

Tekst og bilder: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet ved NTNU

3D skyggeteater

De fleste har laget skyggebilder bak et laken hengt opp foran en sterk lyskilde. I denne artikkelen skal vi se hvordan vi ved hjelp av relativt enkle teknikker og lys med komplementære farger skal lage skyggebilder som kan sees i 3D.

Dybdesyn

De fleste forbinder *dybdesyn* med våre to øyene som avbilder omgivelsene fra litt forskjellig vinkel. Når disse to bildene smelter sammen et sted i synssenteret i hjernen, så fremstår verden rundt oss som tredimensjonal, dvs. vi får en fornemmelse av hva som er nært og hva som er lengre unna. Dette kalles *stereoskopisk syn* eller *stereopsis*. Selv om dette er en viktig egenskap ved dybdesyn, så er det en rekke andre faktorer som har betydning for vår tolking av en romlig verden:

- **Størrelsesforhold og perspektiv**
Relativ størrelse hos kjente gjenstander, parallelle linjers forsvinningspunkter, relativ høyde i forhold til horisonten og perspektiv
- **Lys og skygge**
Hvordan skyggene faller i forhold til lyskilden
- **Atmosfærisk perspektiv**
Inntrykk av farger, jo mer synet av et fjell går over i blått jo lengre borte er det
- **Parallakse**
Hvordan det som er nært og fjernt beveger seg i forhold til hverandre når vi forflytter oss
- **Blokking**
Hvordan nære gjenstander hindrer utsikten til fjerne gjenstander
- **Stereoskopisk syn (Stereopsis)**
Hvordan hjernen kombinerer inntrykkene fra høyre og venstre øye til et tredimensjonalt bilde.

At sistnevnte likevel er svært viktig skal vi utnytte i vårt 3D skyggeteater. Vi må imidlertid være klar over at siden vårt teater mangler de fleste andre egenskapene ved 3D synsinntrykk, så vil det kreve litt ekstra trening hos publikum å få fram den fulle dybdeeffekten.

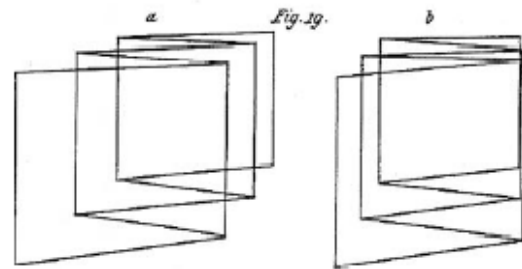
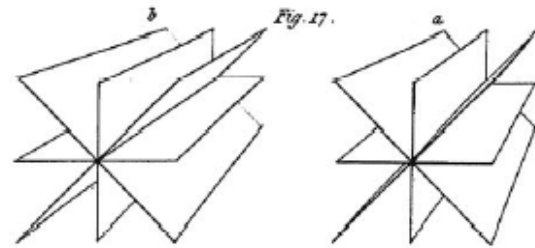
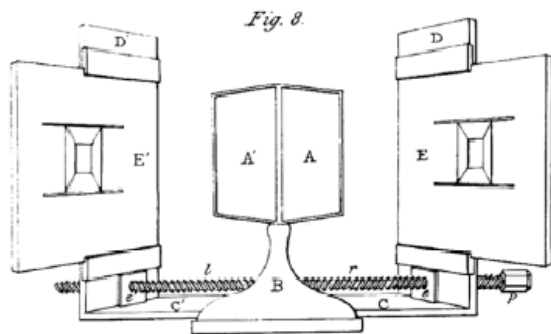
Stereoskopiske bildepar

Allerede **Leonardo da Vinci** (1452 - 1519) var klar over at hans malerier aldri kunne gi det samme inntrykket til en observatør som det virkelige objektet, fordi begge øynene så eksakt det samme bilde [Wheatstone 1838]. Dette til tross for at Leonardo var en mester med perspektiv.

På 1800-tallet gjenopplaget og utdypet den engelske fysikeren **Charles Wheatstone** (1802–1875) (tegningen til høyre) dette i sin artikkel fra 1838 [Wheatstone 1838], hvor han beskriver hvordan man får et inntrykk av dybde når de to øynene ser to litt forskjellige bilder av den romlige gjenstanden som betraktes.



Wheatstone laget enkle *stereoskopiske strek-tegninger* (heretter kalt *stereoskopiske bildepar*) sett fra litt forskjellige vinkler som gjengitt på figuren til høyre. For å kunne studere den tredimensjonale virkningen av tegningene, laget

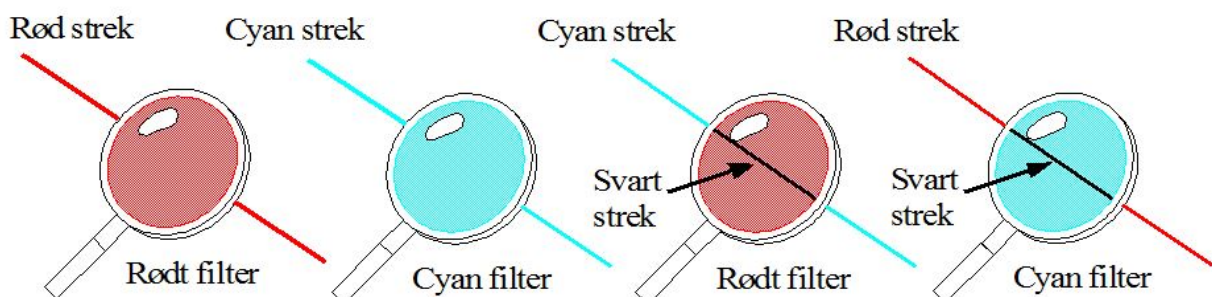


han instrumenter, *stereoskoper*, som gjorde det lettere for ham å oppnå at høyre og venstre øye så hvert sitt bilde. Ett slikt instrument er vist på tegningen over. Ved å se inn i speilene A' og A med henholdsvis venstre og høyre øye, ville venstre øye se bildet montert i rammen E' og høyre øye se bildet i rammen E. Betrakter vi de stereoskopiske tegningene til høyre så vil vi oppdage at tegningen til venstre skal sees av det høyre øye, og tegningen til høyre skal sees av venstre øye for å gi dybdevirkning.

Opp gjennom årene er det utviklet ulike teknikker for å gjøre det mulig at de to øynene våre skal se hvert sitt bilde av et stereoskopisk bildepar. En av de tidligste metodene var å benytte tegninger i ulike farger for så å benytte briller med fargede filter (beskrives i neste avsnitt). Dagens 3D-kinoer utnytter lysets polarisasjonsegenskaper og krever at man bruker briller med polariserte glass.

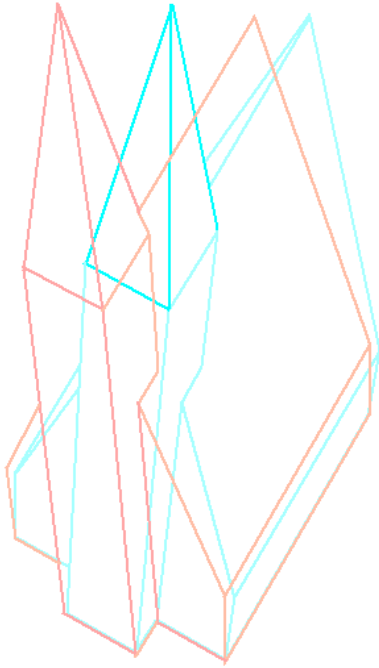
Anaglyf teknikk - bruk av komplementære farger

Denne teknikken utnytter at en cyanfarget¹ strek ser svart ut gjennom et rødt filter, men blir usynlig gjennom et cyanfarget filter. Tilsvarende ser en rød strek svart ut gjennom et cyanfarget filter, men blir usynlig gjennom et rødt filter som vist på tegningen under. Dette er egenskaper ved to komplementære farger. Cyan og rødt er komplementære farger.



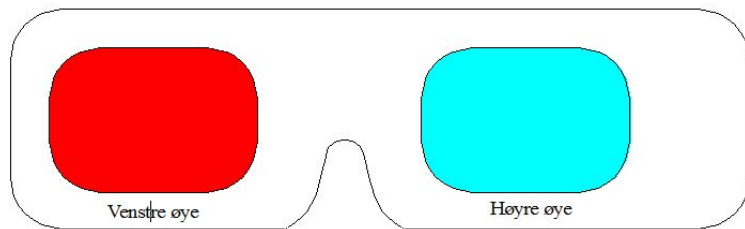
Vi fargelegger bildene som vi ønsker at høyre og venstre øye skal se med hver sin komplementære farge, og benyttet briller med røde og cyanfargede filter. Dermed vil øynene se hvert sitt bilde til tross for at de to bildene legges oppå hverandre.

¹ Fargen cyan er også kalt himmelblå



Figuren til venstre viser en tegning av en kirke hvor bildet vi ønsker å se med det høyre øyet er farget rødt, og bildet vi ønsker å se med det venstre øye er cyanfarget. For å oppnå den ønskede virkningen må vi dermed bruke et cyanfarget filter foran det høyre øye slik at den røde kirken blir tegnet med svarte streker og den cyanfargede blir usynlig. Tilsvarende plasserer vi et rødt filter foran det venstre øyet slik at den cyanfargede kirken blir svart, mens den røde blir usynlig. Siden bildene danner et stereoskopisk bildepar, vil hjernen tolke tegningen som tredimensjonal.

Denne metoden for å oppnå 3D-bilder kalles *anaglyf teknikk*. Ordet *anaglyf* er satt sammen av to greske ord som betyr "igjen" og "skulptur". Det var i 1853 at **Wilhelm Rollman** første kunne demonstrerte anaglyfe tredimensjonale tegninger. Han benyttet blå og røde linjer på svart bakgrunn for å få fram effekten.



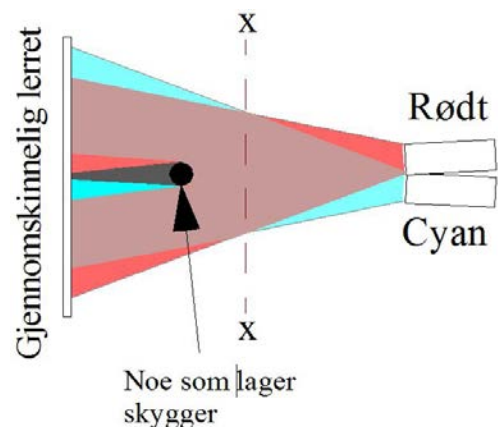
Anaglyfe filterbriller kan kjøpes fra en rekke firmaer [Paper Optics] eller lages ved hjelp av papp og fargete plastikkark [Rossing 2012].

Man kan også ta stereoskopiske bildepar med et vanlig kamera og lage anaglyfe bilder ved hjelp av gratis programmet Anabuilder [Anabuilder 2006].

3D skyggeteater

Det var i 2013 at vi ved Vitensenteret i Trondheim oppdaget at vi kunne lage anaglyfe skygger ved å benytte to kraftige lyskilder med henholdsvis rødt og blått LED-lys (helst cyan, men blått fungerer greit). Selv om man kan benytte kraftige LED-lykter med fargefilter, så er det best å bruke kraftige røde og blå lysdioder. I tillegg til å gi et rent farget lys gir de også svært skarpe skygger.

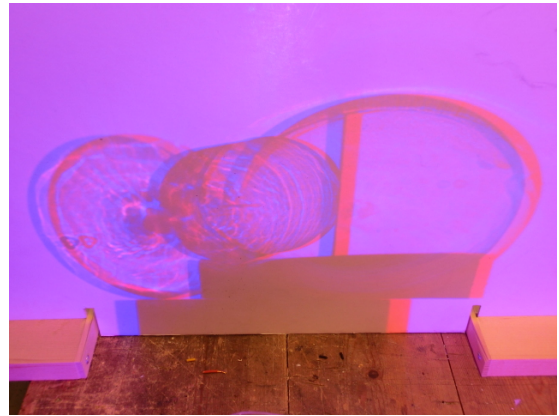
Plasser de to lyskildene et par cm fra hverandre som vist på figuren til høyre. Et laken (gjennomsiktig lerret) henges opp ca. 2 - 3 meter foran lyskildene. Dersom man holder opp gjenstander mellom lyskildene og lakenet oppstår det fargede skygger i rødt, blått og sort. Røde skygger der gjenstanden dekker for det blå lyset, blå skygger der gjenstanden dekker for det røde lyset og sorte skygger der gjenstanden skygger for begge lyskildene. De delene av lakenet som belyses av begge kildene får vi en magentafarget blandingsfarge av rødt og blått lys.



Publikum som sitter på den andre siden av lakenet med anaglyfe briller, vil da, med litt tilvenning, kunne se skyggeteateret utspille seg i 3D. Gjenstander av gjennomsiktig plast egner seg spesielt godt for å lage 3D skyggeteater.

Ved øke avstanden mellom lyskildene vil dybdevirkningen bli større, men krever mer av publikum. Avhengig av om den røde og blå lyskilden er plassert til høyre eller venstre, vil skyggeteateret foregå på "framsiden" eller på "baksiden" av lakenet.

3D skyggebilder i lite format for eksperimenter kan også oppnås ved å benyttet RGBH LED-lykta, omtalt annet sted i bladet. Man oppnår noe av den samme virkningen ved å vise de fargede skyggene opp mot et lerret eller en hvit vegg. I dette tilfellet tennes kun den røde og den blå lysdioden på RGBH LED-lykta.



Bildet til høyre er et forsøk på å fotografere de fargede skyggene av et stettglass i plast og en petriskål. Imidlertid viser det seg svært vanskelig å få gjengitt fargene på en god måte. Resultatet sett med anaglyfe briller blir derfor langt bedre nå man betrakter skyggene direkte på lakenet enn nå man ser dem gjengitt på et fotografi.

Elever i faget Teknologi i praksis (TiP) eller Teknologi og forskningslære (ToF) kan selv lage utstyret som skal til får å lage 3D skyggeteater i stort format, for nærmere opplysninger ta kontakt med artikkelforfatteren.

Referanser:

- [Rossing 2012] Nils Kr. Rossing, *Illusjoner - du tror det ikke når du har sett det*, ViT forlag 2012
- [Wheatstone 1838] Charles Wheatstone, *Contributions to the Physiology of Vision. – Part the First. On some remarkable, and hitherto unobserved, Phenomena of Binocular Vision.* Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Vol. 128, pp. 371–394. <http://www.stereoscopy.com/library/wheatstone-paper1838.html>
- [Paper optics] Paper optics: <http://www.3dglasesonline.com/our-products/anaglyphic> (for kjøpe av anaglyfe briller)
- [Anabuilder 2006] Anabuilder: <http://anabuilder.free.fr/welcomeEN.html> (program for å lage anaglyfe fotografier)