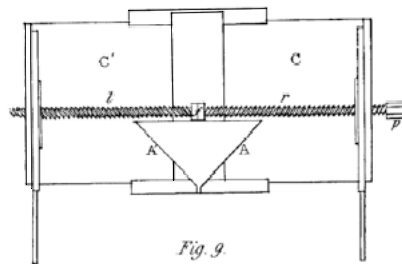
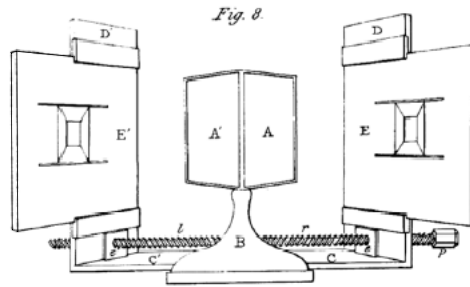
som gjorde det mulig å betrakte stereoskopiske bilder (til høyre figuren under [16] a)). Wheatstone tegnet selv sine stereoskopiske figurer. Med dette og andre instrumenter gjorde han ulike eksperimenter for å avsløre dybdesynets egenart.



Charles Wheatstone 1868



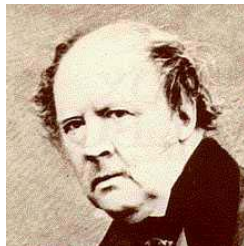
Egnetegnede stereoskopiske figurer



Et av Wheatstones selvbygde stereoskop



Louis Daguerre



William Talbot

Tidligere måtte man male eller tegne to bilder sett fra litt forskjellig vinkel for å få fram den tredimensjonale effekten. Det skulle imidlertid ikke gå mer enn et halvt år etter Wheatstones artikkel før **Louis Jacques Mandé Daguerre**¹⁵ (1789–1851) og **William Henry Fox Talbot** (1800–1877) offentliggjøre sine eksperimenter med fotografiske teknikker.

ter hvert ble det både utviklet spesielle kameraer og bedre betraktere. På figuren til høyre ser vi en betrakter som var utviklet av **Oliver Wendell Holmes** (1809–1894) i 1859. Denne kunne

E



Oliver Holms

15. http://no.wikipedia.org/wiki/Louis_Daguerre



viste bildekort med formatet 9 · 18 cm. Disse kortene holdt seg langt inn på nittenhundretallet og er fortsatt meget populære som samleobjekter, [14] b).

Til høyre på bildet under er vist en avansert modell hvor også avstanden mellom øyenene kan justeres. Modellen er utstilt på det tekniske museet i Praha.



Noen av de riktig gamle modellene er også tatt opp igjen og selges i noen øst-europeiske byer og andre steder. I Praha fant jeg en sammenleggbare modell i papp med et stort utvalg bilder. Bildene er klippet fast i en kartongholder og kan ev. skiftes ut med egne bilder.

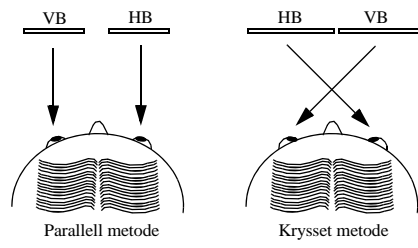
At det var stor interesse for temaet i det Victorianske England, ser vi ved at det i 1893 ble stiftet en interesseorganisasjon for temaet i London, *London Stereoscopic Society*¹⁶. En tilsvarende organisasjon (*Stereoskopklubben*) ble stiftet i Danmark i 1908, [14] b).

På 1950 og 60-tallet fikk stereoskopiske bilder en ny renesanse da *View-masteren* kom på markedet. Bildene var montert på hjul, hvert hjul inneholdt 7 stereoskopiske bildepar. Ved hjelp av en hendel ble hjulet dreid 1/7 dels omdreining slik at et nytt stereoskopisk par kom inn i vinduet. *View-masteren* er fortsatt i salg.



3.5 Lag egne stereoskoper

Som vi tidligere har sett så er det mulig å kombinere stereoskopiske par til et stereoskopisk bilde uten bruk av hjelpemidler. Det er imidlertid ikke alle som klarer dette. Mange vil derfor ha god nytte av et stereoskop.



Som tidligere omtalt er det to måter å se på stereoskopiske par. Den parallelle metoden, hvor høyre bilde sees av høyre øye og det venstre av det venstre øyet. Alternativt kan vi benytte den kryssede metoden hvor

16. London Stereoscopic Society: <http://www.stereoscopicsociety.org.uk/>.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

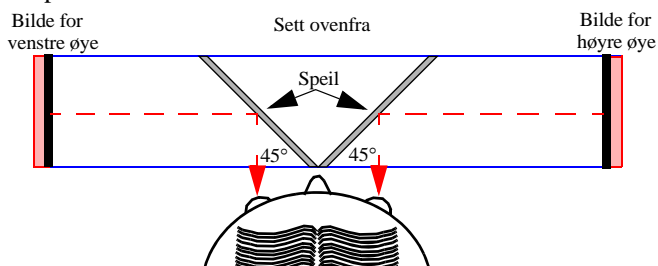
synsretningen fra øynene krysses. Plasseringen av bildene må tilpasses hvilken metode vi ønsker å benytte. Denne siste måten egner seg best når bildene har en bredde på 6 – 7 cm.

Benytter vi den parallelle betrakningsmetoden vil øynene se langs parallell linjer som om vi så på noe langt borte, og det er da naturlig at også fokus er innstillet på å se skarpt på lang avstand. Imidlertid er bildene tett ved og fokus må justeres deretter. På den måten krever bruk av den parallelle betrakningsmåten at øyene klarer å fokusere på nært hold samtidig som de er innrettet for å se på langt hold. Dette er uvant og krever trening. Problemet kan, som vi skal se, løses ved å benytte linser. Dermed kan øyet slappe av og fokusere på langt hold til tross for at bildene er nære [14] c).

Wheatstons stereoskop baserer seg på den parallelle metoden, men uten bruk av linser.

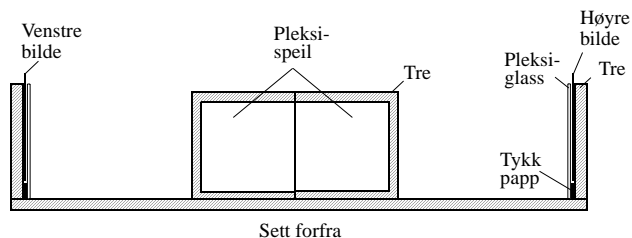
Eksperiment: 23 Bygg et speilstereoskop av Wheatston-typen

Det er ikke vanskelig å lage Wheatstones innretning for å betrakte stereoskopiske bildepar.



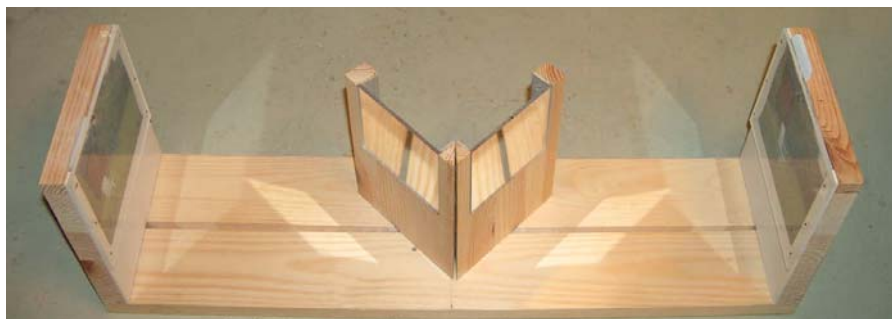
I figuren over er vist et slikt “stereoskop” sett ovenfra. I hver ende av en plate er det monteret to vertikale bildeholdere. Til venstre en holder for bildet som det venstre øyet skal se og til høyre en holder for bildet som det høyre øyet skal se.

På midten er det montert to speil som står 45 grader på synsretningen. Når vi ser inn mot de to speilene, vil det høyre øyet se speilbildet av høyre bilde, og tilsvarende vil det venstre øyet se speilbildet av det venstre bilde. Dersom disse to bildene er tatt litt forskjøvet i forhold til hverandre, vil bildene framstå som stereoskopiske.





Bildet under viser det ferdigbygde stereoskopet.



I dette tilfellet har vi tatt to bilder med en viss horisontal avstand. Hva om vi kunne gjøre noe med øynene våre slik at de fikk en innbyrdes avstand på la oss si 60 cm? Hvordan ville verden da sett ut? Flere andre varianter finnes på [14] c).

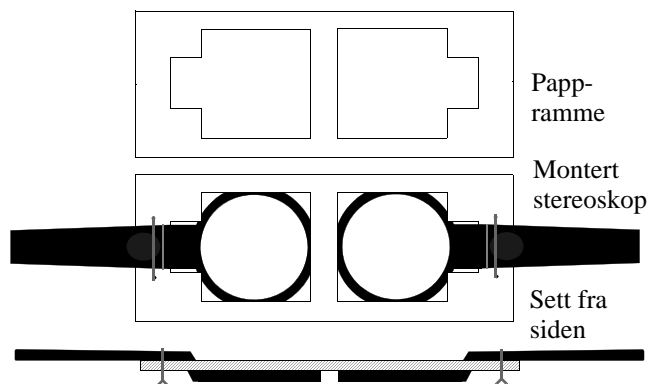
En litt enklere variant kan framstilles ved hjelp av to linser montert i en holder.

Eksperiment: 24 Bygg et stereoskop med linser [14] e)

Kjøp to lupur eller forstørrelsesglass med en diameter på ca. 5 cm. En forstørrelse på 3,5x fungerer godt¹⁷.

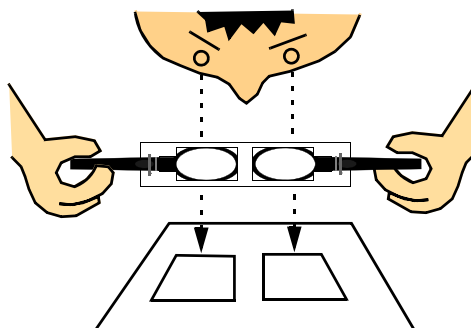


De to lupene monteres i en enkel pappramme med passende avstand mellom lupene og man har et tilfredsstillende stereoskop. Om nødvendig kan en lag en brett på midten av pappholderen slik at avstanden mellom lensene kan varieres.



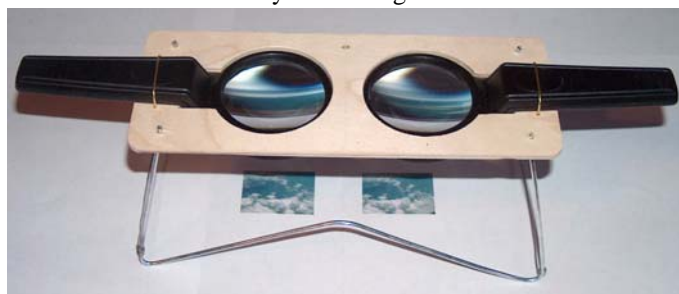
For detaljert beskrivelse se vedlegg F.3.

17. Fåes hos Biltema for ca. kr. 30,-



Brett eventuelt pappholderen på midten slik at den kan tilpasses avstanden mellom øynene. Betrakt de stereoskopiske parene ved hjelp av stereoskopet. Det burde nå være relativt uproblematisk å få fram dybdevirkningen i bildet.

Ved å bytte ut pappholderen med litt kryssfiner og ståltråd får man et mer robust stereoskop. Det bores hull til lensene som festes med litt tynn messing eller ståltråd..



En tykkere ståltråd (2,5 mm) brukes til å lage bein slik at lupene får rett avstand til de stereoskopiske bildene. Det er viktig at avstanden er slik at bildene blir skarpe.



Bildene må gjerne være litt større enn lupene og med høy kvalitet da utydeligheter og dårlig oppløsning vil komme meget tydelig fram sett gjennom lupene.



Pappstereoskop av ulike typer for montering av egne bilder kan også kjøpes fra ulike forhandlere. Bildet til venstre viser et eksempel innkjøpt fra American Paper Optics, Inc.¹⁸

Her kan man ta egne bilder og sette dem inn i ramme for framvisning.

Andre har benyttet to iPod monteret på et stativ får å kunne se bilder i stereo [14] g).

3.6 Telestereoskopet

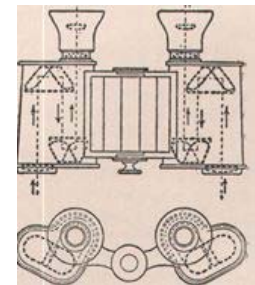
Klarer du å tenke deg hvordan verden ville ha sett ut dersom avstanden mellom øynene hadde vært en meter istedet for 6 cm? Da ville vi ha hatt et langt bedre dybdesyn enn hva vi har i dag, det vil si at vi ville ha vært mye flinkere til å bedømme avstander. Vi kunne dermed lettere skjelne hvilke av to gjenstandene som var lengst borte (se avsnitt 3.12.1). Kanskje det er omtrent slik en elefant ser verden?



Noen av de som har prøvd dette synes at verden rundt dem blir som en modellverden, mens ca. 4 % ikke opplever noe spesielt. Denne lille gruppen kan være mennesker som ikke har stereosyn, har et sterkt dominant øye, eller kanskje på grunn av en syns- eller hjerneskade.

La oss se nærmere på hvordan vi i praksis kan “flytte” øynene fra hverandre.

I 1857 publiserte den tyske fysikeren **Hermann van Helmholtz** et instrument hvor han ved hjelp av speil klarte å øke synsbredden og demonstrerte at dette ga langt bedre dybdesyn på større avstander. Alt tidlig på 1800-tallet hadde astronomer eksperimentert med doble teleskoper for kunne oppnå dybdesyn på avstand. Slike gikk under navnet *binokularer*¹⁹. De tradisjonelle kikkertene nettopp slike instrumenter som forstørrer og noen ganger også øker synsbredden og dermed dybdesynet. Det er imidlertid vanskelig å oppnå noen reell forbedring av dybdesynet når en ser ut i verdensrommet siden avstandene er så enorme.



Binokularkikkert

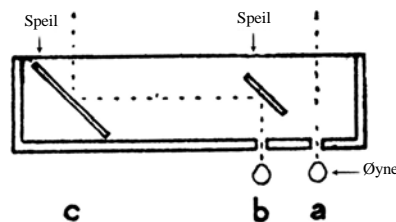
18. Firmaet finnes på: <http://www.3dglasesonline.com/product.html>.

19. Bildet er hentet fra http://www.1911encyclopedia.org/Binocular_Instrument.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

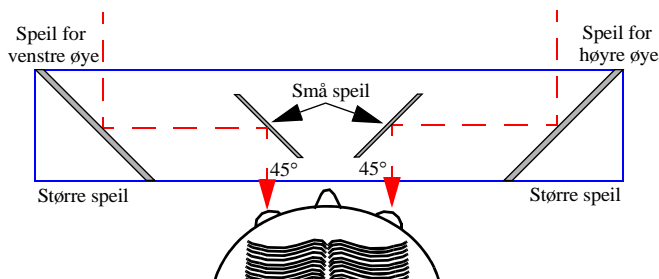
Det var et slikt instrument den amerikanske psykologen **George Malcolm Stratton** (1865 – 1957) laget i 1898. På figuren til høyre ser vi Strattons egen tegning av hans telestereoskop. Vi legger merke til at siktelinjen til bare det ene øyet forskyves ut til siden. Det andre ser rett gjennom instrumentet. Ut fra tegningen må vi anta at instrumentet er åpent foran i hele sin bredde. Dette gjør at instrumentet er relativt lett å stille inn.



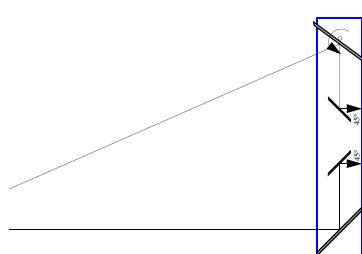
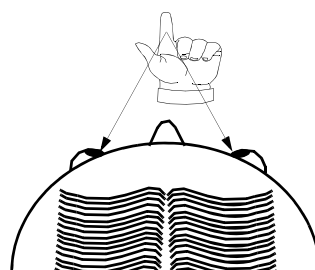
Dersom vi bytter ut bildene i stereoskopet som vi omtalte i det forrige avsnittet, med skråstilte speil, vil vi få et *telestereoskop* uten forstørrelse.

Eksperiment: 25 Bygg et telestereoskop

Et telestereoskop gjør at vi på en måte øker avstand mellom øynene. Det er viktig at speilene i ytterkant er vesentlig større enn de som er nærmest øynene, ellers blir synsfeltet for lite.



Det er imidlertid en liten hake med stereoteleskopet slik det er vist over, og det er at de to øynene ser parallelt ut i lufta. Når vi ser på en gjenstand som ikke er for langt borte, vil øynene våre dreies inn mot hverandre. Tenk bare på hva som skjer med øynene dersom vi ser på fingeren når vi beveger den mot nesen. Skal vi se bare *ett* bilde av fingeren, må begge øynene være rettet mot den, og øynene vil etter hvert skjele inn mot nesen (øynene *konvergerer*).



For å få til dette må det ene speilet kunne dries slik at begge øynene ser det samme motivet. Dette kan vi få til ved å sette det ene speilet på en loddrettaksling slik at det kan svinge rundt.

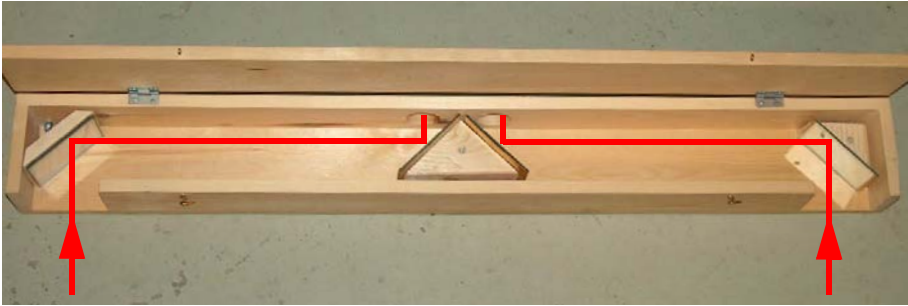
Dette prinsippet ble i mange år benyttet i siktemiddelet i kanoner for å bestemme avstanden til målet. Ved å bruke to speil hvor det ene er dreibart og det andre fast, er det mulig å bestemme avstanden til målet ved å avlese hvor mye speilet måtte dreies for at bildene fra speilene skulle falle over

hverandre på en mattskive.



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

Det er også verdt å merke seg at mange av disse problemene forenkles i Strattons løsning. I stedet for å dreie på det ene speilet, dreies hele instrumentet slik at bildene faller overhverandre.



Et tilsvarende prinsipp ble benyttet i gamle speilreflekskameraer for å bestemme avstanden til objektet. Ved å skru på avstandsinstillingen til kameraet, kunne en flytte to bilder av objektet i forhold til hverandre. Når de to bildene falt over hverandre var kameraet innstilt til riktig avstand.

Høsten 1999 startet *Cassidy Curtis* og *Chris Whitney* fra California byggingen av et stort telestereoskop som, da det sto ferdi året etter, ble benyttet som en attraksjon i forbindelse med en større festival i USA.



De begynte imidlertid i det små med kun å feste et par speil til en treplanke med limklemmer som vist på bildet over til høyre²⁰. De erfarte at ca. 2/3 av de som prøvde dette enkle apparatet hadde en positiv opplevelse og uttrykte at tingene de betraktet så små ut eller at de fikk forsterket perspektiv. De resterende fikk ingen spesiell opplevelse av dybde eller så ikke hensikten med apparatet.

Cassidy forteller at selv så syntes han at hus og gjenstander i avstander fra 3 - 300 meter så mindre ut når han så dem gjennom apparatet, akkurat som om han så på en modellandsby i forminskert skala. Ting som befinner seg bortenfor 300 meter synes å legge seg i ulike plan bak hverandre [18] a). I august bygde de en

20. Bildene er gjengitt med tillatelse fra Cassidy Curtis.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Tenker vi etter så er det ikke så underlig at hus og trær synes små. Vi har alle en forestilling av hvor stort et hus eller et tre skal være i en gitt avstand. Vi har derfor også en forventning om husets eller treet perspektiv, det vil si hvor stor forskjell det vil være på de to bildene som hvert av øynene ser. Når vi så erfarer de to synsinntrykkene er mer forskjellig enn forventet, vil vi tolke det som om huset eller treet er mindre og nærmere enn det er i virkeligheten.

Besøk gjerne hjemmesiden til Cassidy og Chris, der finnes hele historien om hvordan ideen oppsto og hvordan de bygde prototypene og den endelige modellen i august 2000, som ble vist fram på festivalen “Burning man 2000”, som hvert år arrangeres i Nevada og som har som målsetning å stimulere til personlig kreativitet [18] a).

Men det finnes mange andre måter å frambringe en kunstig tredimensjonal synsopplevelse på. I de neste avsnittene skal vi se på noen ulike metoder.



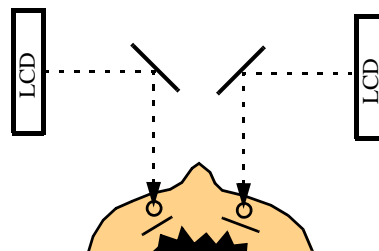
Foto: Cassidy Curtis

3.7 Haploskopet

Haplo kommer av gresk og betyr *enkel* i motsetning til **diplo** som betyr *dobbel*.

Haploskopet er et instrument hvor bildenes plassering på netthinnen til hvert av øynene kan reguleres uavhengig av hverandre. Haploskopet brukes til å undersøke samsyn til tross for avvik mellom de to bildene øynene ser. Ved å endre hvor godt de to bildene sammenfaller, kan en undersøke hvor store avvik som kan tolereres før dobbeltsyn oppstår [23] a). Instrumentet er derfor mer generelt enn et stereoscop.

Moderne haploskoper benytter speil og LCD-skjermer som antydte i skissen over. Et hjemmelaget haploscop med to iPod finnes i [14] g).



3.8 Autostereoskopiske metoder

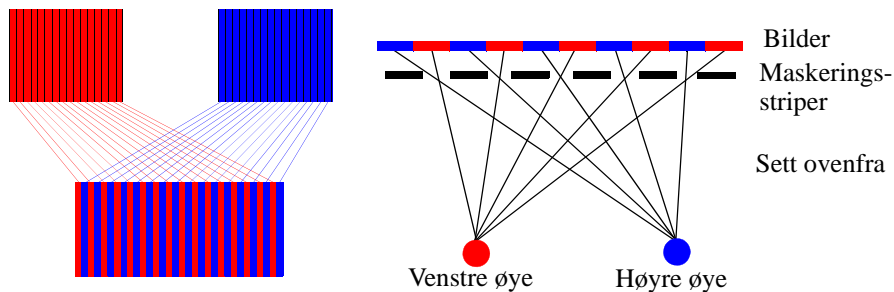
I dette avsnittet skal vi se på noen eksempler på *autostereoskopiske metoder* for å få fram tredimensjonale bilder. Felles for disse metodene er at de ikke krever briller eller andre innretninger foran øynene. De krever heller ikke noen spesiell form for skjeling eller trening av øynene for å kunne oppfatte dybden i bildene. Også disse metodene baserer seg på at høyre og venstre øye ser forskjellige bilder.

La oss først betrakte *parallaksisk barriere metoden* som er enklest å forstå.



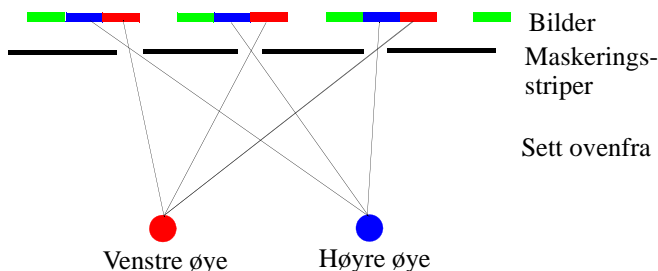
3.8.1 Parallaksisk barriere metoden (Parallax barrier method) [24] a)

To bilder er strimlet opp i smale striper og montert om hverandre som vist til venstre på figuren under. Foran det sammensatte bildet legges et finmasket stripenett som vist til høyre. Sett fra en bestemt avstand og en bestemt vinkel, vil det ene øyet bare se striper hentet fra det ene bildet, mens det andre øyet ser striper kun fra den andre. Dersom disse to bildene er stereoskopiske par, vil vi observere et tredimensjonalt bilde.



Denne teknikken er kjent helt tilbake til begynnelsen av 1900-tallet.

Den ble også videreutviklet til ikke bare å omfatte striper fra to bilder, men fra en rekke bilder. I slike tilfeller ville en ikke bare få stereoskopisk effekt, men kunne også frambringe en enkel bevegelse i bildet.



På figuren over er vist hvordan flere bilder kan settes sammen. Ett grunnleggende problem med denne teknikken, er at en så stor del av bildet må maskeres bort. Dette kan en unngå ved å bruke en flate bestående av sylindriske linser.

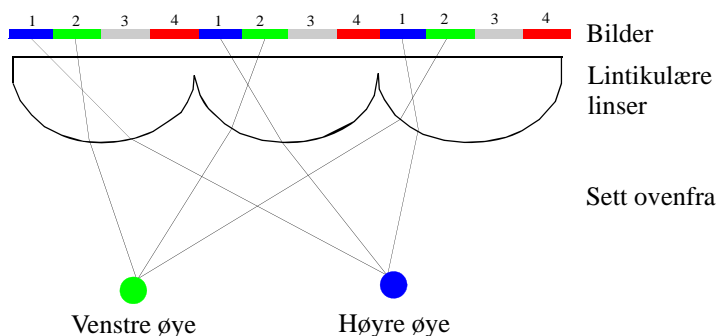
3.8.2 Den lentikulære metode [24] a)

Lentikulær betyr linseformet, men er blitt synonymt på et ark bestående av kolonner av sylindrelinser som viser et sammensatt bilde montert på baksiden av lensene (se figuren under). Lensene er formet slik at når øynene er plassert i rett avstand og på rett sted i forhold til lensene, så ser høyre og venstre øye to forskjellige bilder. Vanligvis ligger bildeflaten en fokallengde bak lensene slik alle bildestripene som tilhører samme bilde, settes sammen til et sammenhengende bilde når det



Speil, speiling og stereoskopisk syn

sees fra et bestemt sted og i en bestemt avstand. Ved bruk av lenikulære linser blir ikke bildene skjemet av slisser som skygger for deler av bildeflaten.



I tillegg til å gi inntrykk av dybde, kan også disse bildene gi “bevegelse”. Dette oppnås ved at ikke bare to bilder flettes inn i hverandre, men 4, 6, 8, 10 eller 12 bilder flettes sammen. På figuren over er fire bilder flettet inn i hverandre. I tillegg til å gi et tredimensjonalt inntrykk, er det dermed mulig å skape en meget enkel bevegelse. Ved å flette inn flere bilder kan en hel sekvens av bilder vises når det bildet vippes fra side til side.

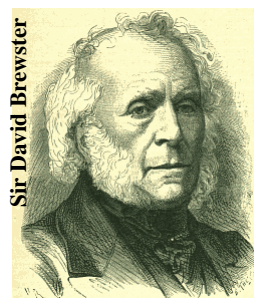
Bildene som sees gjennom linsene blir vanligvis bredere enn det bildet som skal vises. For å beholde et normalt høyde-breddeforhold, må derfor hver stripe av bildene komprimeres sideveis. Hvor mye hver bildestripe må trykkes sammen, bestemmes av antallet bilder i sekvensen.

Metoden ble oppfunnet på slutten av 1930-tallet og dannet grunnlaget for det amerikanske firmaet **VariVue**, viss forretningside var å produsere lenticulære linser for annonse- og PR-industrien. Mot slutten av 40-tallet ble denne teknologien brukt av brorparten av alle som ønsket å markedsføre seg og sitt produkt i USA. Også politikere laget buttons med bilde av seg selv i forbindelse med valgkamper. På midten av 50-tallet ble produktet lansert over hele verden og det gitt linsenser for produksjon i land over hele verden.

Selv om det er relativt enkelt å forstå prinsippene for lenticulære bilder, er det en kunst å framstille gode linser med tilstrekkelig presisjon til en akseptabel pris. Framstillingsmetoden er derfor holdt strengt hemmelig.

VariVue var også en av de første firmaene som startet produksjon av Fresnel-linser i 1961. Den delen av firmaet som produserte disse, gikk under navnet Vari-optics. I 1962 startet en annen underavdeling av firmaet, VariVue Aerospace å produsere plastikkartikler og spesiallinser for NASA [24] c).

I 1844 oppdaget den skotske fysikeren **Sir David Brewster** (1781–1868) at dersom han stirret på en tapet som gjentok et mønster mange ganger i begge retninger, så kunne han noen ganger få fram en illusjon av dybde. Dette skjedde når hvert av øynene så på hvert sitt bilde på veggen. Enten ved at synsfeltet hos de to øynene krysset hverandre, eller sprikte fra hverandre. Ved å variere hvor tett de gjentatte bildene sto, kunne han regulere dybdevirkningen [19] f).

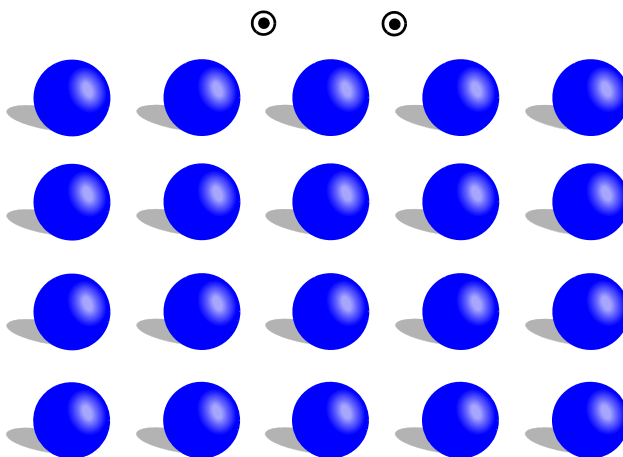




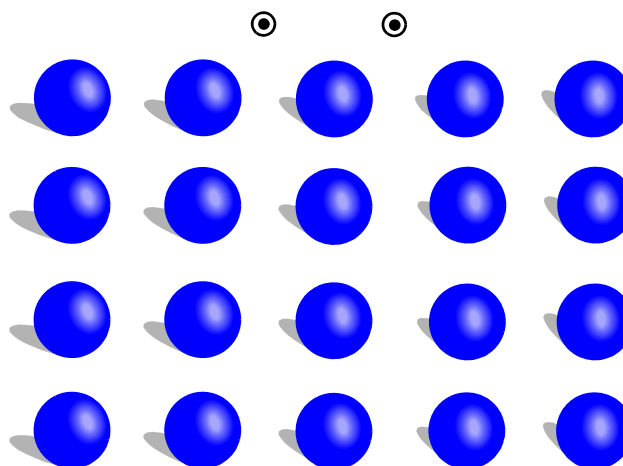
Også andre har erfart det samme som Sir David og det er oppstått en grein innen stereoskopisk visualisering som har fått betegnelsen *stereoskopiske tapetmønstre* eller *floaters*.

3.8.3 Stereoskopisk tapetmønster (“floaters”)

Tapetmønster gjentar seg gjerne med jevne mellomrom. Noen ganger når en sitter å stirrer inn i et tapetmønster som gjentar seg sideveis bortover en vegg, kan en plutselig oppleve å se dybde i mønsteret. Dette kan skje dersom en tillater seg å la øynene “flyte” litt slik at de gjentatte mønstrene som øynene ser, glir over hverandre. Figuren over viser et eksempel på et slikt mønster. De to ringene øverst skal hjelpe oss til å få bildene på plass. Når de to ringene faller over hverandre, er øynene på plass. Vi ser kuler med skygge og et skinn som antyder en lyskilde opp til høyre. Om en ser dybde i en slik figur er det en illusjon. Uansett hvor mye vi skjeler så er de to bildene som høyre og venstre øye ser, eksakt de samme. Det som skjer at hvert av øynene plukker ut to ulike deler av mønsteret, men fordi mønsteret gjentar seg så vil de to bildene være like.



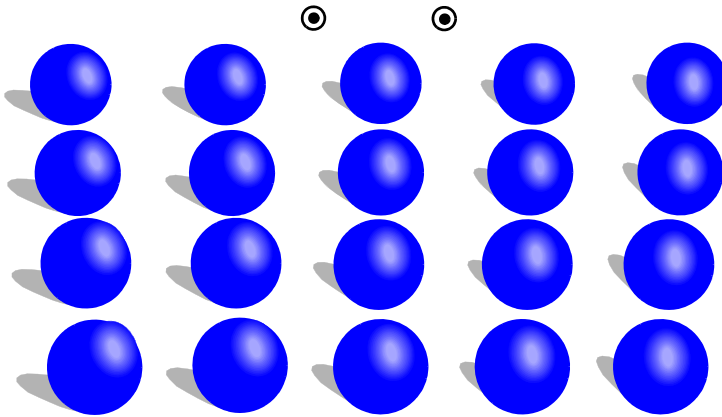
Det skal imidlertid ikke så mye til før dybdeeffekten kommer tydeligere fram. På figuren til høyre har vi endret på skyggene og skinnen i kulene slik det ville ha vært om lyskilden sto over den høyre skuldra vår. Kulene til høyre vil derfor være slik som høyre øyet vil se dem, mens kulene til venstre vil være slik venstre øye vil se dem, om de hadde vært tredimensjonale. Dette gjør at dybdevirkningen blir vesentlig kraftigere når vi “skjeler” kolonnene med kuler over hverandre. I dette eksemplet vil de to øyene se litt forskjellige bilder. Kulene vil komme opp av papiplanet dersom vi bruker den parallelle betraktningemetoden og under papiplanet om vi bruker den kryssede metoden.



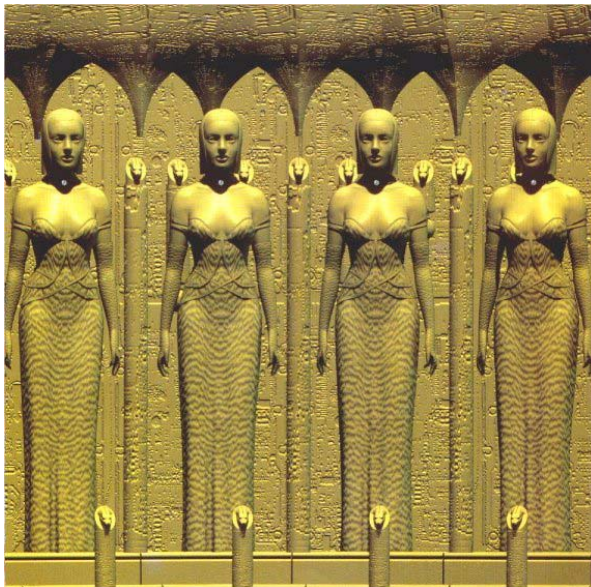


Speil, speiling og stereoskopisk syn

Effekten blir enda kraftigere dersom vi reduserer størrelsen på de øverste kulene, og plasserer dem som i et trapes. Så kan en fundere på hvorfor kulene har større innbyrdes avstand i øverste rad enn i nederste rad.



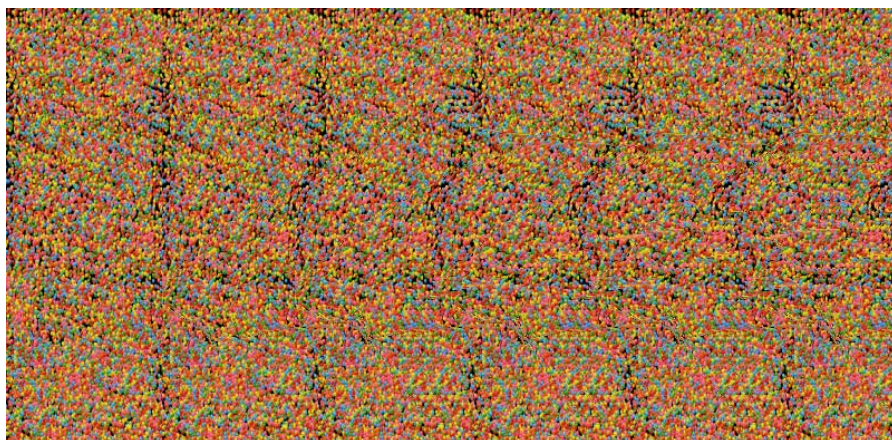
Forsøk å skjele to av kvinnene på bildene under, over hverandre. Lykkes du, vil du se en fantastisk dybdevirkning. På bildet ser du fire kvinner. Hvor mange ser du når du får fram dybdevirkningen?





3.8.4 Tilfeldighetsstereogrammer

På slutten av 1980-tallet dukket opp en rekke merkelig bilder som syntes å vise tilfeldige støymønstre, men som, dersom man klarte å “stokke” øynene riktig, framsto som flotte tredimensjonale former. Disse bildene har nå gjennom snart 20 år skapt fascinasjon og glede for noen, og frustrasjon og oppgitthet for andre som aldri har klart å få innsyn i denne merkelige verden. Figuren under viser et eksempel på et slikt bilde laget av **Fred Hsu** (mars 2005).



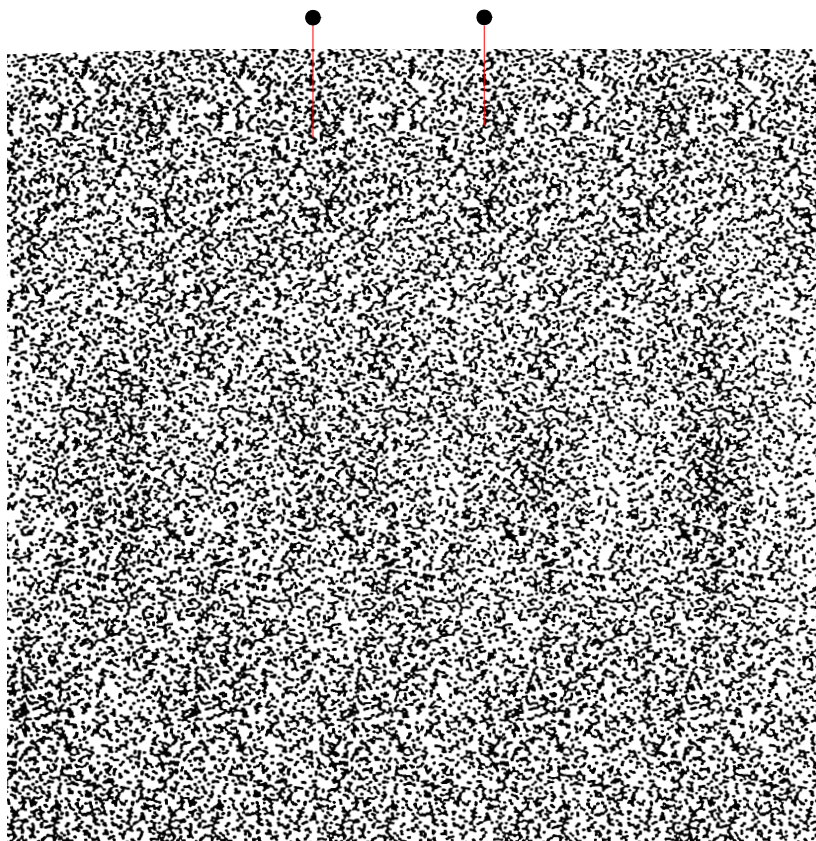
Ser vi nøye på bildet, vil vi oppdage at det er en viss periodisitet i mønsteret. Vi kan likevel ane at periodisiteten ikke er komplett, men avviker i deler av bildet²¹.

Ekspériment: 26 Se det skjulte bildet

Som sagt det er ikke helt enkelt å se disse bildene, men forsøk følgende metode på prikkmønsteret på figuren under. I denne figuren er det mulig å finne igjen periodisiteten i mønsteret. Siden det tredimensjonale uttrykket skapes ved at deler av mønsteret forskyves, kan det være lurt å lete etter periodisiteten i ytterkantene av mønsteret. Lag to prikker over mønsteret med en avstand lik periodisiteten. Ved å skjele, kan du få disse til å nærme seg hverandre. Når de overlapper er øynene riktig innstilt og du skal kunne se mønsteret ved å flytte blikket fra prikkene og ned på tilfeldighetsstereogrammet. Det krever litt trening og teknikk for å få det til, men har du først klart det en gang, er det lettere å få det til på nytt.

Bildet under viser bølger som brer seg ut fra midten av mønsteret.

21. Bildet er hentet fra Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Stereogram_Tut_Random_Dot_Shark.png
og forestiller to haier som svømmer ved siden av hverandre.



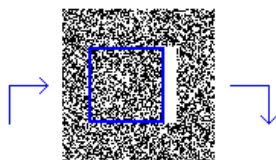
Bilder av denne typen kalles *tilfeldighets-stereogrammer* (Single Image Random dot stereograms), og inneholder skjult visuell informasjon. Fenomenet ble først oppdaget og studert av den ungarske forskeren **Bela Julesz**²² (1928 - 2003).

Julesz oppdaget dette fenomenet da han i 1940 fikk se to bilder tatt i rask rekkefølge fra et spitfire fly. Bildene viste et delvis islagt eleveløp, hvor isen fløt ned langs eleven. Da han la bildene ved siden av hverandre som stereoskopiske par, oppdaget han at bildene uventet ga inntrykk av en dyp kløft midt i eleveløpet. Siden bildene var tatt til litt forskjellig tid, og dermed viste en liten forflytning av isen, ble det inntrykket skapt at det var avbildet en dyp kløft²³.

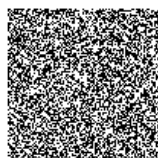
Tidligere trodde man at hjernen trengte et gjenkjennelig bilde, som synet kunne feste seg til, for å kunne "lese" og forstå bilder.

22. Se også <http://ur.rutgers.edu/medrel/viewArticle.html?ArticleID=3697>

23. Denne historien er hentet fra [19] e), en artikkel som også gir en god teoretisk forståelse for fenomenet.



Bela Julesz videreførte sin utforskning av fenomenet ved Bell laboratoriene på slutten av 50-tallet, i forbindelse med sin forskning på syn og oppfattelse av bilder (synspersepsjon). I 1959 publiserte han sine resultater, i en artikkelen hvor han viser hvordan det er mulig å skape tredimensjonale mønster i bilder som i utgangspunktet er uten mening.

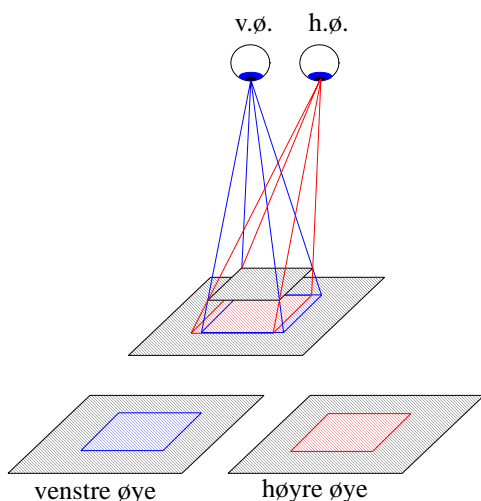


venstre øye



høyre øye

Han tok for seg et tilfeldig mønster med svarte og hvite prikker, som vist på bildet til høyre. I dette mønsteret klippet han ut et rektangel og forskjøv det mot venstre. Da fikk han et hvitt felt til høyre for rektangelet, som han fylte med et nytt tilfeldig mønster²⁴.



Når de to mønstrene skjeles over hverandre, vil øynene gjenkjenne mønstrene i de to bildene og tilstrebe å behandle dem som ett bilde. Imidlertid vil et rektangelært utsnitt i bildet til høyre være forskjøvet i forhold til mønsteret på bildet til venstre. Siden øynene våre er vant til å se gjenstander fra litt forskjellig vinkel på grunn av perspektivet. En slik forskyvning vil nettopp inntreffe dersom rektangelet svever over bakgrunnen, som vist på figuren til høyre, og hjernen vil tolke bildet som tredimensjonalt.

På de to figurene over, er bildet som høyre og venstre øye ser adskilte i et stereoskopisk par, et bilde for hvert av øynene. Om vi legger de to parene inntil hverandre vil vi riktignok få

et bilde med et delvis periodisk mønster og resultatet skiller seg ikke mye fra tapetmønster som vi så på i forrige avsnitt.

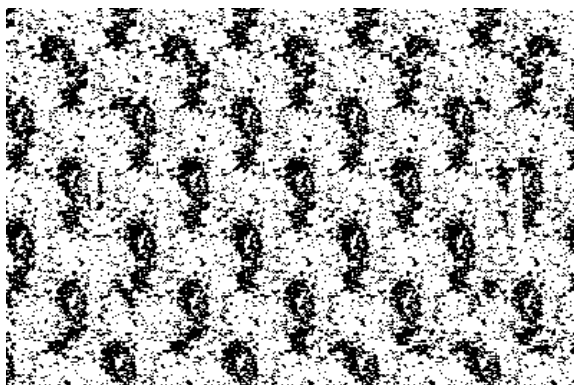
Nyere tilfeldighetsstereogrammer består som vi vet av et bilde, riktig nok med periodiske mønstre. Det som skiller disse bildene fra tapetmønstre og de opprinnelige tilfeldighetsmønstrene er, at de tredimensjonale strukturene strekker seg over flere perioder som vi har sett.

24. Figuren er hentet fra <http://www2.vo.lu/homepages/phahn/rds/history.htm>



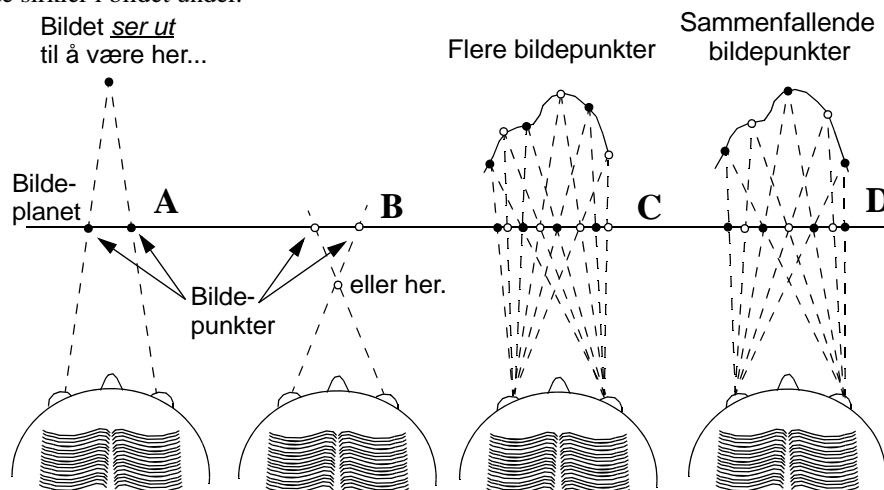
Speil, speiling og stereoskopisk syn

I 1979 fant **Christopher Tyler** i samarbeid med programmereren **Maureen Clarke** (ved Smith-Kettlewell ocular institute i San Francisco), en metode hvor de to bildene kunne legges over hverandre og det svevende tredimensjonale objektet kunne strekke seg over flere perioder av mønster²⁵. Denne nye teknikken ble kalt *auto-stereogrammer* eller *Single Image Random Dot Stereograms - SIRDS* siden det kun var nødvendig med et enkelt bilde.



For å forklare dette, må vi bruke en figur som er vist under.

Hvert av øynene fanger inn en rekke bildepunkter. Hvert punkt uttrykker deler av bildet sett fra forskjellige vinkler, det vil si sett fra henholdsvis høyre og venstre øye. Et bildepunkt som ligger enten bak eller foran bildeplanet (papiret) vil da måtte avbildes som to punkter i bildeplanet. Avhengig av om vi velger en parallell metode (A) eller en krysset metode (B) som vi punktett framstå bak eller foran bildeplanet. Dersom bildet skal inkludere farger og ikke bare gråtoner, må punkter som representerer samme punkt i bildet også ha samme farge. Dette er vist med åpne og lukkede sirkler i bildet under.



Skal vi gjengi en flate bakplanet kan denne gjengis som mange par av punkter som vist i figur C over. Dette vil medføre at bilde består av en mengde punkter som tilhører venstre øye, og en like stor mengde andre punkter som tilhører høyre øye. Siden begge øyne ser alle punktene, vil det være umulig å skille ut punkter som skal til hvert av øynene, bildet forblir en samling punkter uten mening.

25. Figuren er hentet fra <http://business.gorge.net/eyecare/explore/stereograms.asp>



Det geniale med Tayler og Clarces metode er at i stedet for å ha dobbelt sett av punkter, så plassers de slik at de punktene som det venstre øye skal se alltid sammenfaller med de punktene som høyre øye skal se. Det vil i praksis si at alle punkter har mening for begge øynene. Den eneste utfordringen er å stille inn øynene slik at punktene overlapper på riktig måte. En datamaskin sørger for å velge plassering av punktene slik at sammenfall alltid oppnås. Dette er illustrert i tegning D til høyre på figuren over.

I 1991 forbedret og videreutviklet kunstneren *Cheri Smith* og programmerne *Tom Baccei* og *Bob Salitsky* metoden slik at det også ble mulig å vise fargebilder. Denne metoden tillot også bruk av andre grunnmønstre enn svarte og hvite prikker. Metoden er patentert og ligger til grunn for forretningsforetaket *Magic Eye*. I løpet av 90-tallet produsert dette og andre firma en mengde bøker som viste slike bilder [19] c).

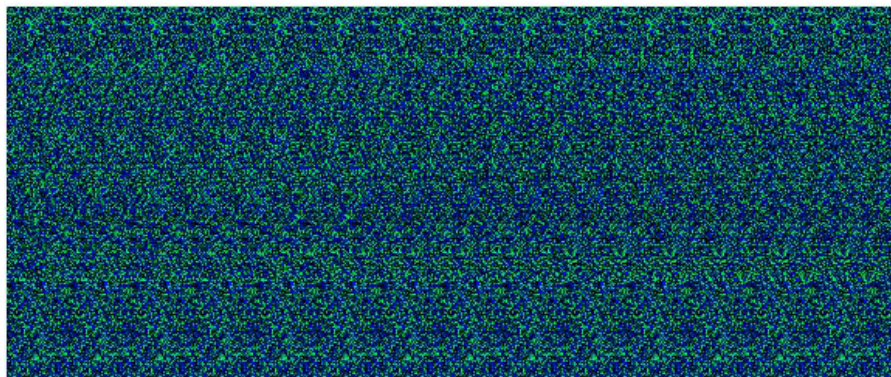
Bilder av denne typen er først og fremst estetiske og skaper fascinasjon ved at vi må streve for å avsløre "hemmeligheten". Men kanskje de også kan brukes til å sende hemmelige meldinger?

For den som ønsker en utfordring anbefales nettstedet: http://www.ryska.org/ryska_stereographs.html som tilbyr en animert versjon av slik bilder.

Ekspériment: 27 Lag egne tilfeldighetsstereogrammer

Kazuhiko Kondo fra Japan har laget en egen Java-applikasjon hvor det er mulig å lage egne stereogrammer. Programmet finnes på siden: <http://www.kondo3d.com/stereo/java/stereoword-e.html> og gir mulighet til å skrive inn tekst. Alternativt kan en få generert bilder som viser bølger i bevægelse eller tiden gjengitt digitalt.

Bildet under viser fornavnet til forfatteren i relieff



Bildet kan være vanskelig å se fordi de repeterende mønstrene ligger så tett inntil hverandre.

Dersom du lykkes, så vil du teksten til høyre.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

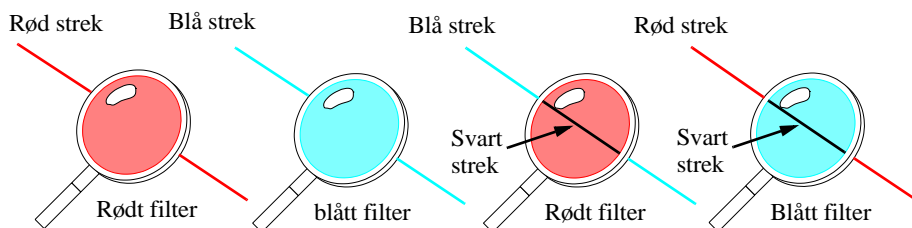
I det neste avsnittet skal vi vise hvordan vi kan skille bildene til hvert av øynene fra hverandre ved hjelp av fargede brilleglass.

3.9 Anaglyfer (røde og cyan (blå) briller)

Dette er en morsom teknikk som benytter seg av fargefiltre og komplementære farger.

Dersom vi holder et cyanfarget glass opp mot lyset ser vi at lyset som kommer ut på baksiden av glasset er cyanfarget. Det vil si at dette glasset slipper bare gjennom cyanfarget lys og stopper (absorberer) alle de andre fargene i det hvite lyset. Vi kaller dette glasset for et *cyan 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 filteret. På samme måten forsvinner en cyanfarget strek mot bakgrunnen når vi ser på den med cyan filteret.



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

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

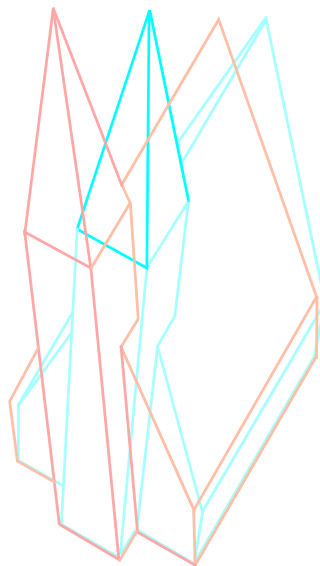
Til høyre ser vi en tegning av en kirke. Den er tegnet i to farger, en rød og en litt forskjøvet i cyan.



Ekspériment: 28 Anaglyfer

Til dette eksperimentet trengs et par filterbriller.

Med filterbrillene på vil hvert av øynene se et litt forskjellig bilde av kirken. Øyet med cyan filter ser bare den røde streken og øyet med det røde filteret vil bare se den cyan-fargede tegningen. Siden det ene bildet er tegnet sett fra en litt annen synsvinkel, vil vi bli lurt til å tro at kirken står opp fra papiret, og vi ser en tredimensjonal tegning av kirken.



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 tre-dimensjonale 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 landterner 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 dimensjoner²⁶.



W. Friese-Green

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”²⁷.

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 kunne de se den lykkelige slutten, mens de gjennom det grønne filteret så den tragiske slutten. En kan vel slå fast at ingen av avslutningene kunne sees i tre dimensjoner, [17] b).

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.

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

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



Speil, speiling og stereoskopisk syn

I løpet av de årene er det utviklet en praksis hvor med det røde filteret dekker det venstre øyet og det cyan fargede det høyre øye. Det antas at det ikke er noen fysiske årsaker til dette enn det rent praktiske. 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 – gyldengul (amber) fungerer meget bra for tomater vist mot en himmelblå bakgrunn.

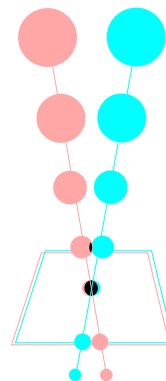
Som vi skjønner så vil den anaglyfe metoden all dri kunne gjengi farger på noen god måte. Ved bruk av rød – cyan kan en imidlertid oppnå ganske bra resultater dersom original bildene er fri for diss to fargene.

Eksperiment: 29 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 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 cyanfargede 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.

Dersom noen ønsker å gå mer grundig til verks, kan figurene konstrueres ved hjelp av geometriske metoder [6].

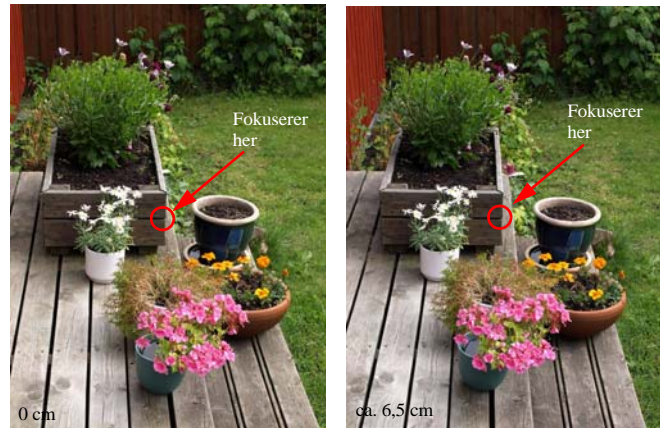
Er det så mulig å lage egne anaglyfe bilder. På begynnelsen av 2000-tallet utviklet **Etienne Monneret** og **Didier Lebouette** programmet Anabuilder som konverterer stereoskopiske bildepar til anaglyfe bilder. Programmet gir også rike muligheter for å optimalisere bildene slik at effekten blir best mulig.

Eksperiment: 30 Lag dine egen anaglyfer

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.

For detaljert beskrivelse av programmet og framstilling av anaglyfe bilder, se vedlegg G.

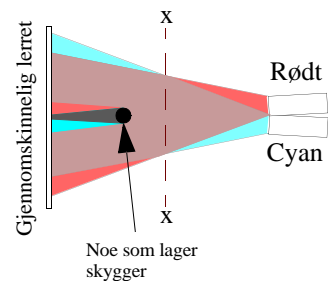


Du finner mange gode eksempler på anaglyfer på internett. Se f.eks. [17] a). Det finnes også eksempler på *fargede* anaglyfe bilder. Et godt eksempel finnes i [17] c).

Eksperiment: 31 Anaglyfe skygger

Til dette eksperimentet trenger du to lyskastere med henholdsvis rødt og cyan filter. Lyskastene må ha linser slik at de danner skygger med skarpe kanter.

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 gjennomskinnelig





Speil, speiling og stereoskopisk syn

lerret med briller med rød/cyan filter vil vi oppleve at disse skyggene svever foran eller bak lerretet avhengig av hvilket fargefilter som er plassert foran hvilket øye.

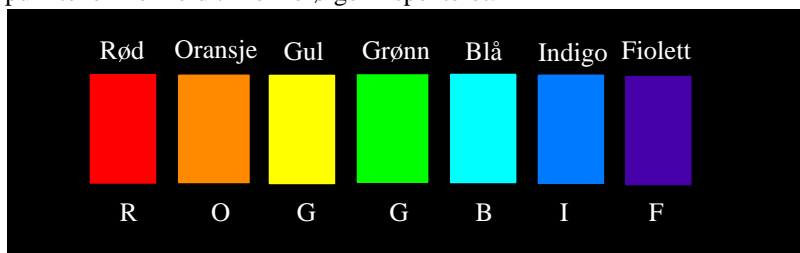
Kanskje en ide for å skape en renesanse for skyggeteater – *tredimensjonalt skyggeteater*.

3.10 ChromaDepth (“fargedybde”)

Som vi så i det forrige avsnittet så kan komplementære farger brukes for å skille bildet for høyre og venstre øye fra hverandre. En ganske ny teknikk som også benytter farger er kommet på markedet de siste årene.

Denne teknikken utnytter at lys med ulik farge brytes forskjellig i et prisme. Fordelen med denne teknikken er at bildet ser ut som et helt vanlig fargebilde for den som ikke bruker briller. For den som bruker briller vil alt som er rødt ligge nært observatøren, mens det som er farget blått vil ligge lengre borte fra observatøren.

Som vi husker så ligger fargene rødt og blått i ytterkantene av spekteret. Rødt brytes minst, mens blått brytes mest i et prisme. Alle mellomliggende farger vil brytes en vinkel som ligger mellom disse ytterpunktene i henhold til rekkefølgen i spekteret.



Dersom vi betrakter fargene på svart bakgrunn på figuren over med Chromadepth-briller, vil den røde til venstre komme ut av papiret, den grønne ligge omtrent i papirplanet, mens den indigo og fiolette vil ligge bak papirplanet. Dersom den fiolette fargen får for mye rødt, vil den igjen løftes fram og legge seg foran de blå fargene.

Hemmeligheten bak denne dybdevirkningen er at den røde flaten synes å komme fra en noe annen synsvinkel enn den blå på grunn av ulik brytning i glasset for de forskjellige fargene. På denne måten lures vi til å tro at de ulike fargene befinner seg i forskjellig avstand fra oss. Det eneste en trenger er et par ChromaDepth-briller.





Dersom vi tar på brillen og ser oss omkring vil vi oppdage at der lyse og mørke felter møtes, der oppstår kantspekter. Dette er vist på bildet til venstre hvor vi ser at overgangen fra lys til mørke gir et gult-rødt kantspekter, mens overgangen fra mørke til lys gir et blått-cyan spekter.

Det fine med denne teknikken er at det er lett å lage egne tegninger ved hjelp av fargestifter med litt kraftig farge. En trenger imidlertid briller for å kunne nyte resultatet.

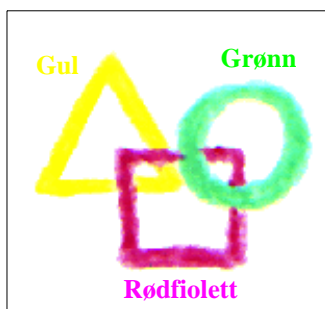
Ekspiriment: 32 Lag CromaDepth tegninger

Finn en kraftig gul, rød og grønn fargestift (f.eks. Crayola Crayon) og lag figurer på et stykke hvitt papir. Det beste resultatet oppnås dersom figurene tegnes på en hvit flate. Ta på brillene å se på bildet. Du vil nå se at de ulike delene av tegningen ligger i forskjellig avstand i forhold til papirplanet. Den gule lengst borte, den grønne nærmest og den rød-fiolette i midten [20].



Lista under angir hvordan de ulike fargene blir liggende i forhold til hverandre på hvit bakgrunn. De øverste på lista kommer nærmest, de nederst lengst borte [20].

- | | | |
|-----------------------|----------------|------------------------|
| 1. Sjøgrønn (nærmest) | 7. Rødfiolett | 13. Ferskenfarget |
| 2. Marinblå | 8. Fiolettrød | 14. Apprikosfarget |
| 3. Turkis blue | 9. Rød | 15. Grønnngul |
| 4. Kornblomst | 10. Nellikrød | 16. Gyllen |
| 5. Blåfiolett | 11. Rødoransje | 17. Gul (lengst borte) |
| 6. Purpur | 12. Guloransje | |



Normalfarger



Komplementærfarger

Så vil kanskje noen lure på om dette ikke avviker fra det først vi registrerte hvor vi påsto at rødt ligger fremst, grønt i midten og blått bak-erst. Vi må da huske på at den første fargepalletten lå på mørk bakgrunn og at lista over er satt opp for farger tegnet på hvit bakgrunn. Resultatet blir svært forskjell-

lig. Dette skyldes som vi så på bildet over, at kantspektrene blir forskjellige avhengig av om overgangene går fra lys til mørke eller fra mørke til lys når vi beveger oss i en retning over



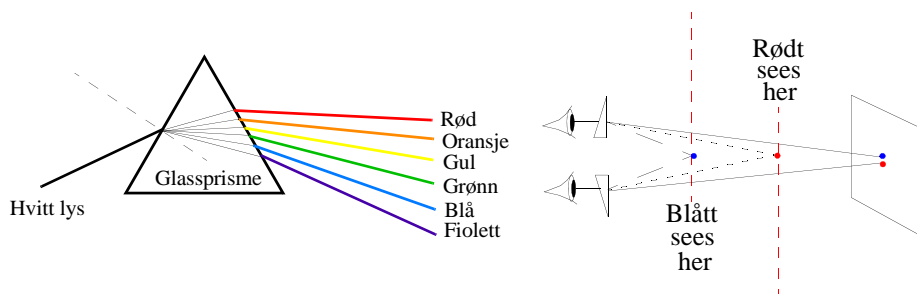
Speil, speiling og stereoskopisk syn

motivet.

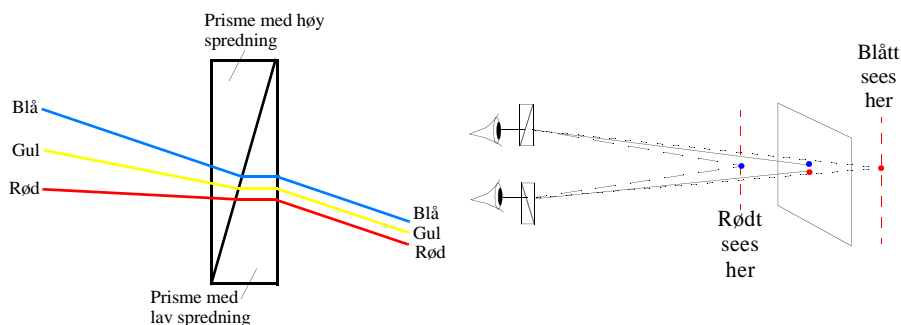
Legg også merke til at dersom bildet inverteres (invers video) slik at alle fargene erstattes med sine komplementærfarger og hvitt med svart, vil de enkelte komponentene i bildet beholde sin posisjon i dybden (se figuren over).

La oss se litt nærmere på hva som skjer når vi ser gjennom en slik spesiell brille [20]d).

Dersom vi bruker en brille som består av to vanlige prismer, som vist på figuren under, vil alle punkter rykke ut av papiret å komme unaturlig nært observatøren. Det blå nærmest og det røde lengst borte siden blått brytes mest og rødt minst. Legg også merke til at prismene står vertikalt slik at lyset brytes horisontalt og innover mot sentrum av synsfeltet.



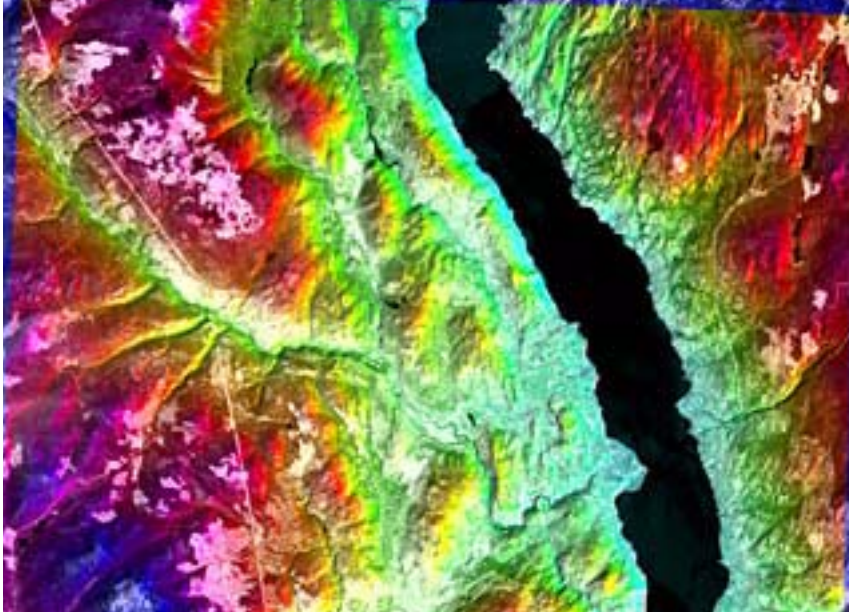
Dersom vi kombinerer to prismer med forskjellig brytning, vil fargene, fordele seg mer naturlig foran og bak papirplanet. De blå i passende avstand foran og de røde bak arket, som vist på figuren under. Dette skyldes at i et slikt sammensatt prisme vil rødt være den fagen som brytes mest.



Chromatek har klart å framstille doble prismer som en meget tynn og helt klar film til en meget konkurransedyktig pris. Fordel framfor mange andre metoder er at bilder av denne typen kan trykkes på vanlig måte i bøker, dessuten vil ikke bildet bli forstyrret for den som ikke har brillene slik som den anaglyfemetoden vil. Ulempen er selvfølgelig at det kreves spesialbriller som riktig nok ikke er dyre, men kan være vanskelig å få tak i.



Bildet under viser et eksempel på et 3D-bilde hentet fra nettsiden til et firma²⁸ som har anvendt metoden for å illustrere topografien i et landskap. Det er også utviklet programvare for å konvertere 3D-informasjon til farge²⁹



ChromaDepth konseptet ble oppfunnet på slutten av 1980-tallet av **Richard Stenblik** for å forsterke effekten ved bruk av fargebasert stereoskopi. Stenblik er i dag leder for firmaet Cromatech.

3.11 Polaroidteknikk for visning av 3D-film³⁰

Denne teknikken ble utviklet alt i mellomkrigstiden utnytter polarisering av lyset fra leretet. I 1937 lanserte Zeiss Ikon et konsept som ble kalt *Sterikon*. Den første fargefilmen (Agfacolor) som utnyttet denne teknikken, ble vist i Berlin i 1937. Høyre og venstre bilde var plassert ved siden av hverandre innen en bilde ramme. Teknologien ble videreutviklet og forbedret i Tyskland ut over i 1950-årene. De seneste årene er det kommet teknikker som gir meget gode resultater for visning av 3D-filmer basert på denne teknologien.

For å forstå hvordan denne teknologien fungerer må vi forstå hva *polarisert* lys er.

28. GIS awarenes package in agricultural research ([20] e).

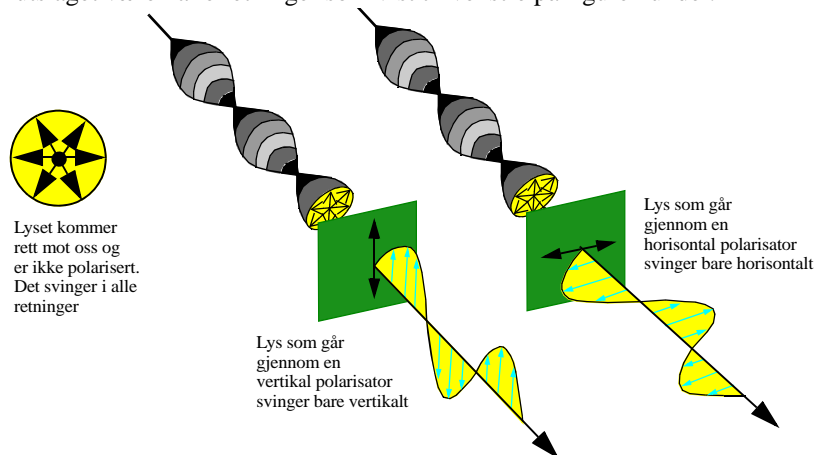
29. Se <http://web.engr.oregonstate.edu/~mjb/chromadepth/chromapaper.pdf>

30. Mesteparten av stoffet til dette avsnittet er hentet fra [14] d).



Speil, speiling og stereoskopisk syn

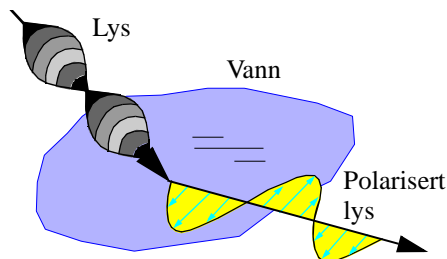
Lys kan betraktes som bølger i elektromagnetiske felter. De elektromagnetiske bølgene svinger på tvers av retningen til utbredelsen, akkurat som bølger i vann. Selv om svingningene alltid er på tvers, så kan utslaget være i alle retninger som vist til venstre på figuren under.



En polarisator er et filter som slipper gjennom lys bare svinger i en 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 [25].

.Det viser seg at lys som reflekteres fra, for eksempel en vannflate, polariseres horisontalt. For å hindre at en blir blendet av reflektert lys kan en benytte polaroid-briller som er vertikalt polarisert. Det vil si at lyset som reflekteres svinger stort sett bare i horisontalplanet. Briller som er polarisert vertikalt vil derfor ikke slippe gjennom det reflekterte lyset.

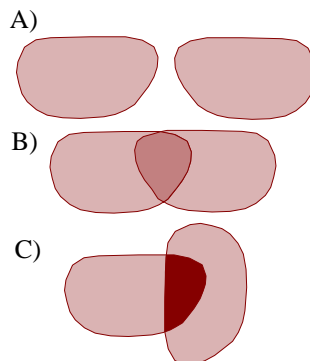


Eksperiment: 33 Polarisert lys

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 brilleglasset i forhold til det reflekterte lyset. Du vil da oppdage at når brillen holdes horisontalt i normal posisjon, så dempes reflekser bedre enn om brillen settes på høykant.

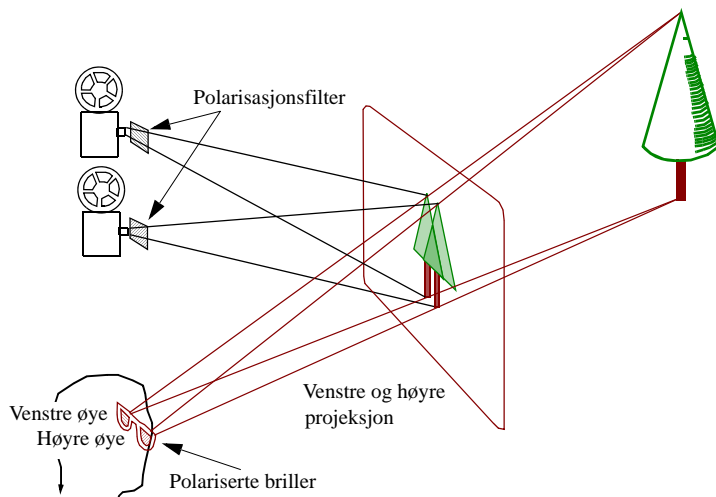


Om du har noen gamle solbriller så kan du ta ut glassene og holde dem opp mot hverandre som vist på figuren til høyre. Om begge glassene er orientert slik de står i brillen, vil du se at lyset som passerer gjennom begge er moderat dempet (B). Vrir du derimot det ene glasset 90°, vil du se at det slippes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



La oss se hvordan denne teknologien kan utnyttes til å lage 3D-film.

I solbriller farges glassene for å dempe lyset. Det er imidlertid ikke noe i veien for at blanke glass også kan polariseres. Dette er grunnlaget for visning av 3D-film basert på polarisasjonsfilter. Filmen er tatt opp ved hjelp av to kameraer plassert i øyenavstand. Ved visning av filmen plasseres et vertikalt polarisasjonsfilter foran den høyre framviseren, og et vertikalt polarisasjonsfilter foran den venstre framviseren. Tilskuerne benytter briller hvor høyre brilleglass er vertikalt polarisert, slik at dette øyet kun ser høyre bilde. Tilsvarende er venstre brilleglass horisontalt polarisert slik at dette øyet kun ser venstre bilde.



Siden opptaket er gjort slik at hvert av øynene ser objektet under litt forskjellig vinkel, oppleves dybde. Denne løsningen krever også meget god synkronisering av framviserne. Andre teknikker benytter en framviser som viser begge bildene. I denne teknikken plasseres enten bildene oppå hverandre innen samme bilderamme eller etter hverandre på filmen. I det siste tilfellet må bilde-takten hos framviseren doubles. Denne teknikken krevde mye av optikken i framviserne.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

Som omtalt foran så vil lys som reflekteres fra en vannhinne bli horisontalt polarisert. Skal denne teknikken fungere er det viktig at det polariserte lyset som treffer skjermen beholder polariseringsretningen mest mulig inntakt. For å oppnå dette er det utviklet spesielle skjermer belagt med et sølvbelegg av høy kvalitet. Vanlige skjermer lar seg ikke bruke.

Kvaliteten på brillene er også viktig. Kvaliteten kan lett undersøkes ved å holde to briller etter hverandre for så å vri glasset til den ene som omtalt foran. Brillor med god kvalitet slipper omtrent ikke lys gjennom to glass orientert på denne måten.

3.12 Pulfrich 3D-film

Dette er en spesiell teknikk for visning av 3D-filmer og er i liten grad tatt i bruk. I vår sammenheng er denne metoden imidlertid interessant fordi den utnytter en spesiell egenskap ved øyet.

La oss først se på et enkelt eksperiment.

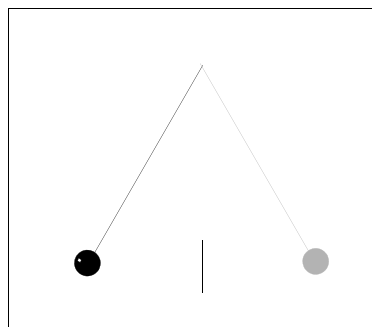
Eksperiment: 34 Pulfrichs illusjon

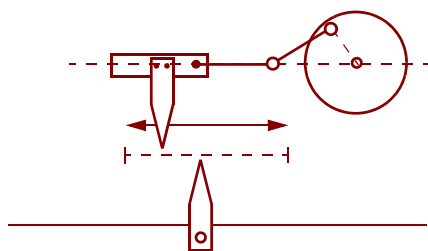
Heng et lite lodd eller kule i en snor foran et stykke hvitt papir som vist på figuren til høyre. Tegn en en liten strek der loddet er i ro. Dekk så det *ene øyet* med en mørk solbrille, sett pendelen i bevegelse fra side til side og se hva som skjer.

Dersom du har normalt syn på begge øynene, vil det se ut som om pendelen beskriver en elliptisk (oval) bevegelse innover i papiret. Det vil si at det kan se ut som den flate bevegelsen blir sirkulær. Dersom du skifter brillen over til det andre øyet, vil sirkelbevegelsen skifte retning.

Dersom du holder brillen foran høyre øye, vil det se ut som om pendelen beveger seg mot urviseren. Holdes filteret foran det venstre øyet, vil bevegelsen gå med urviseren. Effekten blir sterkere jo mørkere brilleglasset er.

Denne effekten ble først forklart i 1922 av den tyske fysikeren *Carl Pulfrich* (1858 - 1927), derav navnet. Det viser seg nemlig at nervecellene i øyet reagerer langsommere når lysintensiteten reduseres. Denne forsinkelsen kan være på flere tidels sekunder. Bildet sett gjennom filteret vil derfor være bli noe forsinket, i forhold til bildet sett uten filter. En slik forsinkelse vil også medføre at posisjonen til den svingende pendelen vil bli litt forskjøvet. Den eneste logiske tolkningen av en slik forskyvning av synsinntrykket, er at pendelen i løpet av bevegelsen også flytter seg bort fra eller mot observatøren. Det er derfor helt naturlig at hjernen tolker synsinntrykket som om bevegelsen også skjer i dybden, og at pendelen beskriver en sirkel i horisontalplanet.





Pulfrich kunne selv ikke se denne effekten da han i 1905 ble blind på det ene øyet. Figuren til venstre viser Pulfrich's eget apparat for å demonstrere denne effekten. Den besto av to markører hvor den øverste kunne beveges fram og tilbake ved hjelp av en arm festet eksentrisk til en rund skive med sveiv [21] d), mens den nederste markøren ble holdt i ro.

Figuren til høyre viser hvordan Experimentarium i København har realisaert Pulfrichs eksperiment.

Denne effekten ble prøvd på NRK-TV under olympiaden på Lillehammer. Man oppfordret publikum til å se på TV med et gråfilter foran det venstre øyet. Ting som beveget seg mot høyre syntes å være lengre borte, enn ting som beveget seg mot venstre. Det var nettopp denne effekten som ble utnyttet for å frambringe en illusjon av dybde da denne teknikken ble forsøkt benyttet for å lage tredimensjonal film.

Effekten blir også tydelig dersom en ser på en TV-skjerm med "snø" (det vil si uten signal). Følgende eksperiment illustrerer dette:



Foto: Nils Kr. Rossing

Eksperiment: 35 Bevegelig snø på TV

Sett TV-en til en kanal som ikke sender program, det vil si skjermen er dekket med tilfeldige hvite og svarte prikker som er i stadig bevegelse. Dersom du ser på skjermen med filter foran det ene øyet, vil det set ut som om skjermen er delt i to lag, det ene foran det andre, som beveger seg i forhold til hverandre. Det ene laget vil bevege seg mot høyre og det andre mot venstre. Dette eksperimentet er omtalt og vist i [21] a).

Men tilbake til 3D-film. Noen har prøvd å utnytte denne effekten til å gi inntrykk av tredimensjonalitet. Effekten er imidlertid kun virksom når objekter på filmen beveger seg. Det er derfor en forutsetning at kameraet er under stadig bevegelse under opptaket. Publikum blir utstyrt med briller hvor det ene øyet er dekket med et mørkt filter. Fordelen med denne metoden er at både opptaks- og fremviserutstyret er enkelt. Ulempen er at 3D-effekten er relativt begrenset og bare er tilstede når objektet beveger seg. Virkningen er tiltagende med økende bevegelseshastighet i bildet. Metoden har fått liten utbredelse, men har vært sporadisk brukt på TV.

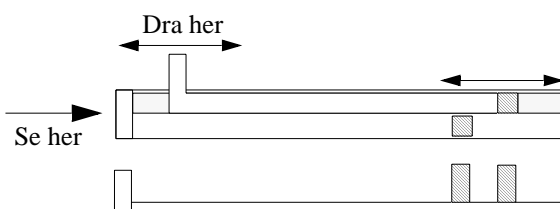


Speil, speiling og stereoskopisk syn

3.12.1 Stereoskopisk syn og avstandsbedømmelse

Vitensenteret i Trondheim har en modell hvor vi kan undersøke hvor flinke vi er til å bedømme avstanden mellom to gjenstander som står på rekke. Det er bare lov til å bruke et øye av gangen.

Modellen utstilt på Vitensenteret i Trondheim er vist på figuren under. Ved hjelp av en spak kan den ene av stolper flyttes i forhold til hverandre. De to stolpene betraktes på en drøy meters avstand. Oppgaven går ut på justere den bevegelige stolpen slik at den står på linje med den faste stolpen. Det ene øyet skal være lukket. Etterpå kan man lese av på en skala hvor flink man har vært til å bedømme avstand.



Modellen demonstrerer hvor vanskelig det kan være å bedømme innbyrdes avstand med bare ett øye. Hvis man er blind på ett øye, mister man dybdesynet. Det er imidlertid mulig, til en viss grad, å trene seg opp til å bedømme avstand ved hjelp av andre kriterier, som for eksempel størrel-

sen på gjenstander og personer. Det er imidlertid lett å bli lurt.

Dybdesynet er spesielt viktig når man for eksempel ferdes i trafikken. En feilbedømmning kan koste dyrt. Dyr er også avhengige av god avstandsbedømmelse for å overleve. Aper og ekorn trenger for eksempel godt dybdesyn når de skal hoppe fra tre til tre. Rovdyr trenger stereoskopisk syn når de jakter.

Planteetere som for eksempel elg, ku og kanin trenger i større grad å holde utkikk over et så stort område som mulig for dermed tidlig å oppdage rovdyr. Derfor er synsfeltet deres utvidet maksimalt ved at øynene er plassert på siden av hodet. Bare i en liten sektor rett fram overlapper synsfeltet fra begge øynene slik at de ser stereoskopisk.

Ved avstandsbedømmelse ute i naturen utnytter en at en har to øyne. En metode som blir benyttet i forsvaret er den såkalte Boermetoden som er beskrevet ganske kort i avsnittet under. Videre skal vi se hvordan vår evne til avstandsbedømmelse forvirres av omgivelsene.

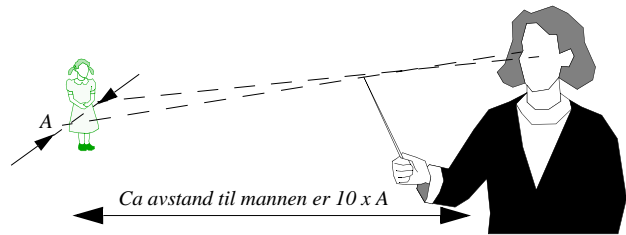
Eksperiment: 36 Avstandsbedømmelse: Boermetoden

Denne metoden ble benyttet under Boerkrigen i Sør-Afrika, derav navnet. Hold en blyant rolig på strak arm som vist på tegningen under. Lukk det



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

høyre øyet og sikt over blyanten mot målet. Legg merke til hvor blyantspissen befinner seg i forhold til målet.



Hold hodet helt i ro, lukk det venstre og åpne det høyre øyet. Sikt igjen over blyanten og legg merke til hvor mye blyanten har flyttet seg i forhold til målet.

Bedøm forflytningen i meter ved målet. Multipliser tallet med 10 og du har et ca. mål på avstanden til målet. Mål opp og kontroller at avstandsbedømmelsen er riktig.



4 Referanser

Literaturreferanser:

- [1] Mark Pendergrast, *“Mirror - A history of the human love affair with reflection”*, Basic Books 2003, ISBN 0-465-05470-6
- [2] Thom Boswell, *“The Kaleidoscop book - A spectrum of spectacular scopes to make”*, Sterling Publishing Co., Inc New York 1995, ISBN 0-8069-8370-1
- [3] Paul Doherty, Don Rathjen, *“The Magic Wand and other bright Experiments on Light & Color”*, The Exploratorium Science Snackbook Series 1995, ISBN 0-471-11515-0
- [4] David Hockney, *Den hemmelige kunnskap - Gjennomppdagelsen av de gamle teknikker*, Forlaget Press 2003, ISBN 82-7547-134-6
- [5] A. Alexander og Leif Johnsen, *Matematisk geografi*, Aschehoug, Oslo 1960.
- [6] Raymond Nicyper, *Construkting anaglyph images on Phantogram Perspective Charts*, Jerry Haines Sales 1994

Nettreferanser:

- [7] **Måling av avstand til månen:**
 - a) <http://www.jimloy.com/astro/moon0.htm>
 - b) <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEhelp/ApolloLaser.html>
 - c) http://www.fourmilab.ch/earthview/moon_ap_per.html
- [8] **Kaleidoskop:**
 - a) http://www.brewstersociety.com/brewster_patent.pdf
- [9] **Peppers spøkelse:**
 - a) http://www.acmi.net.au/AIC/PEPPER_BIO.html
 - b) <http://www.theatre crafts.com/glossary/pages/peppersghost.html>
- [10] **Trollspeil:**
 - a) http://www.exploratorium.edu/snacks/everyone_is_you_and_me.html
- [11] **Speilillusjon og fantomfølelse:**
 - a) <http://brain.oxfordjournals.org/cgi/content/full/126/3/579#AWG054TB1>
 - b) http://www.tbpiukgroup.homestead.com/mirrorbox_pics.html
 - c) <http://www.macalester.edu/~psych/whathap/UBNRP/Phantom/casestudies.html>
- [12] **Anamorfe bilder:**
 - a) <http://physics.uoguelph.ca/morph/main.html>
 - b) <http://myweb.tiscali.co.uk/artofanamorphosis/links.html>
 - c) <http://www.digischool.nl/ckv2/hof/anamorfose/anamorfofen.htm>
 - d) <http://www.counton.org/explorer/anamorphic/plane-anamorphosis/>
 - e) <http://www.geocities.com/SoHo/Museum/8716/index.html>
 - f) <http://www.anamorphosis.com/>



- [13] **Periskop:**
a) http://www.exploratorium.edu/science_explorer/periscope.html
b) <http://www.veteranshour.com/wwpage2.htm>
- [14] **3D med doble bilder/stereoskopi:**
a) <http://www.the-solar-system.net/earth/3d-gallery.html>
b) <http://www.geocities.com/stereoskopklubben/stereoskopi.htm>
c) http://www.funsci.com/fun3_en/stscp/stscp.htm
d) http://www.fiafnet.org/pdf/uk/Kap_5.pdf (Siste del - 3D-film)
e) <http://www.nikon.co.jp/main/eng/feelnikon/kumon/12e.htm> (lage stereo bilder)
f) <http://www.lhup.edu/~dsimanek/3d/illus2.htm> (meget bra)
- [15] **3D med enkelt bilde:**
a) <http://www.vision3d.com/stereo.html>
- [16] **Stereoskop:**
a) <http://www.perceptionweb.com/perc0302/editorial.pdf>
- [17] **Anaglyfer:**
a) http://www.rdrop.com/users/tblackb/3d_imag/3dIndex.htm
b) <http://www.sue-davis.net/e23d/history.html>
c) <http://users.ev1.net/~hindt/page000.html> (eksempel på fargebilde)
d) http://www.fiafnet.org/pdf/uk/Kap_5.pdf (Første del - Anaglyf film)
- [18] **Telestereoscope:**
a) Bygg et telestereoscope, <http://eyestilts.com/index.html>
b) S Bennett, J van der Kamp, G J P Savelsbergh, K Davids, “*Effects of telestereoscopic viewing*”, Eksperimental brain research, ISSN: 0014-4819 Issue: Volume 129, Number 3/ November 15, 1999 Pages: 0362 - 0368
c) F. Droin, “*The Stereoscope and Stereoscopic Photography*”, Reel 3-D Enterprises, Inc, ISBN 0-939617-02-1
- [19] **Tilfeldighets stereogrammer:** (Single Image Random dot stereograms - SIRDS)
a) <http://www.nottingham.ac.uk/~etzpc/sirds.html>
b) <http://www2.vo.lu/homepages/phahn/rds/history.htm>
c) <http://www.magiceye.com/index.htm>
d) <http://business.gorge.net/eyecare/explore/stereograms.asp>
e) <http://www.cg.tuwien.ac.at/~mroz/sirds/index.html> (meget god)
- [20] **ChromaDepth:**
a) <http://www.chromatek.com/index.shtml>
b) <http://dvl.sdsc.edu/chromadepth/>
c) <http://www.grida.no/cgiar/awpack/highres.htm> (teori/kartavbildning)
d) http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/sci_pub/bibpdf/1530.pdf
e) http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/ana/chromo/chromo_e.html
- [21] **Pulfrichs illusjon:**
a) <http://dogfeathers.com/java/pulfrich.html>
b) Jarl Walker, Amateur scientist, Scientific American mars 1978



- b) Jarl Walker, “*Visual illusion with random dots and television screensnow*”, Amateur scientist, Scientific American april 1980
- c) Jarl Walker, “*Illusions in the snow: more fun with random dots on the television screen*”, Amateur scientist, Scientific American mai 1980
- d) http://www.siu.edu/~pulfrich/Pulfrich_Pages/lit_pulf/1972_ChrisHof/art_t.pdf

[22] **Stereoskopisk fotografering av månen:**

- a) <http://astro.wasbo.net/Maane1.asp>
- b) http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Astronomy/Moon_Stereo/Moon_Stereo.html

[23] **Haploskop:**

- a) http://arapaho.nsuok.edu/~salmonto/VSIII_2005/Lecture7.pdf

[24] **Lentikulære linser** for stereoskopiske bilder:

- a) <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/stereographics/lenticular/>
- b) <http://www.stereoscopy.com/faq/lenticular.html>
- c) http://www.didik.com/vv_his.htm

[25] **Edwin Land's forsøk**

- a) <http://www.nap.edu/readingroom/books/biomems/eland.html>





Vedlegg A Kopieringsoriginaler

A.1 Mal til “speilsymmetrier”

Mønster

Grunnmønster

1.



Plasser vinkelspeilet slik at denne rosa dannes.



2.



Plasser vinkelspeilet slik at denne rosa dannes.



3.



Plasser vinkelspeilet slik at denne rosa dannes.



4.



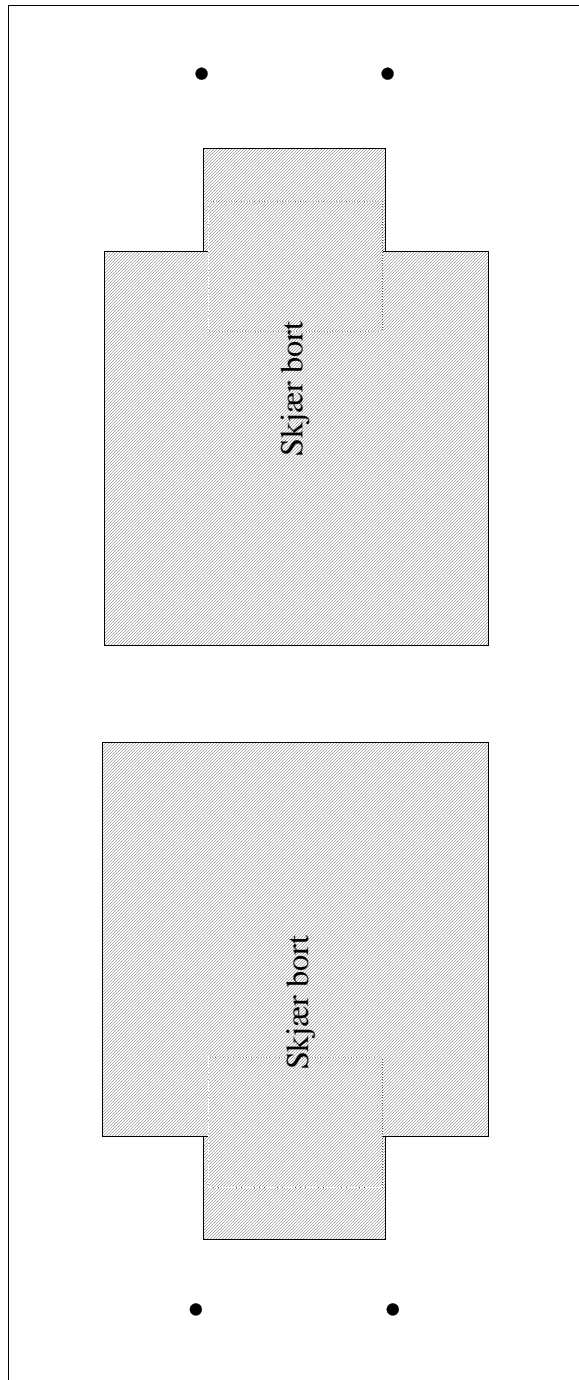
Plasser vinkelspeilet slik at denne rosa dannes.





A.2 Mal til holder for stereoskop

Malen må forstørres 120 % for at den skal passe til linsene fra biltema.



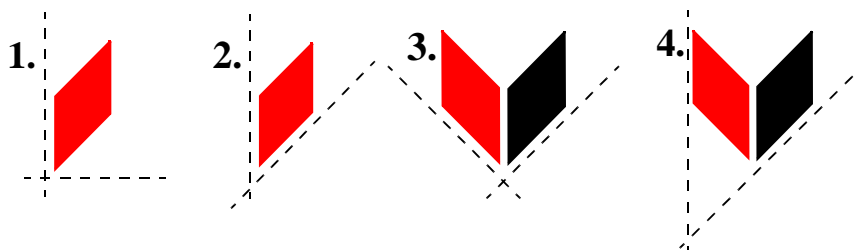






Vedlegg B Løsning på noen oppgaver

Løsning på eksperiment 10: "Speilmønster"



De stiplede linjene antyder plasseringen av speilene.

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



Vedlegg C Lag vinkelspeil og kaleidoskop

I dette vedlegget skal vi se hvordan vi kan lage fleksible vinkelspeil og kaleidoskoper:

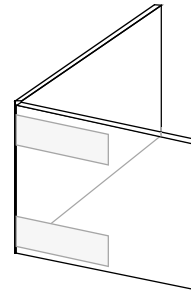
C.1 Lag et vinkel speil

Materialer: 2 stk 10 · 10 cm pleksiglass-speil
2 stk 8 cm elektrikertape

Verktøy: Saks

Alder: Ca. 10 år

Sett de to speilene inntil hverandre og tape dem sammen slik at de kan åpnes og lukkes.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

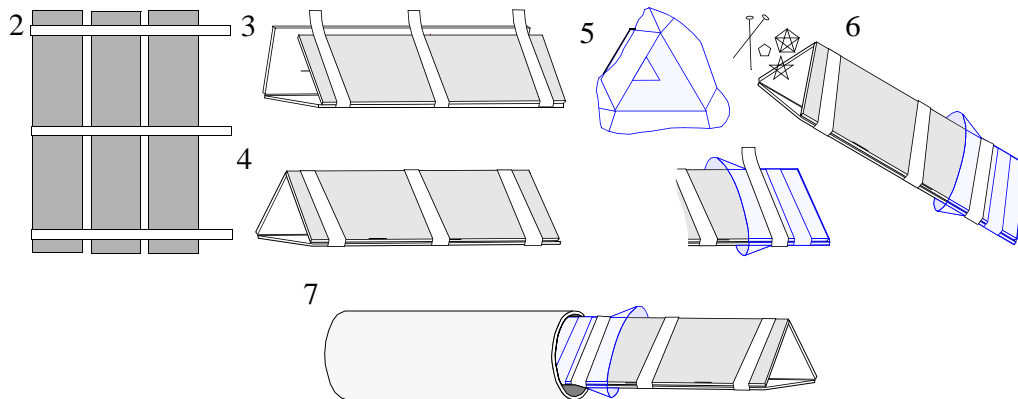
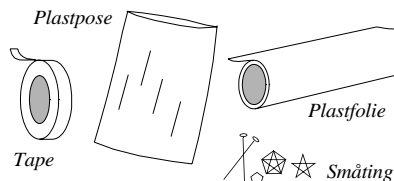
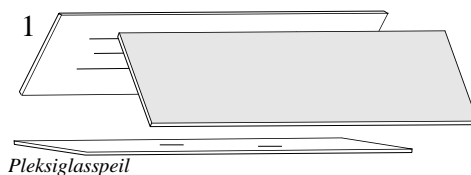
C.2 Lag et kaleidoskop

Materialer: 3 stk 4 · 24 cm
pleksiglass-speil
3 stk 16 cm elektriktape
1 stk papp-rør (om du har)
Plastpose eller Gla-pakk
Glanspapir (om du har)

Verktøy: Saks

Alder: Ca. 10 år

1. Skjær til tre pleksiglassspeil med en baufil (metallsag) eller annen fintinnet sag.
2. Legg de tre speilflisene utover bordet med speilsiden ned som vist på figur 2 til høyre. Flisene legges side om side med en avstand på 2 - 3 mm. Fest flisene til hverandre ved hjelp av tre lange tapebiter.



3. Snu flisene rundt og brett dem opp i en trekant som vist på figur 3 og 4.
 4. Bruk tapen til å holde flisene sammen.
 5. Fest en bit av en plastpose eller et stykke plastfolie over den ene enden ved hjelp av tape. Dette er bare nødvendig om du ønsker å legge inn små fargede perler, glassbiter eller lignende foran åpningen til kaleidoskopet.
 6. Legg noen løse småting opp i det trekantede røret og se mot et lyst vindu.
- For å gjøre kaleidoskopet mer robust, kan du skyve det inn i et papprør.

C.3 Beregning av speilbredden

Problemstillingen er følgende:

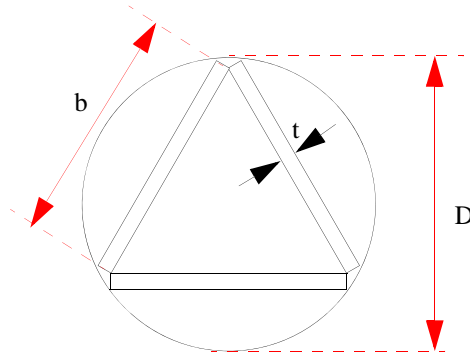


Speil, speiling, og stereoskopisk syn

Hvor bredt (b) må et speil være for at det akkurat skal passe inn i et rør med en diameter D, når speilet har en tykkelse på t.

Følgende formel kan benyttes:

$$b = (D - 2 \cdot t \cdot \sin(30^\circ)) \cos(30^\circ) \quad (\text{C.1})$$





Vedlegg D Bildebehandling

D.1 Bildebehandling med programmet GIMP

GimpShop er et gratisprogram som har mange av de samme mulighetene som PhotoShop. I dette avsnittet skal vi se hvordan vi kan bruke programmet til å utføre noen enkle funksjoner. Vi vil ikke gi noen fullstendig bruker manual, men konsentrere oppmerksomheten mot de funksjonene vi trenger for å gjennomføre noen enkle øvelser knyttet til bl.a. speil.

Programmet kan lastes ned fra nettstedet:

<http://gimpshopdotnet.blogspot.com/>


For å kunne installere programmet må du først hente ned og installere: *GTK+ 2 Runtime Environment (version 2.10.13, for Windows 2000 and newer)* som ligger på:

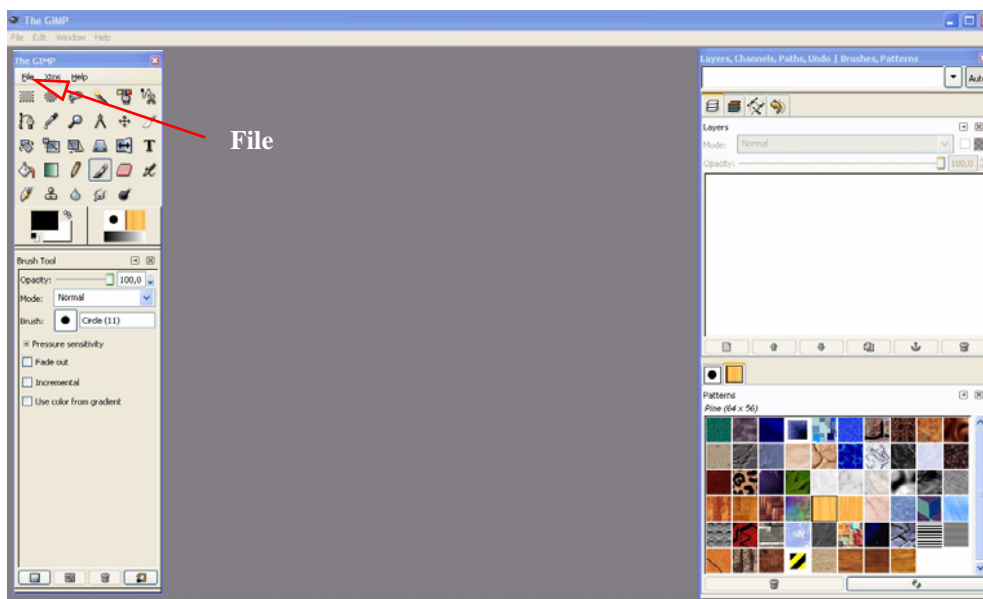
<http://gimp-win.sourceforge.net/stable.html>

Deretter pakkes programmene ut og installeres.

D.1.1 Introduksjon

1. Oppstart:

Når du trykker på ikonet  vil du få opp brukergrensesnittet til GimpShop som består av tre deler, Arbeidsbordet og to dekk. Vi skal i først rekke bruke dekket til venstre og kan lukke det til høyre.

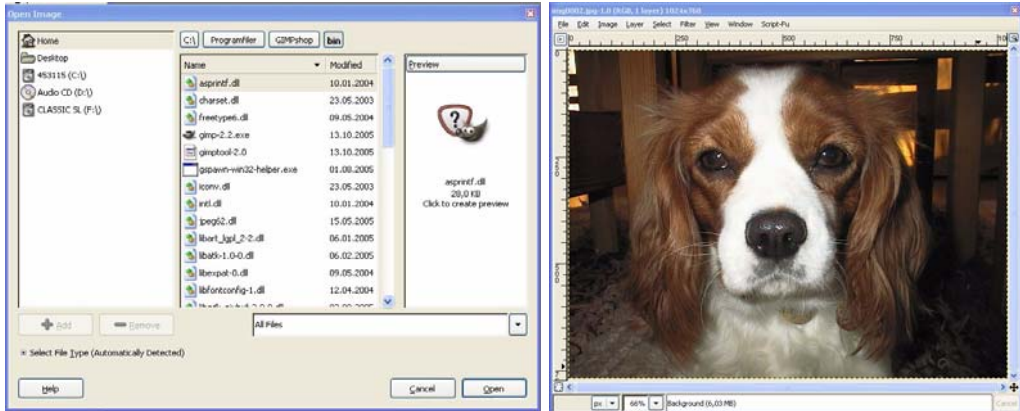


Siden vi skal utføre enkel bildebehandling skal vi først hente inn det bilde vi skal behandle.

2. Innhenting av bilder



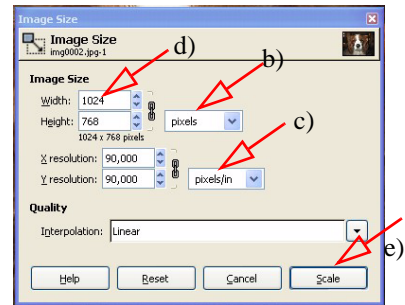
Vi henter inn vårt første bilde ved å velge File fra menylinjen fra dekket til venstre og deretter Open og får opp dialogvindu til venstre på figuren under. Vi velger fil og får opp et nytt dekk med bildet vi har hentet inn (til høyre på figuren under). La oss bare kalde *Bildedekket*



3. Reduser størrelsen av bildet

Dersom bildet vårt er for stort eller tar for mye plass kan vi ønske å redusere størrelsen. Dette gjør vi på følgende måte:

- Velg **Image Size** fra menyen **Image**, vi får da opp følgende dialogvindu (se til høyre)
- Velg **Persent** i dialogboksen øverst til høyre
- Velg **Pixel/mm** i dialogboksen nederst til høyre
- Endre **Width** til 50%, da vil **Height** automatisk endres til det samme.
- Trykk **Scale**.

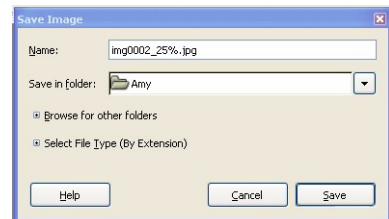


Bildet er nå skalert til halve bredden og halve høyden. Dette vil redusere filestørrelsen til 1/4 del.

4. Lagring av bilde

Vi skal nå lagre det skalerte bildet. Vi gjør det på følgende måte:

- Velg **Save as** fra menyen **File**
Da kommer dialogvinduet øverst til høyre opp
- Velg filnavn og katalog for lagring
- Velg ev. andre kataloger ved å velge: *Browse for other folders* eller annen filtype ved å velge: *Select File Type (By Extension)*.
.jpg er en grei filtype å velge.
- Velg tilslutt **Save**





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Vi vil nå få opp en ny dialogboks hvor graden av komprimering skal velges. Dette gjelder de filtypene som tilbyr komprimering.

- Velg de verdiene som står og trykk **OK**

5. *Hent seneste bilder*

Dersom vi skal hente inn en av de siste bildene vi har behandlet og lagret gjør vi slik:

- Velg **Open Recent** fra **File**-menyen

- Velg ønsket bilde

D.1.2 Lag utsnitt av bilder

I dette vedlegget skal vi beskrive hvordan vi kan lage utsnitt av bilder og sette sammen til nye bilder. Dette trenger vi dersom vi ønsker å utforske symmetrier i ansikter og lignende.

1. Hent inn bildet du ønsker å gjøre et utklipp fra som beskrevet i vedlegg D.1.1.

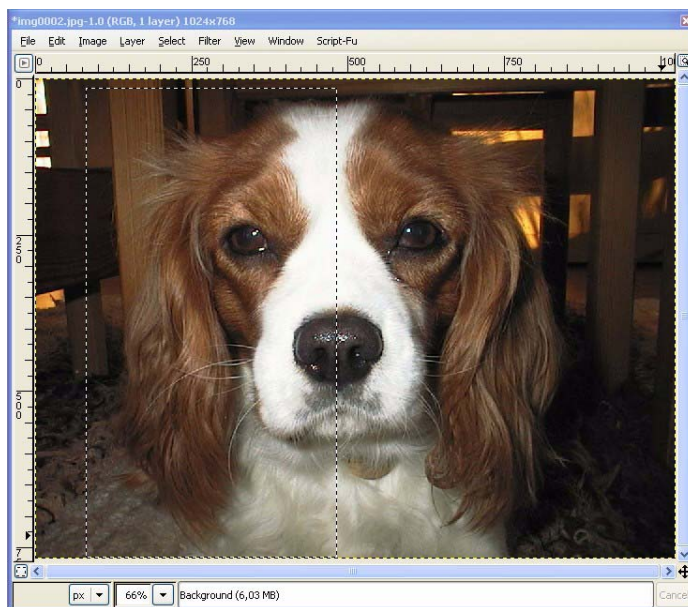
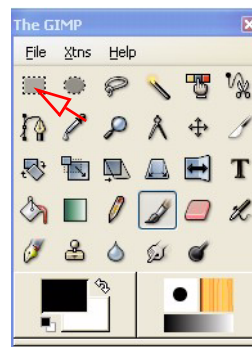
2. Velg rektangulær innramming fra tegne-menyen

3. *Ram inn og marker*

Ram inn den delen av av bildet du ønsker å klippe ut.

Dette gjøres ved å sette markøren i ett av hjørnene av utklippsrammen, trykke ned venstre musknapp og føre markøren ned til det diagonale hjørnet slik at det ønskede feltet blir markert (innrammet).

Dersom vi ønsker å undersøke symmetrien i et ansikt så rammer vi inn venstre eller høyre del av ansiktet slik at rammen passerer gjennom midtpunktet av nesen som vist på bildet under.





4. Klipp ut

- Fra **Edit**-menyen velg **Copy Merget**

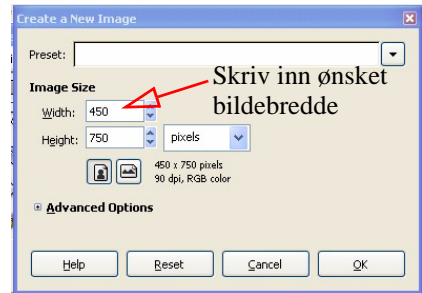
Den innrammede delen av bildet legges nå inn i klipparkivet

5. Opprett nytt bilde

Vi ønsker å legge det utklippede bilde inn i et nytt vindu

- Fra **File** menyen velg **New**

Vi får da opp en dialogboks hvor størrelsen på bildet kopiert til klipparkivet er valgt. Siden vi skal lage et bilde som består av to høyresider av ansiktet, øker vi bredden til det dobbelte. I vårt tilfelle fra 450 til 900. Høyden er den samme, så den endrer vi ikke.



Det opprettes nå et nytt bildedekkt som er tomt. Velg dette dekket ved å klikke på kanten. Kopier bildet inn i det nye dekket ved å åpne **Edit**-menyen og velge **Paste**.

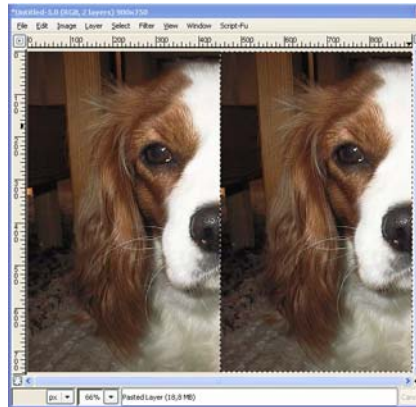
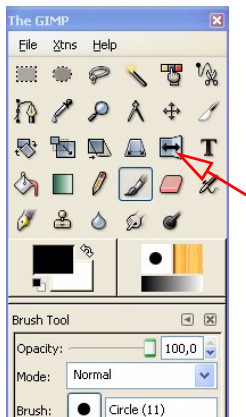
Det halve bildet legges nå inn midt i bildet. Dersom vi har klippet ut den venstre delen av ansiktet, legges bildet over til venstre kant, ved å gripe det med musa (pek på bildet, trykk venstre musknapp og dra).

6. Kopiere bildeutsnitt:

Vi ønsker å lag en kopi av utsnittet vi har tatt. Dette kan vi enklest gjøre ved å trykke **Paste** en gang til. Da kopieres en ny halvdel inn i bildedekket. Det nye halvbildet legges til høyre i bildeflata.

7. Speilvending av et bilde.

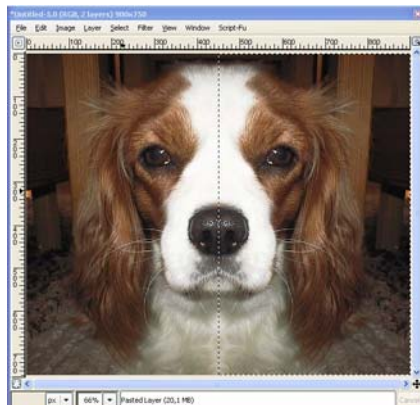
Vi ønsker å speilvende det høyre bildet. Dette kan vi gjøre ved å velge ikonet for vertikal speilving i tegne og editeringsmenyen til venstre for deretter å klikke på det høyre bildet.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Til slutt posisjonerer bildet ved å velge ikonet flytt for deretter å gripe bildet med musa (klikke på bildet og holde venstre musknapp nede) og flytte bildet slik at det er kant i kant med den venstre bildehalvdelen.



8. Tilslutt lagres bildet under ønsket katalog og filtype.

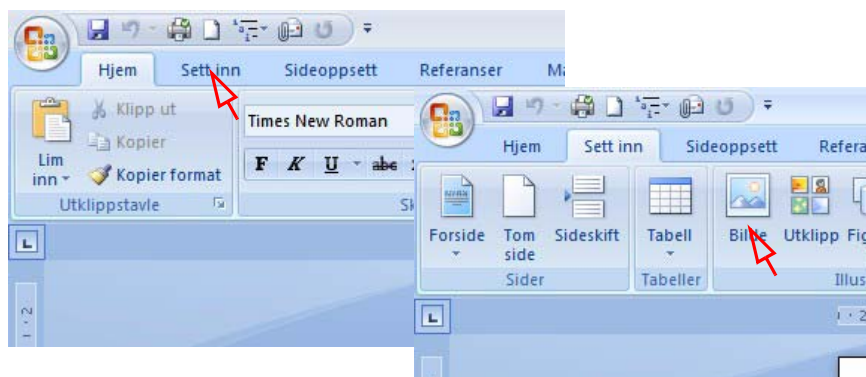
D.2 Enkel bildebehandling med Word 2007

Vi kan utføre enkel bildebehandling i Word. I dette vedlegget skal vi vise hvordan vi kan hente inn bilder, beskjære dem og spille dem i Word 2007.

D.2.1 Innhenting og skalering av bilder

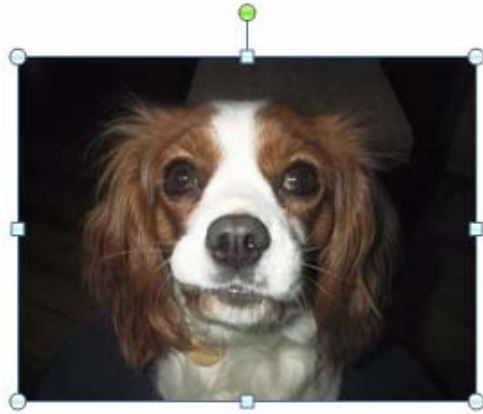
Ved oppstart av Word 2007, vil programmet tilby et dokument (tomt ark). Vi vil legge inn et bilde i dette arket.

Bildet hentes inn i teksten der markøren står ved å benytte **Sett inn**-menyen (til venstre på figuren under). Velg deretter **Bilder**, og finn ønsket bilde i aktuell mappe. I vårt tilfelle har vi ennå ikke skrevet inn noen tekst, så bildet vil legges aller først i tekstlinjen.





Dersom vi markerer bildet (trykker på det med markøren), vil bildet få "håndtak" langs kantene som gir mulighet til skalering, det vil si at vi kan endre bildets størrelse. De runde håndtakene i hjørnene, gir oss mulighet til å skalere bildet uten at forholdet mellom høyde og bredde endres (uforandret aspektforhold). De kvadratiske håndtakene midt på sidene, brukes for å trykke sammen bildet horisontalt eller vertikalt. Et rundt håndtak på stilk på toppen av bildet gir oss dessuten mulighet til å dreie bildet.



Dersom vi holder markøren midt over bildet, vil vi se at den endrer form til et kors med piler i fire retninger. Dette indikerer at bildet kan flyttes. Hadde bildet ligget i en tekst, ville det være mulig å flytte bildet til et annet sted i teksten. Vårt bildet er imidlertid bundet fast til startpunktet i teksten.

D.2.2 Frittflytende bilde

Til vårt formål ønsker vi at bildet skal kunne flyttes fritt rundt på arket. Dette får vi til ved å høyreklikke på bildet og velge **Tekst bryting**, og deretter **Foran tekst**. Ved å trykke og holde markøren over bildet, vil vi se at bildet kan flyttes hvor som helst på arket.

D.2.3 Beskjæring av bildet

Med et fritt bevegelig bilde, kan vi utføre ulike operasjoner på bildet. Til vårt formål vil vi ha behov for å beskjære bildet slik at høyre kant går gjennom midtpunktet av snuten på hunden. Gå fram på følgende måte:

1. Marker bildet ved å klikke på det. Vi får da opp menyen **Format** (Bildeverktøy). Til venstre i denne menylinjen finner vi verktøyet for beskjæring (**Beskjær**).

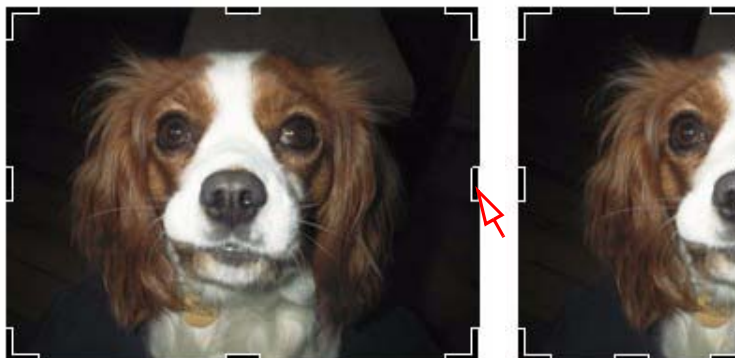


Merk! For å få fram denne menylinjen må vi markere bildet og om nødvendig trykk **Format** under **Bildeverktøy** (innrammet på figuren over).



Speil, speiling og stereoskopisk syn

2. Ved å velge **Beskjær**, vil det langs kantene av bildet komme fram nye håndtak som kan brukes til å beskjære bildet. Håndtakene i hjørnene gir mulighet til å beskjære både horisontalt og vertikalt i en



bevegelse. Håndtakene langs sidene gir mulighet til kun å beskjære i én retning. I vårt tilfelle er det kun aktuelt å beskjære vertikalt.

3. Beskjær høyre side ved å skyve høyre håndtak inn mot midten av snuten. Vi får da et bilde kun av venstre siden av ansiktet til hunden (se til høyre på bildet over).

D.2.4 Kopier bildet

Dersom vi skal studere symmetrien i et ansiktsuttrykk, må vi lage en kopi av venstre siden vi har skaffet oss. Dette gjør vi enklest slik:

1. Hold markøren over bildet og trykk Ctrl-tasten og dra markøren ut til siden idet du fortsatt holder venstreknappen på musa nede. Du vil da få med deg en kopi av bildet, som kan legges hvor som helst på arket.
2. Legg bilde tett inntil det andre bildet på høyre side.
3. Dersom bildet ikke kan beveges i vilkålige små trinn, kan det bety at bildet fester til et usynlig rutenett. Denne egenskapen kan oppheves ved å velge **Juster** fra menylinja **Format**. Velg så **Innstillinger for rutenett** nederst i nedtrekksmenyen.





Dermed fjernes markøren for **Fest objektet til rutenett** når rutenettet ikke vises. Velg **OK**.



Bildet skal nå kunne flyttes fritt rundt.

D.2.5 Speil bildet om en vertikal akse

Til sist ønsker vi å speilvende bildet om en vertikal akse. Dette gjøres på følgende måte:

1. Marker det bildet som ønskes speilet og velg **Roter** fra menyen under **Format**.



Dermed velg **Vend vannrett** fra nedtrekksmenyen. Dette gir speilvendning av bildet om en vertikal akse. Til venstre på figuren under er to venstresider satt sammen. Til høyre er to høyresider satt sammen til ett bilde.





Vedlegg E Nedlasting og installasjon av Anamorph me

I dette vedlegget skal vi beskrive i detalj hvordan programmet *Anamorph me* lastes ned og installeres på PC'en,

1. Gå til hjemmesiden: <http://myweb.tiscali.co.uk/artofanamorphosis/software.html>

Et stykke ned på siden finner du følgende:

(Source image of *Mona Lisa* is courtesy of Mark Harden's Archive - www.artchive.com.)

To download the software, simply click on the following link:

- [anamorphme02.zip](#) [250 Kbytes, and you will need an unzip program, such as [Aladdin Stuffit Expander](#)]

and follow the directions given in the README file:

- [AnamorphMe-README.txt](#)

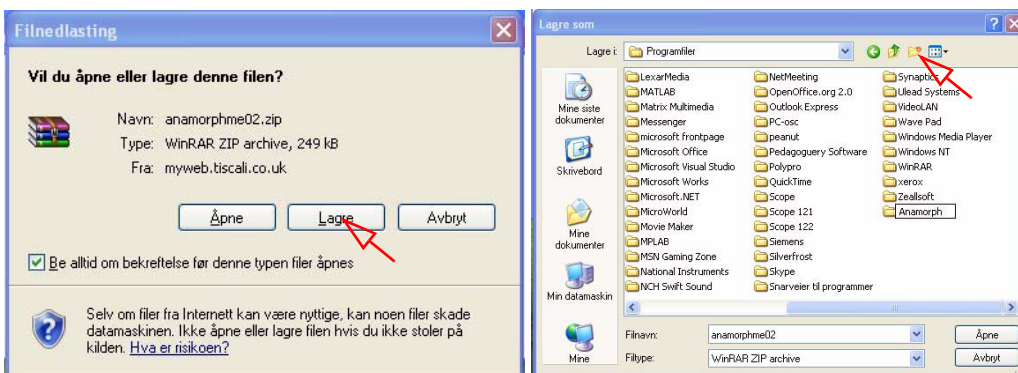
The *User's Guide* (PDF format, 1160 Kbytes):


- [UsersGuide.pdf](#)

If you do download and use the software, I'd appreciate an email (to phillip.kent@gmail.com) so I can keep track of who is using it.

Velg [anamorphme02.zip](#)

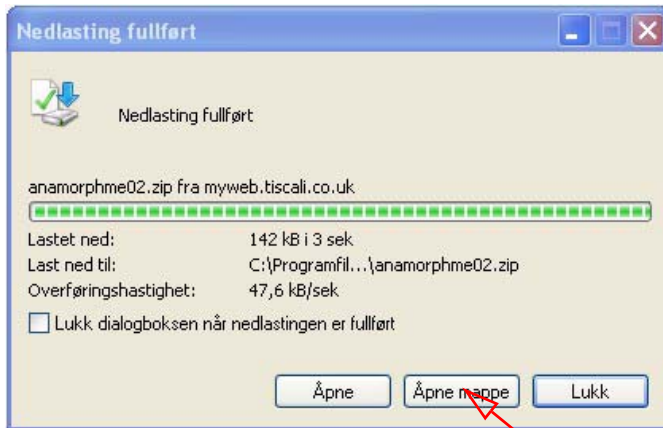
2. Du vil da få spørsmål om du vil kjøre eller lagere programmet. Velg **Lagre**.



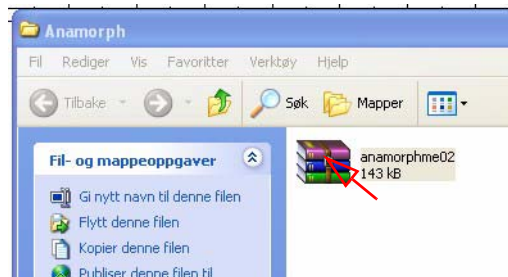
3. Deretter vil du få spørsmål om hvor du vil lagre fila. Opprett en ny mappe under **Programfiler** (eller **Program files**) med navnet **Anamorph** ved å trykke ikonet . **Åpne** katalogen og velg **Lagre**.



4. Når fila er lastes ned, velges **Åpne mappe**.



Du kommer inn i mappen og dobbeltrykker på den pakkede fila. Skal du lykkes med å pakke ut denne fila, er du avhengig av et utpakkeprogram (unzip eller winrar). Dette kan hentes på nettet f.eks. fra <http://www.stuffit.com/win/expander/index.html>.

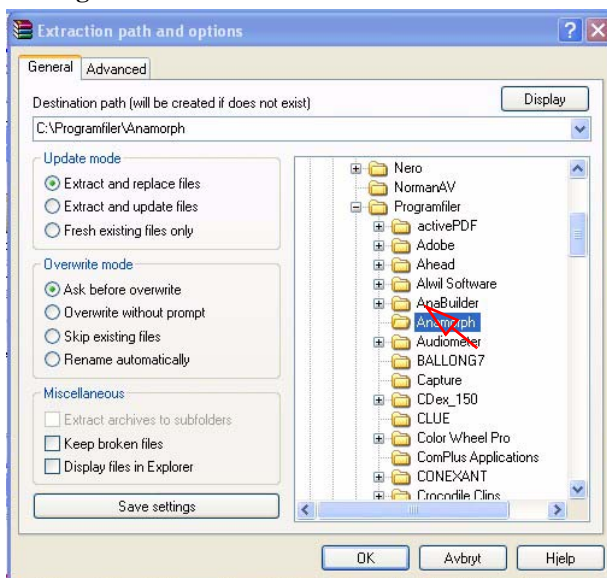


Dobbeltrykker du på fila, vil utpakkeprogrammet starte. Velg **Extract To**.

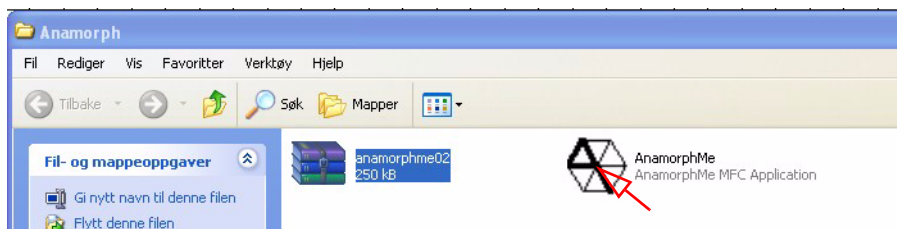




Velg en mappe hvor den utpakkede fila skal legges. Velg den samme mappen som sist: **Anamorph** under **Programfiler**.



5. Filen vil nå pakkes ut og du vil se at det dukker opp en ny fil i mappen.



6. Programmet starter ved å trykke på ikonet med musa. Det er ikke nødvendig å installere programmet.

7. Hent også ned [UsersGuide.pdf](#) som inneholder en bruker veiledning og les [AnamorphMe-README.txt](#) som gir tips dersom ikke alt skulle fungere ved oppstart.

(Source image of *Mona Lisa* is courtesy of Mark Harden's Arcthive - www.artchive.com.)

To download the software, simply click on the following link:

- [anamorphme02.zip](#) [250 Kbytes, and you will need an unzip program, such as [Aladdin Stuffit Expander](#)]

and follow the directions given in the README file:

- [AnamorphMe-README.txt](#)

The *User's Guide* (PDF format, 1160 Kbytes):

- [UsersGuide.pdf](#)

If you do download and use the software, I'd appreciate an email (to phillip.kent@gmail.com) so I can keep track of who is using it.



Vedlegg F Stereoskopiske bildepar, laboratorie

F.1 Framstilling av stereoskopiske bilder

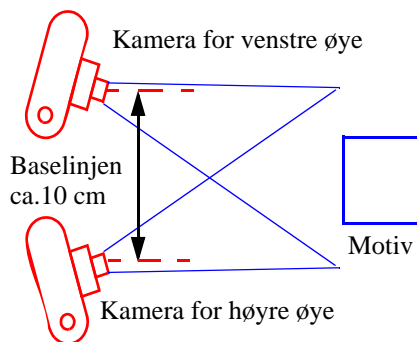
Framstilling av stereoskopiske bildepar kan gjøres på følgende måte:

1. Velg motiv

For å få størst effekt bør en velge et motiv som har stor dybde. Det vil si at bildet inneholder gjenstander i ulik avstand til fotografen i tillegg til en fjern bakgrunn. De nærmeste gjenstandene bør være så nær som mulig, men ikke nærmere enn at hele motivet blir skarpt.

2. Fotografer

Stå støtt eller bruk stativ. Fang motivet i søkeren og merk deg hvor bilderammens venstre og nedre kant faller i motivet. Ta bildet.



Flytt deg så ca. 10 cm til høyre og finn igjen det samme motivet ved å justere vinkelen på kameraet slik at det andre bildet i størst mulig grad, dekker det samme motivet, men fra en litt annen vinkel.

3. Last ned bildene til PC'en

Opprett en arbeidskatalog på skrivebordet på PC'en.

Koble kameraet opp mot PC'ens USB-inngang og bruk eksplorerer til å flytte bildene over til arbeidskatalogen. Navngi bildene slik at det er lett å finne igjen høyre og venstre bilde.

Bildene er nå klare til å lage et stereoskopisk par.

F.2 Bildebehandling i word for å lage stereoskopiske bildepar

I dette vedlegget skal vi ganske kort vise hvordan vi kan lage stereoskopiske bildepar ved hjelp av Microsoft Word 2007. I prinsipper kan det samme gjøres i Word 2003 eller et hvilket som helst annet tekstbehandler som kan inkludere bilder.

1. Opprett blankt dokument

Om det ikke alt ligger et nytt blankt dokument i tekstbehandleren, opprettes et nytt dokument i Word 2007 ved å klikke på knappen øverst til venstre (se symbol til høyre). Trykk *Ny* og dobbelklikk på *Tomt dokument*.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

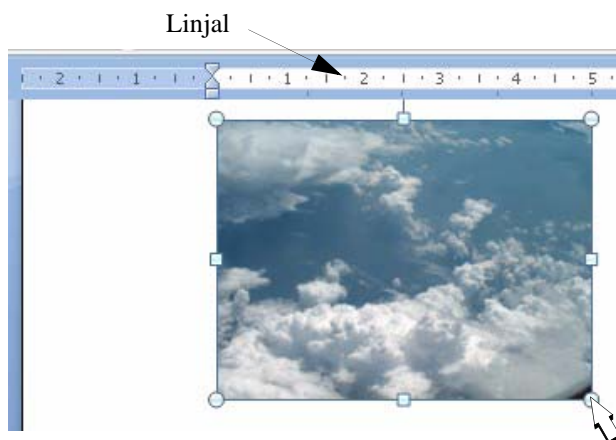
2. Sett inn bilder fra arbeidsområdet:

Sett inn to bilder, side om side, fra arbeidskatalogen.

Plasser markøren der bildet skal inn, for eksempel øverst til venstre på arket.

Trykk **Sett inn** på menylinja og klikk på **Bilde**.

Velg katalog og marker bildet som tilhører høyre øye. Trykk **Sett inn**.



Juster størrelsen på bildet ved å markere bildet og ta tak i hendelen nedest i høyre hjørne med markøren. Dra i hendelen til bildet er 5 cm bredt. Bruk linjalen øverst til å kontrollere bredden på bildet.

Dersom linjalen mangler. Trykk **Visning** på menylinja og kryss av for **Linjal** i menyen **Vis/Skjul**.

Plasser markøren på linja til høyre for bildet og sett inn tre mellomrom.

Trykk **Sett inn** på menylinja og klikk **Bilde**. Velg katalog (om nødvendig) og marker bilde som tilhører venstre øye.

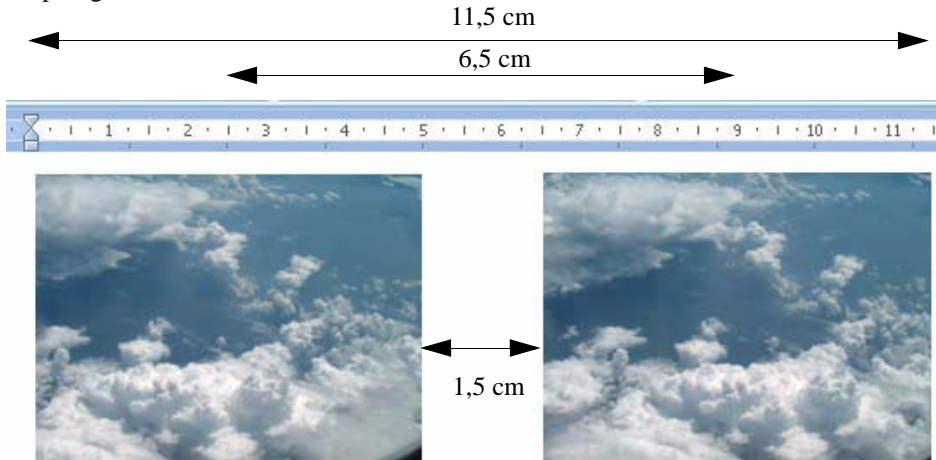
Bildet legger seg under det første og er alt for stort.

Ta tak i hendelen nederst i høyre hjørne med markøren og juster størrelsen. slik at det blir like stort som det forrige. Bildene ligger nå side om side.



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

Avstanden mellom øynene er ca. 6,5 cm. Plasser markøren mellom bildene og legg inn mellomrom til avstanden mellom midtpunktene er 6,5 cm. Siden bildebredden er 5 cm betyr det at høyre kant til høyre bilde skal være 11,5 cm til høyre for venstre kant til venstre bilde som vist på figuren under.



Bildene skal nå være tilpasset stereoskopet og kan skrives ut.

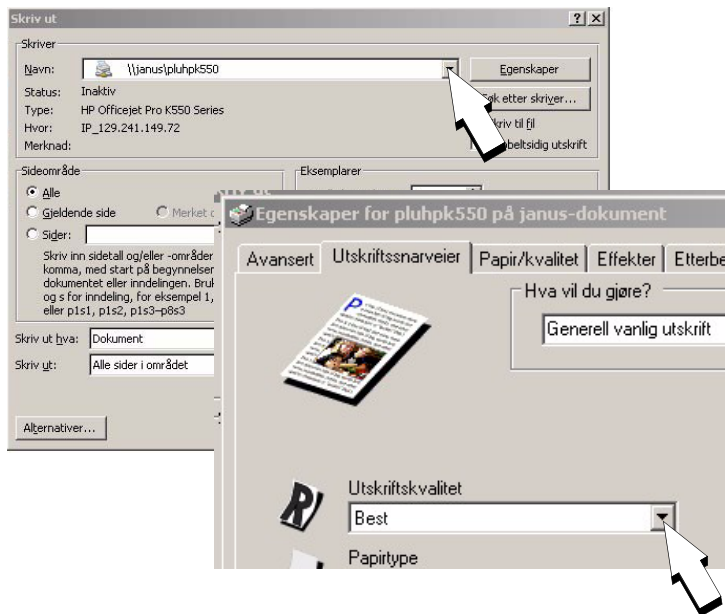
3. Skriv ut bilder til fargeprinter

For utskrift, trykk symbol øverst i venstre hjørne og velg **Skriv ut**.

Velg printerhp550 for å skrive ut til fargeprinter.

For best kvalitet, klikk på **Egenskaper** og velg **Best** i dialogboksen **Utskriftskvalitet**.

Dersom en bruker fotopapir eller glatt papir, får en vesentlig bedre kvalitet på bildene. I såfall må en velge papir og utskriftskvalitet deretter.



4. Justeringer

Prøv bildeparet i stereoskopet. Om nødvendig juster bildestørrelse og avstand mellom øynene og skriv ut på nytt.

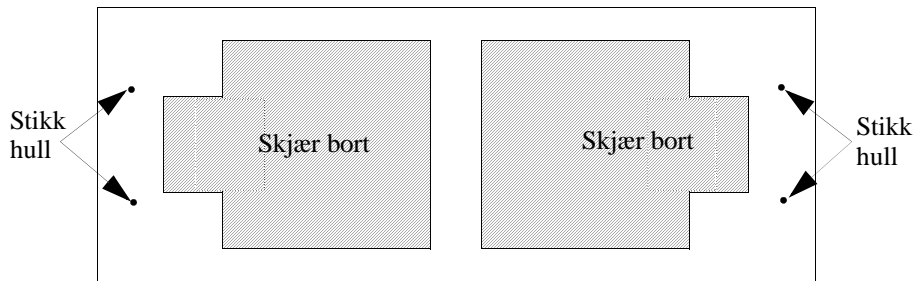


F.3 Lag et stereoskop

Vi skal nå beskrive hvordan vi kan lag et enkelt stereoskop ved hjelp av to forstørrelsesglass (50 mm 3,5x forstørrelsesglass, Biltema 21-620 pris 30,00, stål- eller messingtråd) og litt tykk papp (3 – 5 mm).

1. Holderen

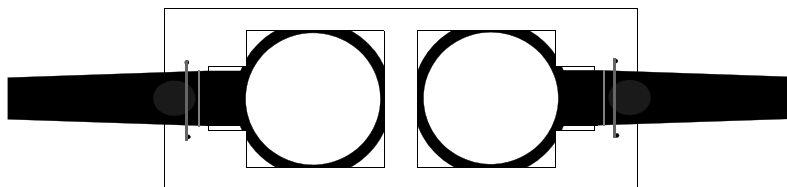
Skjær ut holderen i tykk papp i henhold til malen. Malen finnes i vedlegg A.2.



Stikk hull for metalltråder på hver side.

2. Monter lensene

Linsene monteres ved å stikke dem gjennom hullet og legge håndtakene i de brede spaltene slik at håndtakene stikker ut til høyre og venstre.



Fest lupene ved å legge en messingtråd over håndtakene og tvinn på undersiden.



3. Bruk stereoskopet

Hold stereoskopet over bildene slik at høyre bilde kommer rett under høyre linse og venstre bilde under venstre linse. Juster avstanden til bildene slik at du ser skarpt.

Dersom en bruker briller kan det være greit å ta av brillene. De som bruker briller med svært forskjellig styrke på høyre og venstre glass, kan ha problemer med å se skarpt på begge øynene samtidig og dermed ha problemer med å få fram den stereoskopiske virkningen.



4. Eksempel

Bildene under viser et eksempel på et stereoskopisk par tatt fra fly.



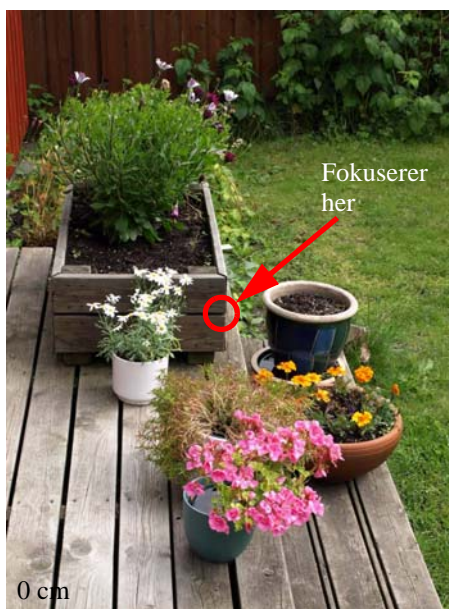


Vedlegg G Framstilling av anaglyfer, en laboratorieøvelse

G.1 Ta stereoskopiske bildepar for anaglyfer

Vi har tidligere omtalt hvordan en kan lage stereoskopiske bildepar. Vi skal her bare gi noen enkle tips ved framstilling av anaglyfe bildepar.

1. Sett bildeoppløsningen slik at den blir mindre enn 1000 x 1000 bildepunkter og bruk komprimering (for eksempel jpg) slik at filene ikke blir for store (< 500kByte).
2. Finn et motiv med dybde. Det vil si at noe er i forgrunnen og noe i bakgrunnen og at noe er omtrent midt mellom. Avstanden til det bakerste objektet av interesse bør ikke være mer enn 8 meter.
3. Finn et punkt i bildet omtrent midt i dybdeperspektivet. Det vil si, ikke ved gjenstandene lengst bak i motivet eller gjenstandene helt i forkant. Velg et punkt på en gjenstand omtrent midt i den perspektiviske dybden. Se bildet under til høyre.



4. Flytt deg ca. 6,5 cm til høyre (øyeavstanden), fokuser på det samme punktet midt i bildet som sist. Kameraet skal flyttes horisontalt. Unngå dreining. Dersom du har et merke i søkeren midt i bildet og du sørger for at dette er på samme sted på begge bildene, er det liten fare for vertikal forskyvning. Du kan imidlertid lett komme til å dreie kameraet litt. En slik dreining er uheldig for resultatet og bør unngås. Det kan derfor være en fordel å bruke stativ.
5. Etter at bildene er tatt, lagres de slik at de er tilgjengelige for AnaBuilder.



G.2 Framstilling av anaglyfer ved hjelp av AnaBuilder

I dette vedlegget skal vise hvordan vi kan bruke programmet AnaBuilder til å lage anaglyfe bilder. Programmet er laget av *Etienne Monneret* og *Didier Leboutte*. Programmet er gratis for privat bruk og til undervisningsformål, og kan fritt lastes ned fra nettadressen:

<http://anabuilder.free.fr/welcomeEN.html>

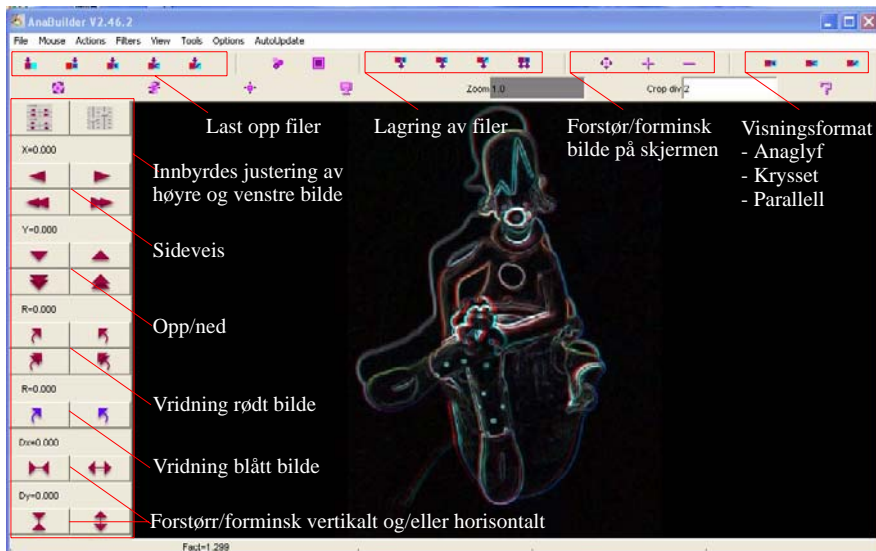
Trykk deretter symbolet  i menylista til venstre, og velg:

AnaBuilder + Doc + Optional extensions + Java Virtual Machine : 21 Mo

Pakk ut programmet og installer som beskrevet på nettsiden.

Slik lages anaglyfe bilder med programmet AnaBuilder:

1. Før vi starter må vi ta et stereoskopisk par, det vil si to bilder. Se vedlegg G.1 for tips til hvordan dette kan gjøres.
2. *Start programmet* og få fram startvinduet



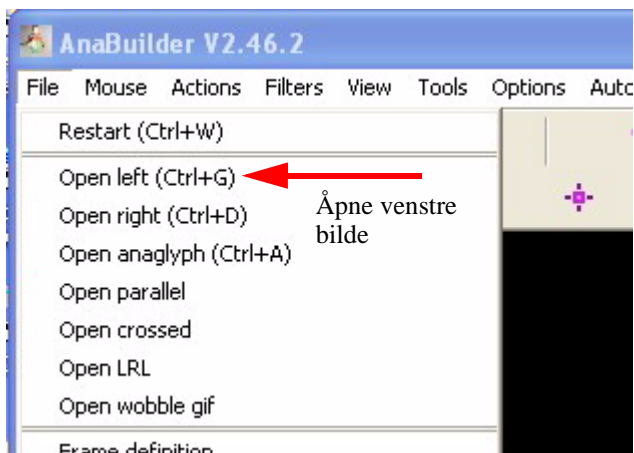
Noen viktige kommandoer er lagt ut som ikoner (og hurtigtaster). Funksjonen til noen av disse er beskrevet på bildet over. Disse og mange flere kommandoer finnes igjen i rullegardinmenyene på menylinjen. For å lage vårt første anaglyfe bilde trenger vi ikke mange av disse.




Speil, speiling og stereoskopisk syn

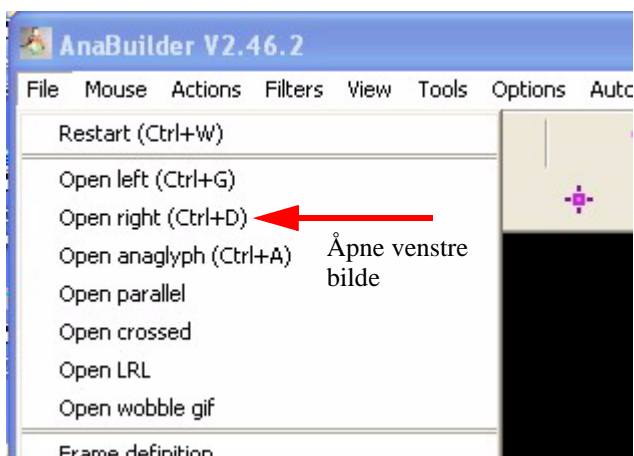
3. Åpne venstre bilde

Hent inn venstre bilde ved å åpne menyen **File** eller trykke på ikonet .



4. Åpne høyre bilde

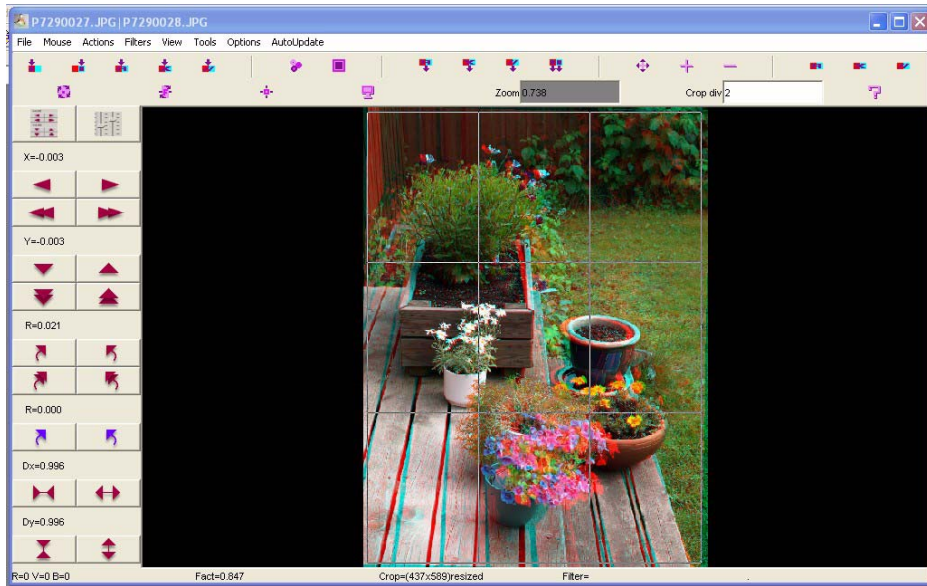
Hent inn høyre bilde ved å åpne menyen **File** eller trykke på ikonet .





5. Det anaglyfe bildet

Idet det høyre bildet er lastet opp, dannes et anaglyft sett av de to bildene, som vist under.



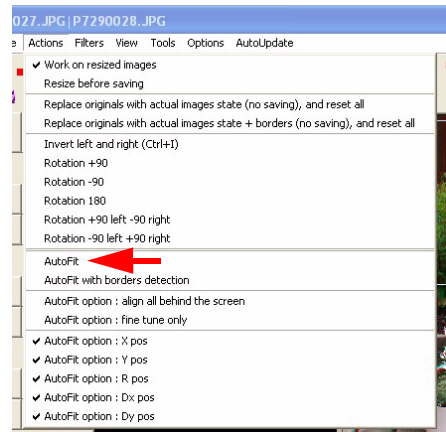
Her skimter vi de to bildene lagt over hverandre. Det ene er farget rødt og det andre cyan. Disse to fargene er komplementære. Farget på denne måten vil vi med venstre øyet, som er dekket av det røde filteret, se bildet som er cyan-farget, mens vi med det høyre øye, som er dekket med det cyan-fargete filteret, se det røde bildet.

6. Automatisk justering

Om bildene ikke er perfekt posisjonert i forhold til hverandre, så vil det være behov for å justere bildenes innbyrdes plassering. Dette kan enten gjøres manuelt ved å bruke knappene til venstre på skjermbildet. Vi velger derimot å bruke den automatiske funksjonen som ligger på menylinjen under menyen **Actions**:

Trykk så på **AutoFit** og tilpasningen starter.

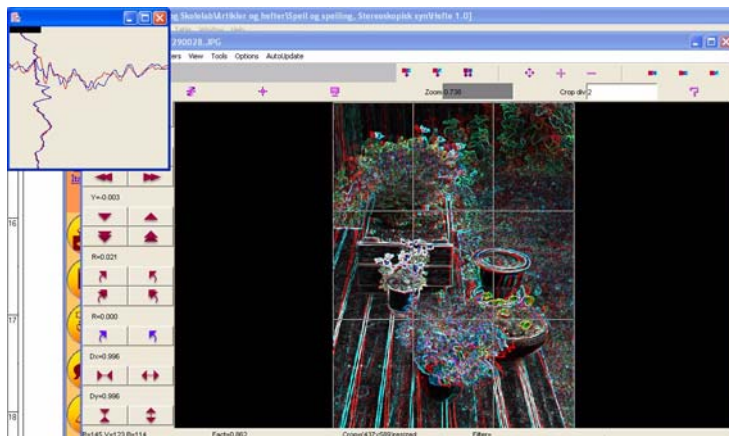
Dersom vil vil at bildene skal plasseres slik i forhold til hverandre at alle gjenstander på bildet plasseres bak forkanten så trykker vi først: **AutoFit option: align all behind the screen** og velger så **AutoFit**.





Speil, speiling og stereoskopisk syn

Under automatisk justering kommer følgende bilde opp. Denne tilpasningen er gjort med opsjonen: **AutoFit with borders detection**



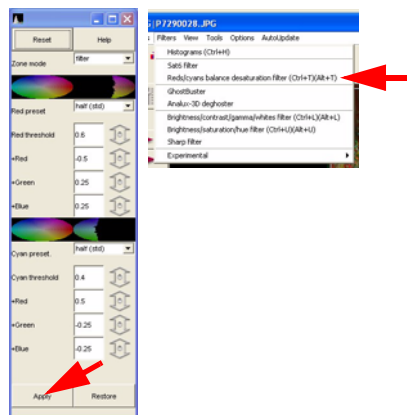
Etter den automatiske justeringen er anaglyfen ferdig og vi kan lagre det ferdige bildet. Imidlertid kan det være lurt å justere fargebalansen mellom rød og cyan.

7. Justering av fargemetningen

Dette gjøres ved å gå inn i menyen **Filters** på menylinjen. Da får vi opp et filterpanel. Vi velger å bruke de verdiene som alt ligger i filteret og trykker **Apply**.

8. Lagring av bilder

Resultatet kan lagres på mange forskjellige måter. I vårt tilfelle velger vi å lagre bildet som en anaglyf.

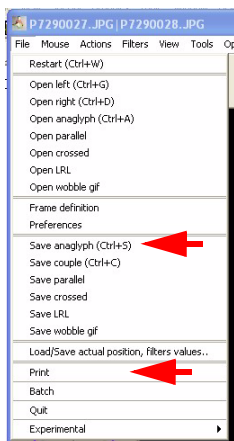


Velg **Save anaglyph**.

Velges **Save parallel** eller **Save crossed** så lagres bildene som to enkelt bilder satt inntil hverandre. Hvordan vi lagrer bildene betyr ikke så mye. Dersom de hentes opp med en tilsvarende kommando **Open parallel** eller **Open crossed**, vil vi være tilbake der vi forlot bildet ved lagring.

9. Skriv ut bildet

Det er ofte bedre å få fram perspektivet når bildet er printet ut på en god fargeprinter. Velg **Print** i **File**-menyen og bildet skrives ut.





10. Det utskrevne bildet.



11. Tips:

- Det har vist seg at det er lurt å redusere filstørrelsen på bildene før bildene tas inn i AnaBuilder. En slik skalering og filreduksjon kan gjøres i nesten et hvilket som helst bilderedigeringsprogram
- Det har også vist seg at det kan være lurt å starte programmet på nytt før et nytt bildepar hentes inn.

G.3 Framstilling av filter for å se på anaglyfer

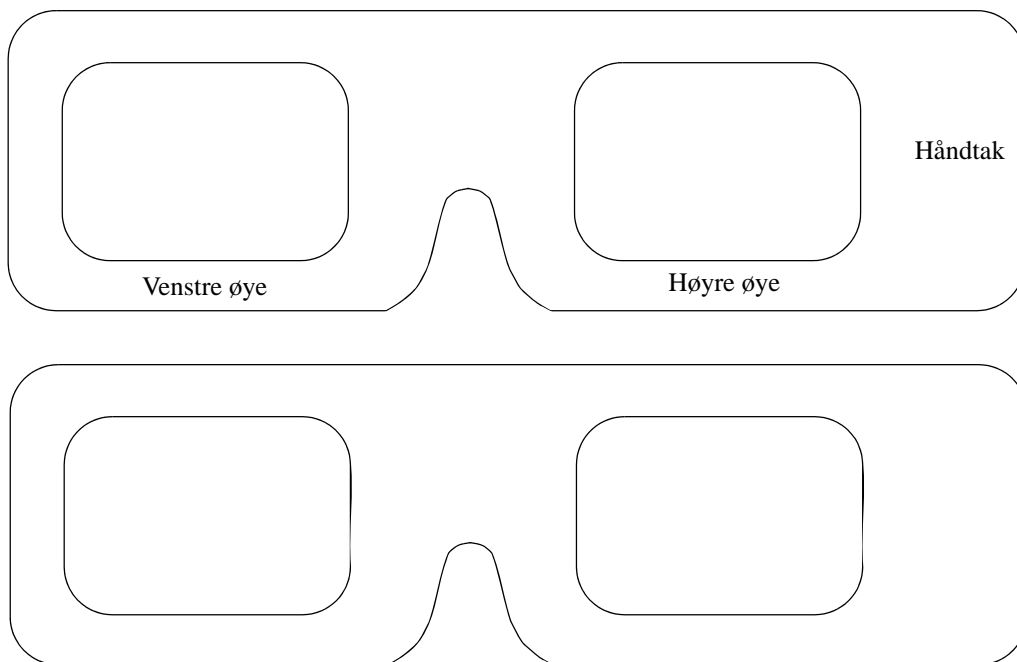
For å kunne se på anaglyfer trenger vi også filterbriller. Disse består vanligvis av et rødt filter foran det venstre øyet og et grønt eller cyan filter foran det høyre øyet. Brillen består av to pappholdere med plastfiltere mellom.



Speil, speiling og stereoskopisk syn

G.3.1 Framstilling av pappholdere

1. Skriv ut holderene på kartong i skriveren. De fleste skrivere klarer 160 gr. Noen klarer også 250 gr. papir, men 160 gr. burde være tilstrekkelig.



2. Klipp ut holderene og skjær ut hullene.
Før vi går videre må vi lage fargefilterne.

G.3.2 Fargefilter

En kunne tenke seg å skrive ut fargede feleter på lysark fra ulike fargeskrivere. Forsøk har imidlertid vist a dette lar seg vanskelig gjøre da filtrene blir for diffuse, men det kan likevel være et forsøk verd. Det beste forslaget er imidlertid å bestille fargede filter fra KPT Naturfag eller en annen leverandør. Under Fysikk/Optikk/Optiske hjelpemidler finnes produktet Fargefolie A4, sett a 5 ulike farger.

Ulempen med denne pakken er at den inneholder Rød og Blå og ikke Cyan som vi kunne ønske oss. Dessuten blir den ganske dyr dersom en kun er interessert i et par av arkene. KPT Naturfag AS har imidlertid lovt å se på saken for om mulig å finne en mer optimal løsning.

54084: Fargefolie A4, sett å 5 ulike farger



Pris: 74.00 kr eks. MVA (92.50 kr inkl. MVA)

1

Legg i handlekurv

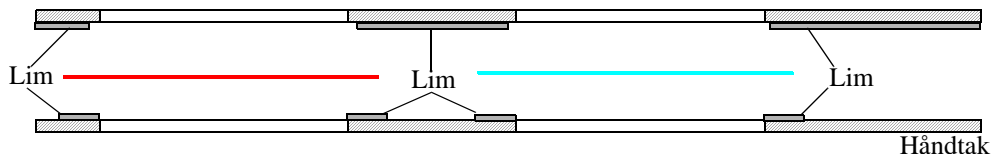
5 ulike fargede plastfolier i A4 format.
Bl. a. fine til forsøk med fargeblanding - gjerne på en Overhead.
Kan lett klippes med saks til bruk også i Kunst- og håndverk.

[Tilbake til kategori](#)

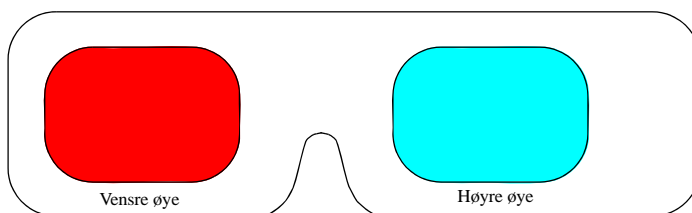


G.3.3 Montering av fargefilter i pappholder

1. Skriv ut pappholderne etter malen på neste side. Klipp ut holderne og skjær hull til øynene.
2. Ta på litt lim på kantene rundt øyeåpningene av den ene holderen og legg filterne på limkanten. Dersom du er høyrehendt skal det cyanfargete filteret være nærmest håndtaket på brillen. Er du venstrehendt skal det rødt være nærmest håndtaket. Håndtaket er til høyre på figuren under.



3. Lgg på mer lim på innsiden av ramma og legg på den andre delen slik at filterne kommer mellom de to papphåndtakene. Legg holderen i press og vent til limet har tørket.



G.3.4 Innkjøp av ferdige briller

Det finnes en mangde leverandører av ferdige briller. Dersom man kjøper et større kvanta fra f.eks. USA blir ikke prisen avskrekkende heller.

American Paper Optics Inc. er kanskje de billigste og de med størst utvalg. Se deres hjemmeside: <http://www.the3dmarket.com/Paper/anaglyphic.asp> for bestilling.

Kjøper man minimum 50 par er prisen 0,40\$. Man må imidlertid ikke glemme frakten. Prisen blir fort over det dobbelte. Likevel kan prisen pr. brille bli under kr. 5,-

G.3.5 Framstilling av fargede filter i Paint

Dersom en skulle ønske å prøve å lage egne filtre ved å skrive ut på fargeprinter kan en gå fram som følger:

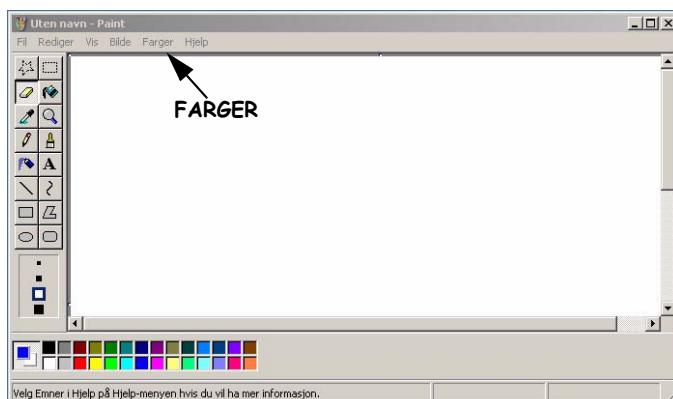
Filtre med de rette fargene kan vi lage med programmet Paint. Dette er et program som følger med Windows og som derfor ligger på de fleste datamaskiner.

Til vårt formål skal vi lage filtre med fargene rød og cyan.

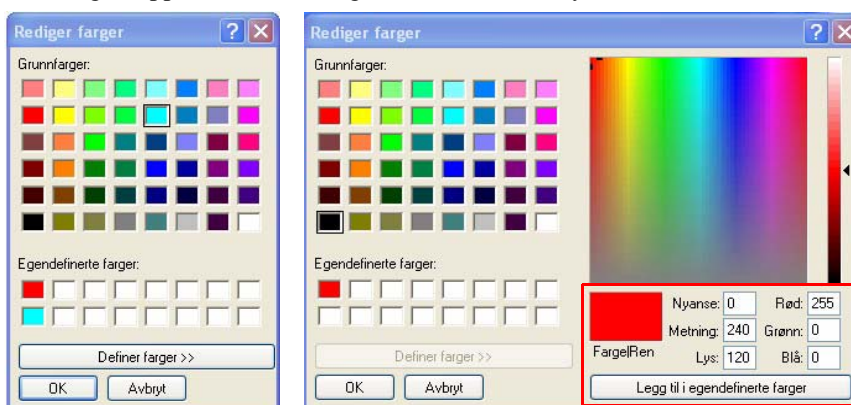


Speil, speiling og stereoskopisk syn

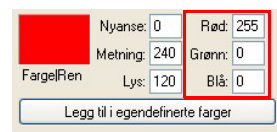
1. Finn programmet ved å velge **ALLE PROGRAMMER** fra **START**-menyen. Under katalogen **TILBEHØR** finnes programikonet **PAINT**. Velger du **PAINT** får du opp følgende programvindu:



2. Vi skal nå komponere de fargene vi trenger. Vi velger derfor **FARGER** fra menylinja og får opp fargepaletten til venstre i figuren under. Velg **DEFINER FARGER** og få opp en utvidet dialogboks som vist til høyre.



3. I feltet nederst til høyre i menyen kan vi definere våre egne farger. I feltene rød, grønn og blå kan vi legge inn blandingsverdier for de ulike fargene. Verdien 0 forteller oss at ønsket farge ikke inneholder noe av denne primærfargen. Verdien 255 sier oss at den ønskede fargen inneholder maksimalt av denne primærfargen. Innledningsvis ønsker vi fargene rød og cyan. Vi velger maksimalverdien 255 for den aktuelle fargen som er rød og 0 for de to andre som vist under.



Rød: RØD = 255, GRØNN = 0, BLÅ = 0 - velg: **LEGG TIL I EGENDEFINERTE FARGER**

Når vi velger **LEGG TIL I EGENDEFINERTE FARGER**, legges fargen inn i paletten: **EGENDEFINERTE FARGER** nederst til venstre.

4. Så skal vi legge inn fargen cyan. Vi vet at cyan er en blandingsfarge av primærfargene grønn og blå som vist under:

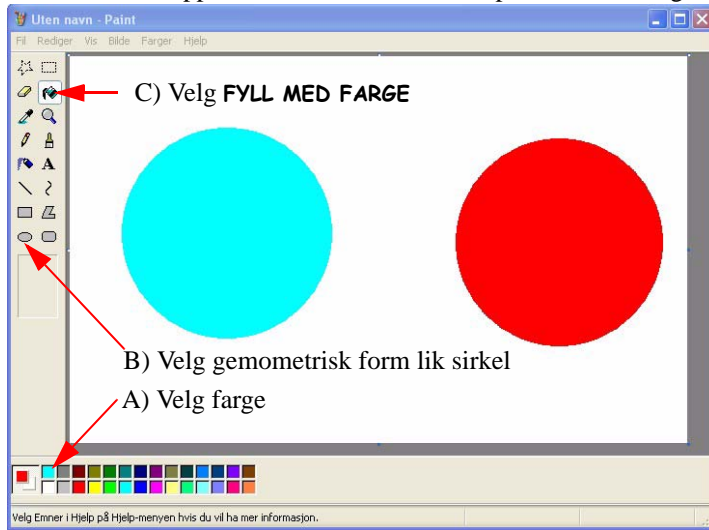
Cyan: RØD = 0, GRØNN = 255, BLÅ = 255 - velg: **LEGG TIL I EGENDEFINERTE FARGER**

Velg **OK** når begge fargene er blandet.



Speil, speiling, og stereoskopisk syn

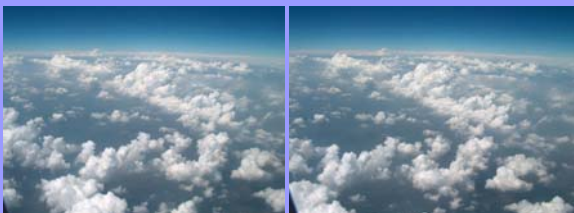
- Deretter skal vi tegne filterne våre. Dette gjøres ved først å velge farge fra paletten nederst til venstre. Vi velger Cyan. Derneft velger vi geometrisk form fra menyen til venstre, for eksempel sirkel. Sirkelen spennes ut på tegnebordet ved å trykke ned venstre mustast, holde ned **SHIFT**-tasten og dra ut sirkelen. Slipp ved ønsket størrelse. Pass på at de har riktig størrelse.



Fyll sirkelen med farge ved å velg **FYLL MED FARGE** fra menyen til venstre. Gjenta for begge fargene.

- Utskrift til printer gjøres ved å velge **FIL** og **SKRIV UT**. Husk å legg inn transparent i printerens, samt velge transparent i utskriftsmenyen.
- Klipp ut filterne.

Om filterene blir for svake kan man legge flere oppå hverandre for å få fargen dyp nok.



Speildelen av heftet er hentet fra kursboka til kurset: *Eksperimenter mer* utgitt i en rekke prøvetrykk ved Vitensenteret i Trondheim. Kapitlet om stereoskopisk syn og ulike teknikker for å skape en illusjon av tredimensjonale bilder, er hentet fra boka: *Illusjoner – kan vi stole på sansene våre*, som er under utarbeidelse. Det er dessuten skrevet til et ulike vedlegg bl.a. om framstilling av stereoskopiske bildepar og speiling av bilder ved bruk av Word 2007 og gratisprogrammet Gimp. Videre er det skrevet til et vedlegg om framstilling av enkle stereoskoper og framstilling av anaglyfebildepar. Vedleggene er direkte beregnet på videreutdanningskurset: *Teknologi og Entreprenørskap, fordypningsmodul*, som første gang er gjennomført skoleåret 2007/08 ved Skolelaboratoriet ved NTNU.

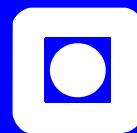
Kun deler av heftet er brukt under kurset, resten av stoffet kan være tips til undervisningen i grunnskolen. Kapitlet *Speil og refleksjon* er primært beregnet på lærere i barneskolen, mens kapitlet: *Stereoskopisk syn* er rettet mot bruk i ungdomsskolen. Selv om ikke alt stoffet direkte kan brukes i undervisningen, så er det mitt håp at det kan skape nysgjerrighet og interesse for fagfeltet også blant lærere.

Nils Kr. Rossing

Universitetslektor ved Skolelaboratoriet ved NTNU

og prosjektleder ved Vitensenteret

E-post: nils.rossing@plu.ntnu.no



Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi