



NATURFAG

Innhold

Portrettet: Merethe Frøyland	04
... og det vart lys!	08
Heia regnbuen! og Ildfluene	09
Kva er lys, egentleg? Kva seier naturvitskapen, og kva tenkjer elevane?	10
Den problematiske bølge-partikkel-dualismen for lys	14
Kva kan lys gjere for oss	17
Lek med lys	18
Lys i teknologi og design	20
Utforsking av lys	24
Lampe, del 1 – lampe som system	26
Lampe, del 2 – design din egen lampeskjerm	28
Tegne med lys	30
Hvordan lede lys? Fiberoptikk	32
Farger i sving	33
Hvordan lage verdens beste solcelle?	34
Solceller – der sola er!	38
Lyspærer	40
Nytt lys for verda	42
Solnedgangsfarger	44
Ring rundt måne og sol	46
Solformørkelser – unike anledninger til å forstå naturen	48
Å se stjernehimmelen over oss	52
Auge som ser	56
Kast eit blikk på synet	60
Lysande skapningar	64
En lommelykt i havet	66
Derfor har vi forskjellig hudfarge!	68
Mye godt helsenytt om sola	72
Hva vet du om vår viktigste lyskilde?	74
Høstens farger er grønt, gult og rødt	78
Fra foton til karbon	82
Fotosynteseforsøk: Hva fungerer?	86
Viten-programmet Fotosyntese	90
Varsling av nordlys – noe for klasserommet?	92
Viten-programmet Nordlys	96
Fargede skygger og blanding av farget lys	98
Goethes «fysiologiske farger» – induserte farger	101
Skyggeteater i 3D	104
Kolorimeter av LEGO med LED som lyskilde og detektor	108
Programmer eit trafikklys med Arduino	110
Grubleteikningar og grubleoppgåver	112
Appar og personvern	116
Bruk av smarttelefon og nettbrett i naturfagundervisningen	117
Datalogging BYOD	119
Videreutdanningskurs for nordiske lærere i 2016	122
Rom for læring – undervisningsopplegg om verdensrommet	124
Omtaler av bøker og tidsskrift	126

REDAKTØREN HAR ORDET



NATURFAG

Utgitt av
Naturfagsenteret
Nasjonalt senter for
naturfag i opplæringen

Nummer 2/2015

Redaktør
Anders Isnes

Redaksjon
Rim Tusvik
Aud Ragnhild Skår
Øystein Sørborg
Lise Faafeng

Layout
Aud Ragnhild Skår
Rim Tusvik

Adresse
Postboks 1106 Blindern, 0317 Oslo

Telefon og e-post
22 85 53 37
post@naturfagsenteret.no

Trykkeri
07
Papir: Cocoon Silk, 100 % resirkulert

Forsidefoto
Planktonalger i Barentshavet.
Les mer på side 82. Foto: NASA

Opplag 5500
ISSN 1504-4564

Kopiering fritt til skolebruk når ikke
annet er spesifisert, men
forbudt i kommersiell sammenheng.

Abonnement er gratis.
Send e-post til post@naturfagsenteret.no

Naturfag finner du som PDF på
naturfagsenteret.no/naturfag

Det internasjonale året for lys og lysteknologi

Det er mange grunner til at FN og UNESCO har valgt inneværende år til det internasjonale året for lys og lysteknologi. I år er det tusen år siden den arabiske forskeren Ibn Al-Haythams vitenskapelige verk om optikk kom ut. Verket består av hele sju bind, og et stort antall av hans bøker er fortsatt bevart. Dette var et epokegjørende verk som bidro til vår forståelse av lys, optikk og syn. Verket er også et av de første eksemplene på at vitenskapelig metode ble brukt. Videre mener FN at verden trenger å bli mer oppmerksom på hvordan lys og lysteknologier kan bidra til å fremme bærekraftig utvikling med løsninger på globale utfordringer innen utdanning, energi, helse, jordbruk og kommunikasjon. Lys har blant annet revolusjonert medisin og gitt helt nye muligheter for kommunikasjon, en kommunikasjon som samler hele verden til ett samfunn på godt og vondt. Solcelleteknologien kan for eksempel bidra til at 1,3 milliarder mennesker som i dag står utenfor verdens strømforsyning, får tilgang til elektrisk energi, og dermed muligheten til å oppleve større frihet og trygghet i sine liv. Et annet eksempel er bruk av lasere innen medisinsk behandling som vil redde livene til mange av oss.

Tidsskriftet Naturfag vil med dette nummeret bidra med informasjon og undervisningsopplegg om lys og lysteknologi. Vi håper at artikler i dette nummeret kan informere og inspirere til undervisning om temaet i samvirke med nettstedet naturfag.no. Dersom du ønsker mer stoff om lysåret, kan det være nyttig å gå inn på det internasjonale nettstedet: www.light2015.org eller det norske nettstedet for det internasjonale lysåret: lysaret.no. Her finner du artikler om lys innen områdene helse, historie og teknologi.

Tett på realfag

En ny nasjonal strategi for realfag i barnehagen og grunnsopplæringen, *Tett på realfag*, ble lansert den 19. august i år. Denne strategien som skal gjelde fra i år fram til 2019, avløser den forrige planen som het Realfag for fremtida 2010–2014. Norsk grunnsopplæring har hatt slike strategiplaner helt siden 2002. Vår kunnskapsminister slår fast i forordet at «på tross av innsats over mange år har vi ikke lyktes med å løfte realfagene slik vi har forventet og ønsket». Han peker på at vi har en rekke utfordringer:

- Mange elever går ut av grunnskolen med mangelfulle kunnskaper og ferdigheter i matematikk og naturfag.
- Mange elever strever med realfagene i videregående opplæring, fordi de mangler kunnskaper fra grunnskolen.
- Elever som har særlige utfordringer i matematikk, får ikke riktig hjelp og støtte.
- Svært få elever presterer på høyt nivå, og det er mange elever som ikke får utnyttet sitt potensiale fullt ut.



Hva kan grunnene være til at realfagsatsingen ikke har gitt de ønskete resultatene? Kan det være at medisinen ikke virker, fordi utfordringene ligger et annet sted enn der det satses? Eller at satsingen er for puslete? Eller at «måleinstrumentene» ikke fanger opp eventuelle resultater? Det er gledelig at naturfag har fått én ekstra time på 5.–7. trinn, det vil si 40 timer totalt. Grunnen til denne økningen er blant annet at Norge ligger desidert på siste plass innen OECD-landene med hensyn til antall timer til naturfag. Matematikkfaget har fått flere timer det siste tiåret. Men er det sikkert at antall timer er svaret på utfordringene? Nå skal det sies at departementet de siste årene også har satsset på kompetanseheving for lærere i både matematikk og naturfag. Jeg tror at mye av utfordringen ligger i hvilken kvalitet naturfagundervisningen og videreutdanningen har. Men kvalitet i alle ledd er ikke en «quick-fix»-løsning. Det krever innsats over tid, både utviklingsarbeid, forskning, utprøving og fagdidaktisk skolerings. Dette deltar Naturfagsenteret i og vi ønsker å delta i dette arbeidet i framtiden.

Den nye strategien består av tre hoveddeler: 1) Tett på realfag, 2) En årlig publikasjon kalt realfagsbarometeret og 3) Årlige tiltaksplaner fra Kunnskapsdepartementet. Tett på realfag inneholder fire mål og ti hovedgrep. Det vil føre for langt å gå inn på mål og alle hovedgrepene, men det er et par punkter jeg ønsker å framheve. I den perioden vi går inn i, vil departementet gjennomgå og fornye læreplaner for realfag i grunnskolen og for fellesfag og programfag i videregående opplæring. Dette vil etter all sannsynlighet departementet se i sammenheng med noen av føringene som Ludvigsenutvalget har anbefalt for læreplanutvikling: tydeligere progresjon og større muligheter for dybdelæring i fag, i tillegg til å legge større vekt på emosjonelle og sosiale sider i læringen. Kan vi vente oss nye læreplaner eller bare en revisjon av de eksisterende læreplanene? Det er i hvert fall ett budskap som jeg håper departementet tar med seg inn i arbeidet med denne fornyelsen, nemlig tid. Det tar tid å utvikle læreplaner og å implementere dem. Det er ikke gjort i en håndvending på et par år.

Et annet hovedgrep er å styrke arbeidsmåter og undervisningspraksis i barnehage og skole. Videre ønsker departementet å videreutvikle bruken av varierte realfaglige læringsarenaer. På disse områdene kan blant annet Naturfagsenteret bidra med ressurser, prosjekter og kursopplegg. Vi kan bare nevne nettstedene våre og prosjektene Lektor2 og Den naturlige skolesekken.

Et hovedtiltak i strategien er såkalte realfagskommuner. De første 34 kommunene er allerede plukket ut. De er forpliktet til å utvikle en lokal realfagstrategi som føyer seg inn i de målene og hovedgrepene som ligger i den nasjonale strategien. Kommunene får økonomisk tilskudd for å etablere og koordinere lokale nettverk for lærere i både grunnskole og barnehage. Nettverkene skal knytte seg til aktuelle miljøer i universitets- og høyskolesektoren, og de nasjonale sentrene i matematikk og naturfag skal bidra i koordinering og utvikling av nettverkene.

Nytt i strategiplanen er at det er utviklet indikatorer til de ulike satsingsområdene, slik at departement og skolemyndigheter kan følge med på utviklingen og vite om de er på rett vei. Det er blant annet utviklet indikatorer for forbedret kompetanse, indikatorer for bedre grunnkompetanse og færre elever på lavt nivå i realfag, indikatorer for flere elever på høyt og avansert nivå, indikatorer for barnehagepersonalets og lærernes kompetanse til å styrke barn og unges læring i realfag og indikatorer for veien fra strategi til praksis. Interesserte kan gå inn på nettstedet www.regjeringen.no/no/dokumenter/tett-pa-realfag/id2435042 og lese mer om både indikatorer og hovedgrep for realfag i de neste fire årene. Vi ser i spenning fram mot de grepene som departementet gjør i de kommende tiltaksplanene.

Anders Lønes



DET INTERNASJONALE
ÅRET FOR LYS
2015

Les mer på lysaret.no

PORTRETET MERETHE FRØYLAND



Lederen i mange rom

Merethe Frøyland oppholder seg i mange rom. Som kommende leder for Naturfagsenteret har hun ambisjoner om å utvide læringsrommet i naturfagene.

Uterommet

– Nå skal jeg undervise dere slik jeg vil at lærerne *ikke* skal undervise geologi, begynner Merethe Frøyland, som er Naturfagsenterets ekspert på undervisning av geologi. Hun henvender seg til kollegaene fra Naturfagsenteret – en gjeng ytterst dedikerte naturfagdidaktikere i alderen 30–67. De skal få et krøsjkurs i bergartenes historie, som et naturfaglig innslag på sommeravslutningen en gråkald junidag 2015 ute på Hovedøya i Oslofjorden. Merethe dramatiserer geologiske prosesser med hele kroppen – slår ut med armene for å vise at Oslofeltet strekker seg fra Langesund i sør til Mjøsa i nord. Etterpå lager hun bølgebevegelser. Det skal vise at bergartene ble skvist sammen av jordplater og foldet seg. Den geologiske historien blir sjelden fortalt enklere på kortere tid.

Dersom kollegaene var elever, understreker Merethe, ville hun tatt seg god tid. Hun hadde begynt med å fortelle om mønstrene til steinene. Steinene kan ha stripete mønster, prikkete mønster, eller lag-på-lag-mønster som i ei bløtkake. Først når elevene har lært å observere mønstret til steinen får de smake på de geologiske begrepene: De prikkete steinene heter *magmatiske*, de stripete kalles *metamorfe*, mens lag-på-lag-bergartene er kjent som *sedimentære*.¹ Når Merethe reiser rundt og forteller at det går an å undervise geologi på den måten, møter hun ofte lettelse og begeistring blant lærere – nå våger de å undervise bergarter.

Har hun noen favorittbergart selv? Merethe røper at hun har en ørliten forkjærlighet for de prikkete steinene. Det er fordi prikkene skjuler historier om illsinte, brølende vulkaner som hoster ut stein i flytende form, vulkanske bomber og ørsmå partikler. Men forresten, Merethe nøler, de stripete er også vakre.



Merethe har et smittsomt engasjement.
Foto: Inger Marie Gabrielsen

Ideelt sett skal elevene beskjeftige seg lenge og vel med mønstrene; striper, prikker og lag-på-lag, først i klasserommet og så i uterommet, slik Merethe Frøyland har beskrevet i boka si *Mange erfaringer i mange rom*.² Boka ble opphavet til Merethes mange prosjekter om naturfagundervisning utenfor klasserommet – feltarbeid i geofag, museum og vitensenter og i energibedrift. Men hva med hennes egne rom, de personlige?

PORTRETET MERETHE FRØYLAND

Barndomsrommet

Merethes ønske om å gi elever erfaring med naturfag i uterommet begynte kanskje allerede i hennes egen barndom? Det var på en klassisk skoletur at hun ble nysgjerrig på geologi. Skolepiken Merethe halvsov i bussen, skravlet med venninnene, før læreren avbrøt. Han pekte på det vanlige fjellet som de hadde kjørt forbi så mange ganger. Fortalte hvordan isen hadde gnicket og gnudd på fjellet, røsket løs stein og dratt dem med seg på sin ferd gjennom terrenget. Men den hardeste bergarten klarte ikke isen å gnure løs. Da isen smeltet, ble områdene med de harde bergartene stående igjen – som en utstående vorte i terrenget. Merethe beretter:

– Jeg ble sjokkert: Hvorfor hadde ingen fortalt meg dette før? Tenk at det fjellet hadde holdt på en hemmelig historie som var så spennende!

Hendelsen har fått Merethe til å tro på øyeblikkets magi – noen ganger kan en kort erfaring, et glimt av verden, tenne et barns nysgjerrighet på naturen.

Husrommet

Da den unge Frøyland var ferdig med videregående, forlot hun det lille hjemstedet på Jæren og flyttet til hovedstaden. De neste årene tilbrakte hun som student ved Institutt for geofag ved Universitetet i Oslo.

– Der møtte jeg Jørn, han var steiiiin galen! forteller Merethe og bryter ut i latter.

Hun ler så kroppen rister, en hjertelig latter som smitter over på alle som kan høre henne. I neste sekund sukker Merethe litt over hvor fort tiden har gått. I 27 år har hun delt husrom med dinosaurforskeren, eller rettere sagt paleontologen, Jørn Hurum. 25 av årene har vært ekteskapelige. Etter studietiden flyttet de inn i et rekkehus ved skogkanten i Nittedal. I dag står det en trampoline i hagen som avslører at paret deler huset med datteren Ida. Katten Becky er den sist ankomne i familiens husrom.

Hjemme bruker Merethe mye tid på hobbyrommet. Der tryller hun frem skjørt og jakker fra tøy, silkebånd og strikkesgarn. Andre ganger fiffer hun opp plagg hun har fra før – klipper det opp her eller jazer det opp med solgule knapper der. Alle plagg blir oppgradert til å passe hennes egen smak. Det blir det lagt merke til. Merethe

Navn: Merethe Frøyland

Alder: 49 år.

Aktuell med: Ansatt som leder av Naturfagsenteret fra 1. januar 2016. Førsteamanuensis Merethe Frøyland blir den tredje lederen i rekka, etter Anders Isnes og Doris Jorde, siden Naturfagsenteret ble opprettet i 2004. Ifølge kilder i ansettelseskomiteen, har Frøyland visjonene, entusiasmen og gjennomføringsevnen som kreves for å lede Naturfagsenteret fra 2016.

Familie: Ektemann, en datter, en katt.

Hovedfag i geologi: Cand.scient., Universitetet i Oslo *Geokjemi av bly/sink-forekomstene på Fiskum, Øvre Eiker, Sør Norge.*

Doktorgrad: Dr.scient. i naturfagdidaktikk, Universitetet i Oslo: *Fra gråstein til ekte sølv. En modell og et rammeverk for hvordan museer kan bidra til å øke folks naturvitenskapelige forståelse, med geologi som eksempel.*

Første jobb: Jordbærplukking. I studietiden jobbet Merethe på psykiatrisk sykehus og for Norges Vassdrags- og Energiverk med å digitalisere hydrologiske data.

Forsknings- og utviklingsprosjekter: Samarbeid mellom skole og museum, Energiskolene, Geoprogrammet, UtVite (Utforsk Vitensentre).

Hører på: Mange programmer på NRK P2, blant annet Ekko, Dagsnytt 18 og Salongen.

Hobby: Strikke, sy, samle stein, gå en tur i skogen i ny og ne.

Har skrevet: Bøker, vitenskapelige og populærvitenskapelige artikler, undervisningsaktiviteter på naturfag.no, læreplanen for programfag geofag³, forsket på hvordan barn skal lære geologi og på læring i museer og vitensentre, og holdt et utall foredrag. Lista er enda lengre.

får ganske ofte kompliment fra kjente og ukjente for sin unike garderobe.

Utstillingsrommet

Livet med geologi har gitt Merethe eventyrlige reiseopplevelser, fra fossilutgravinger i Kina og bryllupsreise i Kirgisistan, til røde løpere i London. (Sistnevnte var premiere på David Attenboroughs filmatiseringer av det biologiske mangfoldet.)

PORTRETET MERETHE FRØYLAND



Foto: Yngve Vogt

Kofferten fylles med det Merethe har samlet på reisen – det kan være alt fra stein til gallakjoler.

Bare fantasien setter grenser for hvor og hvordan Merethe kan smykke seg eller omgivelsene sine med stein i alle varianter – mobildeksel med rullesteinmotiv, sukkertøy som ser ut som grus, og blomstervaser i stein. De ligger til utstilling, på kontoret, på vegg og gulv hjemme i stua eller rundt halsen til Merethe. De vakre steinskattene får besøkende og tilfeldig forbipasserende til å stoppe opp, undre seg og beundre. Da benytter Merethe anledningen til en samtale om stein – eller bergarter som hun kaller det når hun «er» geolog. Da formidler hun, og mottakeren kan vandrestid videre i verden med ny kunnskap om steinens historie som ellers aldri ville blitt dem fortalt.

Merethes fortellerglede begynte mens hun skrev på hovedfaget i geologi. Hun hadde en arbeidspult på Naturhistorisk museum på

Tøyen i Oslo, hvor forskning og formidling pågår side om side. Etter hvert ble Merethe ansatt som «museumsaspirant», en jobb som bestod i å lage utstillinger i museet. I dag blir hun litt flau når hun tenker på museumsutstillingene som hun var med på å lage den gangen.

– Jeg ville aldri, aldri, *aldri* gjort det slik hvis jeg visste det jeg vet i dag!

Nå vet Merethe at begreptette utstillingstekster og lange monologer om geologi ikke er særlig effektivt dersom målet er at folk skal fatte hva geologi er og historiene bak geologiske undre. I doktorgradsstudiet undersøkte Merethe hvordan barneskoleelever kunne lære om bergarter og mineraler ved å gjøre aktiviteter i museer og i naturen. Da ble hun også introdusert for naturfagdidaktikken gjennom kursene til to dedikerte professorer i naturfagdidaktikk – Doris Jorde og Svein Sjøberg, begge ved Universitetet i Oslo. Det

PORTRETTE MERETHE FRØYLAND

åpnet en ny verden av kunnskap om hvordan barn og voksne lærer naturfag. Blant annet ble Merethe kjent med tankene til den amerikanske utdanningspsykologen Howard Gardner. Han skrev filosofisk og faglig om hvordan hjernen fungerer – og dermed hvordan barn lærer og hvordan fageksperter lærer og tenker.

– Teoriene hjalp meg å innse at det er mange måter å lære på, og at det er flere gode veier til målet. Det utvidet mitt syn på hva slags muligheter vi mennesker har til å lære.

Denne erkjennelsen har medført at Merethe Frøyland har valgt å vie hele sin arbeidskarriere til god, variert naturfagundervisning for elevene.

Læringsrommet

Ifølge Merethe blir naturfag nyttig for elevene dersom de kan ta kunnskapen med seg og anvende den utenfor klasserommet.

– Den største sperren for elever som skal lære naturfag, er å komme «beyond» memorering av begreper og fragmenter av læreboktekster, konstaterer naturfagdidaktikeren Frøyland.

Hun er skeptisk til naturfagundervisning som bare fokuserer på å pugge naturfaglige begrep og navn. Bekymringen for puggetyranniet deler hun med hele verdens forskermiljø innen naturfagdidaktikk. Men belegg for påstanden har hun hentet fra egen forskning på geologiundervisning i skolen. Hun har funnet ut at barneskoleelever lærte mer og bedre geologi enn elever på videregående skole. Forklaringen ligger i kvaliteten på undervisningen, mener forsker Frøyland. Mens elevene på barneskolen fikk anvende observasjoner og begreper i nye situasjoner, måtte elevene på videregående memorere steinnavn og begreper uten å bruke det til noe annet enn faktapøven.

– I naturfagdidaktikken er vi så innmari opptatte av at elevene skal anvende naturfagkunnskap i dagliglivet utenfor skolen. Men vi må ikke glemme at elevene må øve seg på å anvende naturfagkunnskap mens de er på skolen, altså i undervisningssammenheng! sier Merethe.

Hun har erfart at elever – ja, helt ned i barnehagealder – husker fagbegrep bedre dersom de får lov til å øve seg på å anvende observasjoner og begreper i mange ulike undervisningssituasjoner over tid.

For å få en slik læringseffekt mener Merethe at det må ryddes rom for flere timer med naturfagundervisning i grunnskolen. Naturfag er, sjokkerende nok, på åttende plass når det gjelder antall undervisningstimer. Det er altfor snaut dersom vi skal nå målene med god naturfagundervisning, hvor elever får anvende kunnskap med mestring og motivasjon, fastslår Naturfagsenterets nye frontkvinne.



Foto: Yngve Vogt

Mulighetsrommet

Når Merethe Frøyland ser inn i fremtiden som Naturfagsenterets leder, er hun på leting etter mulighetene for å oppdage, utnytte og forbedre rommene for naturfagene og naturfagenes didaktikk. Hun spotter muligheter overalt, i dokumentene fra byråkratiet – særlig den nye Realfagsstrategien *Tett på realfag*, i Ludvigsenutvalgets *Fremtidens skole* og Kunnskapsdepartementets danskinspirerte nysatsning på realfagskommuner.

– Her kan vi virkelig være med på å løfte naturfagundervisningen for alle elevene, sier Merethe Frøyland entusiastisk. Hun tror det er på tide å samle troppene med lærere, skoleledere og lærerutdanningene fra alle landets kanter hvis vi skal greie å forbedre naturfagundervisningen i alle klasserom. Alle som vil være med å utvide naturfagenes mulighetsrom er herved invitert, avslutter den kommende lederen for Naturfagsenteret, Merethe Frøyland.

Fotnoter

1 Steinprosjektet: naturfag.no/stein

2 Frøyland, M. (2010). Mange erfaringer i mange rom. Oslo: Abstrakt forlag

3 Læreplan i geofag – programfag på studiespesialiserende i videregående skole.

Merethe var med i læreplangruppa sammen med Pål K. Hansen og Trond Laumann.

... og det vart lys!

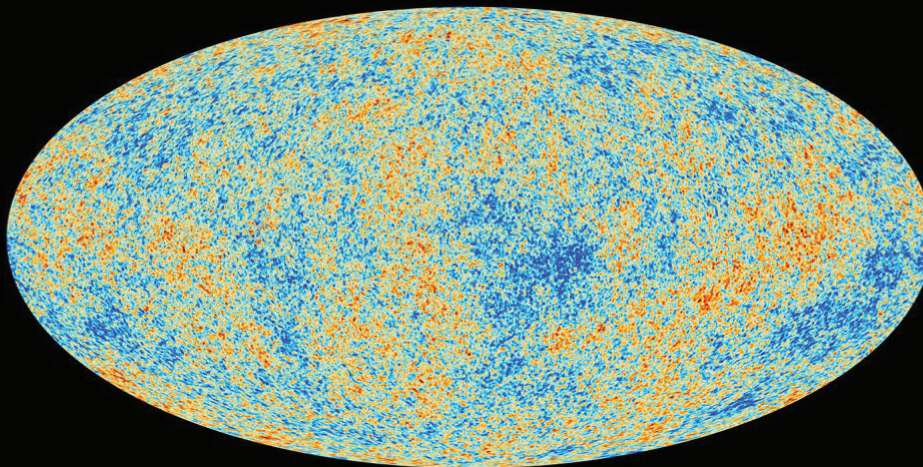


Foto: ESA, Planck Collaboration

Det nyfødde universet var mørkt. Det var varmt og tett, men heilt mørkt. Den første ursuppa inneheldt kvarkar og kraftpartiklar kalla gluon. Da det var gått ein milliondel av eit sekund, batt gluona desse kvarkane saman til nøytron og proton. Nøytrona og protona fauk fritt ikring i omtrent tre minutt, før dei samla seg til atomkjernar. Lenge var universet svært varmt og samansett av hydrogen- og heliumkjernar, frie elektron og elektromagnetisk stråling. Denne elektromagnetiske strålinga slapp ikkje ut som lys, men vart heile tida stoppa og tatt opp av alle dei frie elektronane. Elektronane på si side fekk så mykje energi frå den elektromagnetiske strålinga at dei ikkje klarte å binde seg til atomkjernane. Slik heldt dei på i 380 000 år medan universet utvida seg og vart gradvis kaldare, og energien overført frå strålinga til kvart elektron vart mindre. Da skjedde det noko. Den elektromagnetiske strålinga klarte ikkje lenger å hindre elektronane i å binde seg til atomkjernane. Dei aller første atoma vart danna, elektronane var ikkje frie lenger, og strålinga slapp fri. Universet hadde vorte gjennomsiktig, og lyset stråla til alle kantar for aller første gong.

No, meir enn 13 milliardar år seinare, «ser» vi framleis dette eldste lyset i universet. Vi kan ikkje sjå det med auga. Bølgjelengda til lyset har auka i takt med utvidinga av universet alle desse åra, og ligg no i mikrobølgjeområdet. Det starta som synleg lys, men allereie 1 million år etter ursmellet hadde lyset vorte infraraudt. Vi kallar strålinga kosmisk bakgrunnsstråling, strålinga ligg der i bakgrunnen heile tida. Heilt sidan ho slapp fri, har den kosmiske bakgrunnsstrålinga vore lik i alle retningar i universet. Nesten lik. Det er ørsmå forskjellar i bølgjelengdene som motsvarar område som så vidt hadde ulik tettheit da strålinga oppstod. At det fanst område med bitte litt større tettheit den gongen, gjorde at materie begynte å klumpe seg saman og etter kvart vart til galaksar, stjerner og planetar. Den kosmiske bakgrunnsstrålinga er som eit avtrykk av det 380 000 år gamle universet på himmelen (sjå bilete). Ser vi på strukturen i biletet, finn vi att fordelinga av materie i dagens univers. Det første lyset fortel korleis universet var og korleis det skulle bli.

Heia regnbuen!

Næmmen, der stårn.
Også midt i dieselrøyken da dere,
nesten rett opp og ned.
– Regnbuen.
Heia regnbuen,
tør vi spørre, hva er det du vil oss,
også akkurat nå
i en tid som denne her.
Joda. Ett bein på jorda og ett i skyene.
Vi vet det. Vi bare står og koper
akkurat som unger. Med snørr på.
Kanskje er vi daue nå, uten at vi vet det.
For dette er rart, nesten
mistenkelig.
Flott portal. Matematisk helt perfekt.
Joda, vi ser deg.
Nesten som en duft.
Et hemmelig signal
– kanskje en hån.
Ett bein på jorda, ett i himmelen. Helt korrekt.
Velvel.
Se der
forsvant den.

Rolf Jacobsen

Ildfluene

Det var den aftenen med ildfluene
da vi sto og ventet på bussen til Velletri
at vi så de to gamle som sto og kysset hverandre
under platantreet. Det var da
du sa, halvt ut i luften
halvt til meg:
Den som har elsket lenge
har ikke levd forgjeves.
Og det var da jeg fikk øye på de første
ildfluene i mørket, knitrende
med lysblink rundt hodet ditt.
Det var da.

Rolf Jacobsen

KVA ER LYS?



Kva er lys, egentleg? Kva seier naturvitskapen, og kva tenkjer elevane?

Lys inngår i mange delar av naturfaget på ulike nivå. Men kva er egentleg lys i naturfagleg forstand, og kva tenkjer fysikkelevane om lys? I prosjektet *ReleKvant* utviklar vi læringsressursar og studerer omgrepsutviklinga til elevane i moderne fysikk i programfaget på vidaregåande skule, og vi startar med nettopp lys. Nedanfor fortel vi meir om prosjektet, om utfordringane med den vitskapelege beskrivinga av lys, og om kva elevar tenkjer om saka.

Kva er egentleg lys? I fysikken stiller vi mange spørsmål, til dømes «Kvifor dett ein stein mot bakken når vi slepp han?» Vi kan svara at det er fordi tyngdekrafta verkar mellom jorda og steinen. Men det fører jo berre til eit nytt spørsmål: Kvifor verkar det tyngdekrefte? Dette er typisk for fysikken, eit fysikkspørsmål fører nesten alltid til eit nytt spørsmål. Vi kan lettare svara på korleis eit fenomen kan beskrivast. Steinen som dett mot bakken kan vi temmeleg presist beskrive med mekanikkens modellar og lover, til dømes at han aukar farten med 9,8 m/s kvart sekund. Vi får likevel ikkje svar på *kvifor* han dett. På same måte er det ein filosofisk dimensjon over spørsmålet «Kva er lys?» Kva som er lysets inste vesen er eit spørsmål vi kanskje ikkje *kan* svare på. Men vi kan beskrive korleis lyset oppfører seg, og vi kan laga modellar som gjer oss i stand til å forstå eigenskapar med lyset.

Newton omtala lys som *partiklar* på slutten av 1600-talet. Ein partikkel er ei eining som kan teljast, og som er avgrensa til eit punkt eller eit lite område i rommet relativt sett. Eit sandkorn kan kallast ein partikkel på makroskopisk skala, det kan også ein planet når heile verdsrommet er arenaen, medan eit elektron er ein partikkel på mikroskopisk skala. På slutten av 1800-talet vart lys beskrive som *bølgjer* i Maxwells teori om elektromagnetisme. Ei bølge er ei rørsle som brer seg utover; ho vil alltid ha utstrekning og kan ikkje vera berre på eitt punkt. I 1905 skreiv Einstein at vi best kan

forstå lys som eit endeleg tal *lyskvantar* som er lokalisert i rommet og flytter seg utan å bli delt. Han omtala altså lys på ein partikkel-liknande måte. Lyskvantane fekk seinare namnet *foton*. Når vi i fysikken skal finne energien til eit foton, brukar vi bøljelengda til lyset i utrekninga. Kan fotonet vera både bølge og partikkel – både lokalisert og breidd utover – på ein gong? I dag omtalar vi gjerne lys som eit fenomen som kan vise både bølge- og partikkelleigenskapar, men som ikkje kan beskrivast fullstendig som verken bølger eller partiklar åleine. Vi kallar det *bølge-partikkel-dualisme*. Har vi da ein god modell for lys? Sjølv om mange fysikarar har slått seg til ro med bølge-partikkel-dualismen, er det også mange som tykkjer han er problematisk (sjå artikkelen frå Arnt Inge Vistnes på side 12). Korleis fysikarar ser på lysets natur, heng gjerne i hop med ulike tolkingar av kvantefysikken. Kva lys er, eller kva slags modell som best beskriv lys, er altså ikkje eintydig gjeve i fysikken. Korleis bør vi da legge opp undervisninga om lys, og korleis oppfattar fysikkelevar dette fenomenet?

ReleKvant-prosjektet

ReleKvant er eit kombinert forskings- og utviklingsprosjekt om læring og undervisning i fysikk i vidaregåande skule. Prosjektet utviklar nettbaserte læringsressursar i kvantefysikk og relativitetsteori på plattformen www.viten.no. Ressursane byggjer på perspektiv frå fagdidaktisk forskning, og resultat frå utprøvingane bidreg både til å

KVA ER LYS?

forbetre ressursane og til meir generell kunnskap om god læring i fysikk. I utviklinga samarbeider fysikarar, forskarar i fysikkdidaktikk, lærarar og lektorstudentar. Prosjektet legg mellom anna vekt på å utfordre elevar til å bruke språket munnleg og skriftleg, og på å nytte historiske og filosofiske perspektiv i læringsprosessen. Læreplana i fysikk 2 legg opp til ei kvalitativ tilnærming til den moderne fysikken, der nettopp historiske og filosofiske perspektiv er vektlagt. Fleire gonger blir elevane difor bede om å skrive ned sine svar på konkrete spørsmål. Svara til elevane blir logga gjennom Viten-plattformen slik at både læraren og forskarane har tilgang til dei. Når elevane diskuterer oppgåver dei har fått, tek dei opp samtalen ved hjelp av egne smarttelefonar. Slik kan forskarane analysere samtalan i etterkant, og lærarane kan bruke dei til å vurdere eller planlegge undervisning.

Nedanfor skal vi nytte elevsvar frå ReleKvant, både skriftlege og munnlege, til å illustrere korleis ein del fysikkelevar tenkjer om lys.

Kva tenkjer fysikkelevane om lys?

I den aller første sekvensen gir vi elevane spørsmålet «Kva er lys?», og elevane skal skrive ned det dei tenkjer.

Table Of Contents

- Behov for en ny fysikk
- Skriv deg i gang
- Lys og fotoner
- Spør en forsker
- Lys: Bølger eller partikler?
- Både bølge og partikkel?
- Inspirasjon fra historien
- Oppsummering
- Brudd med klassisk fysikk
- Kvantisering av energi
- Kvantisert og kontinuert
- Kvantisering: Diskusjonsoppgave

Skriv deg i gang

Både i den klassiske fysikken og i kvantefysikk finner vi beskrivelser av hva lys er. Hva tenker du at lys er?

Oppgave 1
Hva er lys? Beskriv det så godt du kan.
Du må være innlogget som elev for å skrive inn svar.

Eit av dei første skjermbileta i ReleKvant-programmet om kvantefysikk ber elevane om å beskrive lys.

ReleKvant

Det blir utvikla nettbaserte læringsressursar for programfaget fysikk. Ressursane er foreløpig på forsøksstadiet og er difor ikkje tilgjengelege for alle via viten.no enno. Dei første ReleKvant-modulane vil bli allment tilgjengelege hausten 2016.

Mange elevar har nok ei viss forståing av at lys kan beskrivast både som partikkel og bølge. Men kva det eigentleg vil seie er ikkje så klart. Ein elev skriv til dømes følgjande:

Lys kan sees på som bølger og partikler. Slik jeg har forstått det, er lys partikler med bølgeegenskaper. Altså beveger partiklene seg i bølgebevegelser.

I dei to første setningane får eleven fram bølge-partikkel-dualismen godt. Men i den siste setninga ber det galt av stad. Det er ikkje partiklane sjølve som rører seg som ei bølge. Dette er ei vanleg misforståing. Ein annan elev gir uttrykk for same oppfatning:

Partiklene beveger seg i «bølgebaner» gjennom rommet.

Noko av det som kompliserer oppfatningane våre om lysets natur, er som nemnt i innleiinga at vi uttrykkjer energien til eit enkelt foton ved hjelp av bølglengda til lyset. Når ein elev skriv at lys er både ein partikkel og ei bølge, og at partiklane som kallast foton har frekvens, bølglengd og energi, vil veldig mange fysikarar vera samd i det. Likevel er det ikkje så lett å sjå for seg kva lys eigentleg er basert på ei slik beskriving.

Fysikarar vil ofte seie at nokre fenomen kan beskrivast best med å forstå lys som bølger, medan andre fenomen kan forklarast enklast med ein partikkelmodell for lys. Interferens med lys er lettast å forstå om ein tenkjer seg at lysbølger frå to ulike kjelder møter kvarandre og forsterkar kvarandre i nokre punkt, medan dei sløkkjer ut kvarandre i andre punkt. Men når vi talar om foton som blir sende ut enkeltvis frå eksiterte atom, brukar vi partikkelmodellen for lys. Ein av elevane sa det slik:

Lyset kan sees som både partikler og som bølger. Forsøk med interferens underbygger at lys er bølger, men samtidig er det jo fotoner/partikler som blir sendt ut fra eksiterte elektroner.

Kan lys vera både bølger og partiklar *samtidig*? Ein del elevsvar kunne tyde på at elevar gjenga «lærebok-frasar» om lys som bøl-

KVA ER LYS?

gjer, partiklar og begge delar, utan heilt å ta inn over seg det paradoksale i bølge-partikkel-dualismen:

- *Ja, hva er lys?*
- *Lys er fotoner ...*
- *Mhm*
- *Ehm, det har både bølgenatur og partikkelnatur*
- *(...)*
- *Nei. Så hva er synlig lys? Det er på en måte lyspartiklene.*
- *Ja, lyspartikler, ja.*

Før å freiste å tvinge fram djupare refleksjon, la vi inn ei ny side i Viten-programmet før den tredje utprøvningsrunden.



Skjermbilete etter endring av ReleKvant-ressursane om lys som bølger og partiklar.

Etter denne endringa fann vi eksempel i elevdiskusjonane på at nokre elevar hadde gått djupare inn i bølge-partikkel-dualismen:

- *Jeg skrev at lys har bølgenatur og partikkelnatur og lys har ikke masse, men bølgelengde og frekvens.*
- *Bølgelengde og frekvens? Men hvis de oppfører seg som fotoner som er partiklene så er det vel ikke bølgelengde og frekvens som partikler?*
- *Nei.*
- *Nei. Da ville det bare være bølgenatur, da.*
- *Ja, de har vel ikke bølgenatur heller hvis man ser på det som fotoner. Det er det som problemet da, er det ikke? At det kan oppføre seg fint som begge deler. Og begge deler er gyldig, mens begge deler også motsier seg selv liksom, det er paradoksalt.*

Desse to elevane går verkeleg i djupna når dei diskuterer lysets natur, og dei får fram det paradoksale i at vi beskriv lys med to ulike modellar. Niels Bohr omtala dette med det han kalla *komplementaritetsprinsippet*. Komplementaritetsprinsippet tek utgangspunkt i at ei rekkje av eigenskapane til naturen er parvis komplementære. Det vil seie at dei opplysningane vi får ved å undersøkje den eine eigenskapen, utfyller eller komplementerer det vi får veta ved å undersøkje den andre eigenskapen. Båe eigenskapane kan ikkje undersøkjast fullt ut samtidig. Komplementaritetsprinsippet er eit sentralt element i det som blir kalla københavnar-tolkinga av kvantefysikken. Bohr meinte altså at vi treng to komplementære modellar for å «fange» lysets natur og omtale alle fenomen der lys opptrer. Det finst mange fysikarar som tolkar kvantefysikken annleis enn københavnar-tilhengarane. Nokre av desse vil helst unngå å sjå på foton som bølger og/eller partiklar, og kallar dei heller ein eigen type kvanteobjekt med gjevne eigenskapar. Slik markerer dei tydeleg at kvantefysikken bryt med den klassiske fysikken, og at klassiske modellar av bølger og partiklar ikkje klarar å beskrive kvanteverda fullstendig. Læreplana i fysikk 2 trekkjer nettopp fram at kvantefysikk representerer eit brot med klassisk fysikk.

Elevsamtalen under illustrerer at komplementaritetsprinsippet og bruken av klassiske omgrep kan opplevast som lite tilfredsstillande:

- *Går det an å tenke seg at lys både er bølger og partikler?*
- *Ikke egentlig.*
- *Hvorfor?*
- *Det virker jo litt rart da, at en ting skal være to ting.*
- *(...) Bølger, det har ... det er jo energi. Og sånn sett energi har på en måte ikke en fysisk form, men i forhold til de som tror det er en partikkel så har jo det en fysisk form. Det går ikke an å ha både en fysisk form og ikke en fysisk form.*

Vi trur at denne typen diskusjonar kan vera med på å gi fysikkfaget ein dimensjon mange elevar vil sette pris på. Dei får filosofere over fascinerande tema, tenkje og argumentere som fysikarar, og oppnår kanskje betre forståing av fysikkens eigenart. Fysikk er ikkje eit avslutta fagfelt, men snarare tvert imot eit fag i kraftig utvikling. Erfaringar frå ReleKvant tyder på at elevar blir både inspirert og utfordra av at forskarar også i dag kan vera usamde om tolkinga av sentrale fenomen, som til dømes lysets natur. Det er nok mange elevar som tenkjer at fysikk er eit fag der det alltid finst

KVA ER LYS?

ein fasit, men slik er det ikkje i røynda. Fysikarar arbeider sjeldan med spørsmål dei allereie har svaret på attast i boka. I ReleKvant-prosjektet tek vi opp spørsmål utan klare fasitsvar for å vise dynamikken i fysikkfaget, og ikkje minst for å få fram nokre filosofiske aspekt som vi trur mange elevar – og lærarar – vil ha glede av.

Tittelen på denne artikkelen kan lesast som at vi skulle fortelje kva lys *eigentleg* er. Det har vi ikkje gjort. Det får vi ikkje til. Kanskje er det ikkje fysikkens oppgåve å finne ut kva lys eigentleg er? Niels Bohr har sagt:

I Fysikken [...] belæres vi jo atter og atter om, at vor Opgave ikke er at trænge ind i Tingenes Væsen, hvad vi jo heller slet ikke ved, hvad vilde sige, men blot at udvikle de Begreber, der tillader os paa frugtbar Maade at tale med hverandre om Foreteelserne i Naturen.

Om vi vel å tala om lys som bølger eller partiklar eller som egne «kvanteobjekt», kan det hende vi likevel ikkje har fanga «lysets natur». Men vi kan kanskje vera samde om at det ligg i naturen til mange elevar, lærarar og fysikarar å *undre* seg over kva lys eigentleg er.



Som da med Niels Bohr og Albert Einstein ...



... så no med Christin Sand Martinsen og Aleksander Olsen Bakke.
Foto: Maria Vetle seter Bøe

HVA ER LYS?



Den problematiske bølge-partikkel-dualismen for lys

I denne artikkelen blir ulike aspekter av bølge-partikkel-dualismen for lys illustrert gjennom en beskrivelse av det berømte dobbeltspalte-eksperimentet. Jeg bringer inn synspunkter som ofte blir glemt i omtaler av disse fenomenene og som kan gi en annerledes forståelse enn det vi ofte ser i standard gjennomgang av dualismen.

Fysikk er en svært presis vitenskap, men når det gjelder vårt bilde av lys, er det utrolig mange spørsmål som fortsatt eksisterer. Vel, ikke alle synes det. Vi kan beskrive lys for eksempel med kvantefysikk og få meget presise resultater, men kikker vi litt nærmere på fremstillingene, får vi et langt mer brokete bilde.

Opp gjennom historien har lys vekselvis blitt betraktet som partikler eller som bølger. Den mest vanlige beskrivelsen i dag er imidlertid Niels Bohrs *bølge-partikkel-dualisme* som ofte fremstilles slik: Av og til opptrer lys som bølger og av og til som partikler. Det kommer an på sammenhengen lyset opptrer i.

Denne beskrivelsen er uproblematisk dersom vi har samme filosofiske grunnsyn som Bohr. Han mente at vitenskap bare har som oppgave å kunne beskrive hva vi kommer til å måle dersom vi gjennomfører et eksperiment. Ifølge denne filosofiske retningen, som forøvrig kalles *logisk positivisme*, er det IKKE vitenskapens oppgave å fortelle hvordan verden ER. Å bale med den slags problemstillinger er ifølge denne tenkningen mindreverdige og ikke-vitenskapelig.

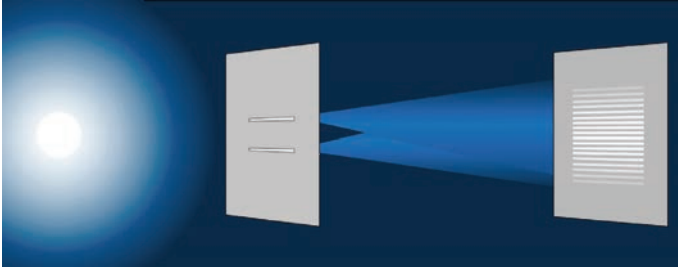
En del fysikere og andre har samme filosofiske grunnsyn som Bohr, andre har en annen grunnoppfatning, ofte en eller annen variant av såkalt *realisme*. Hvor mange som hører til hver sin

gruppe er det lite kunnskap om. Selv er jeg av dem som håper at vitenskapen gir oss et visst innblikk i hvordan verden ER. Vi studerer ikke planetene for å kunne forutsi hvor vi kan finne lysende punkter på himmelen. Jeg mener at planetene faktisk er noe som finnes, selv om vi bare får bruddstykker av totalbildet fordi vi har begrensede sanser og måleinstrumenter og begreper som bare kan gi ufullstendig kunnskap. Min grunnholdning er derfor realisme.

Har vi Bohrs grunnsyn, er ordene eller begrepene *partikkel* og *bølge* bare hjelpemidler for å kunne beregne hva som kommer ut av et eksperiment. Ordene eller begrepene forteller ikke noe som helst om hvordan verden er. Vi kan i vitenskapen velge akkurat de matematiske modellene vi ønsker, og fungerer formalismen og teorien, så er beskrivelsen akseptabel ifølge logisk positivisme. Det spiller ikke noen rolle om vi snakker om bølge eller partikkel så lenge beregningene gir riktige forutsigelser. Noen liker å si at lys oppfører seg som bølger mellom det stedet det ble skapt fram til en detektor, men som partikler når lyset treffer detektoren.

For oss med et realisme-grunnsyn er ikke dette tilfredsstillende. Når vi for eksempel sender lys gjennom en dobbeltspalte, vil en klassisk bølgebeskrivelse basert på Maxwells ligninger innebære at bølgen treffer begge spaltene, noe av bølgen går gjennom den ene spalten, og noe gjennom den andre. Bølgene på andre siden av

HVA ER LYS?



Lys som sendes gjennom to meget smale og tettliggende parallelle spalter, vil danne et stripemønster på en skjerm bakenfor skjermen hvor spaltene er plassert. Ill.: Arnt Inge Vistnes

spalten vil enkelte steder føre til dobbelt så kraftige bølger som om bare en spalte var til stede, mens i andre områder vil de to bølgebidragene addere seg slik at en topp fra den ene spalten alltid vil sammenfalle med en bunn i bidraget fra den andre spalten, og vi får null utslag totalt. Bølgelengden på bølgene er helt avgjørende for mønsteret bølgene vil ha etter dobbeltspalten. Vi tror at beskrivelsen på en eller annen måte reflekterer virkelige fysiske forhold, uavhengig av våre teorier.

For dobbeltspalten duger ikke partikkelbildet overhodet dersom den ble brukt slik vi normalt oppfatter en partikkel. En partikkel i vår forestillingsverden vil være omtrent som en liten kule. Den har ingen bølgelengde. Den har ingen frekvens. Bare ta en titt på en klinkekule på stuebordet og tenk gjennom hva du selv legger i ordet/begrepet *en partikkel*.

Likevel beskriver kvantefysikken dobbeltspalten ved å bruke *foton-bildet*, som nettopp skal være en partikkel. Fotonet har ifølge kvantefysikken en bestemt energi. Fotonet kan ifølge kvantefysikken bare gå fra seg HELE energien dersom den vekselvirker med materie. Enten har vi et foton, eller så er fotonet borte. Fotonet dannes plutselig og forsvinner plutselig. Dette er i direkte konflikt med bølgebeskrivelsen, men bare dersom vi har et realisme-grunnsyn, at vi tror at beskrivelsene på en eller annen måte reflekterer hvordan verden ER.

Argumentasjonen i kvantefysikken er at når vi sender svakt lys inn mot en dobbeltspalte, vil enkeltfotoner ENTEN gå gjennom den

ene spalten ELLER den andre. Men så lenge vi ikke kan avgjøre hvilken det går gjennom, må vi summere to bidrag til *sannsynlighetene* for hvor vi kommer til å måle fotonet på en skjerm bak spaltene.

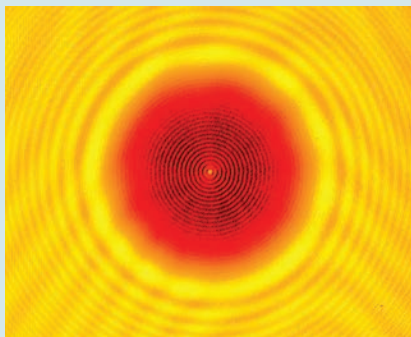
Mange oppfatter dette som en beskrivelse av at det faktisk ER slik at det finnes fotoner og at et foton ENTEN går gjennom den ene spalten ELLER den andre. Men skal vi holde oss til Bohrs grunn-syn, logisk positivisme, er dette en grov feilslutning. For beskrivelsen i kvantefysikken sier jo ikke NOE om hvordan verden ER. Den gir oss bare et verktøy for å beregne hvor det blir lyse og hvor det blir mørke striper på skjermen bak dobbeltspalten. Og i en slik sammenheng gir kvantefysikken et riktig bilde av stripemønsteret. Situasjonen er imidlertid enda mer komplisert, for i den kvantemekaniske beskrivelsen bruker vi en statistisk beskrivelse basert på for eksempel Schrödingerligningen, og i denne statistiske beskrivelsen ligger det gjemt en bølgebeskrivelse. Uten denne underliggende matematiske bølgebeskrivelsen, ville ikke kvantefysikken være i stand til å få fram stripemønsteret på skjermen. Men gjengs oppfatning synes å være at bølgebeskrivelsen som ligger gjemt i matematikken, bare er ren matematikk. Iblant brukes ordet *kvantefelt*. I tråd med logisk positivisme kan vi ikke snakke om at denne matematiske bølgebeskrivelsen har noe med verden slik den ER å gjøre. Det er bare et verktøy for å gjøre meningsfulle beregninger.

Resultatet er at dagens bølge-partikkel-dualisme, belyst ved dobbeltspalte-eksperimentet, er et konglomerat der matematikken *alltid* inneholder bølger, men at det innen klassisk fysikk BARE er bølger, mens kvantefysikken bruker ord som tolkes som om det BARE er partikler. I tillegg har vi den store komplikasjonen at ulike filosofiske ståsted har stor betydning for hvordan modellene oppfattes. Videre er mange ikke seg bevisst hvilket filosofisk ståsted de selv faktisk har. I tillegg er det også utbredt at kvantefysikken brukes samtidig som man delvis har en realisme-forståelse. Da blir resultatet gjerne et ekte sammensurium, og jeg er redd for at det nettopp er dette som er det mest normale og som fører til at bølge-partikkel-dualismen ofte oppfattes som konfliktfylt.

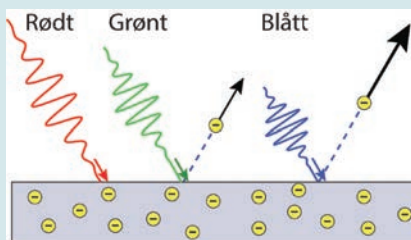
Kanskje det kan være verdt på egen hånd å ta en ny gjennomgang av argumentasjonen, inklusiv klargjøring av filosofisk ståsted? Det er en spennende utfordring!

HVA ER LYS?

Bølge-partikkel-dualisme



På 1820-tallet hevdet matematikeren Poisson at dersom lys var bølger, måtte det midt i skyggebildet av en kule komme fram en lys flekk. Dersom lys var partikler, slik Newton hadde hevdet, ville det ikke bli en slik flekk. Arago gjennomførte eksperimentet, og fant flekken! Dette viktige eksperimentet førte til at fysikere på 1800-tallet forandret sin oppfatning av lys. Bildet her er tatt av en metallkule i en utvidet stråle fra en He-Ne-laser. Da kommer nydelige striper fram både i skyggebildet og utenfor, noe som lett kan forklares dersom vi betrakter lys som bølger. Les mer om *Arago spot* på Wikipedia.



Når lys sendes inn mot en metallflate, hender det at elektroner sparkes ut av metallet. Det skjer bare dersom frekvensen til lyset er høyere enn en kritisk verdi. Elektronet kan få en maksimal hastighet v_{\max} som følger en enkel lovmessighet. I 1905 forklarte Einstein fotoelektrisk effekt ved å anta at lys består av udelelige enheter som senere ble kalt *fotoner*. Han mente at fotonet hadde en energi E lik Plancks konstant h multiplisert med frekvensen til lyset f : $E = hf$. 16 år senere fikk han Nobelprisen i fysikk for dette arbeidet. Les mer om *Photoelectric effect* på Wikipedia.



Det var nå sterke indikasjoner både på at lys måtte anses som bølger og som partikler. Bohr lanserte det såkalte *komplementaritetsprinsippet* der bølger og partikler var komplementære størrelser: *Enten oppfører lyset seg som bølger eller som partikler, men ikke begge deler samtidig.* Bølge- og partikkel-oppfatningene er direkte i strid med hverandre dersom vi ser på dem som beskrivelser av verden slik den er. Dersom fysikken bare oppfattes som en kokebok for hvordan vi kan gjøre beregninger på fysiske systemer, er likevel oppfatningen ok. Det hele avhenger av hvilket filosofisk ståsted hver enkelt av oss har.

KVA GJER LYS?

Kva kan lys gjere for oss?

Her er fire lysande eksempel på korleis vi kan gjere oss nytte av lys.

LYS GJER AT VI KAN OPPDAGE TING: Superopp-løyst mikroskopi gav Nobelprisen i kjemi i 2014.



Faksimile frå forskning.no: bit.ly/1ORFqMr

LYS KAN GJERE OSS FRISKE: Ein intens lysstråle slepp laus giftstoff i kreftstamceller.



Faksimile frå nrk.no: bit.ly/1L61enL

LYS KAN SKAPE KJENSLER: Riktig lys om morgonen kan redusere angstreaksjonar.



Faksimile frå forskning.no/psykologi/2014/02/morgenlys-reduserer-angst

LYS KAN GJE LYS: Solcellelamper kan bli brukt til å studere eller sjå etter kveget på kveldstid.



Faksimile frå National Geographic: bit.ly/1LLT8Q8

LYS I BARNEHAGEN



Lek med lys

Barn er tidlig fascinert av lys – og «lys» eller «ys» er ofte blant de første ordene de sier. Mange kulturer har fortellinger om lyset og om sola. I barnehagen kan barna reflektere over hva lys er og hvor det kommer fra.



Det er spennende å utforske lyset.

Lyskilde

Gå på jakt etter lyskilder og lag en samling eller ta bilder av de lyskildene barna finner. La barna bli kjent med ulike lyskilder og lyset de gir. De kan for eksempel snakke om sterk/svak lyskilde, farget/hvitt lys og hva lyskilden brukes til. Lag en utstilling av mange forskjellige lyskilder, forskjellige lamper, lommelykter, stearinlys osv. Dette er aktiviteter som kan gjennomføres i forbindelse med tema energi eller strømsparing. Lek med lys og mørke kan gi erfaring om at lys kommer fra en lyskilde. Heng opp et hvitt laken med en lyskilde bak, for eksempel en lampe. La et barn lage skygge mens de andre gjetter hvem det er som står der.

Er det opplagt at det ikke finnes lys uten en lyskilde? Mørket kan oppleves som noe stofflig, men mørke er bare fravær av lys. Uten lys kan vi ikke se noen ting, og lys kommer alltid fra en lyskilde. Kanskje blir mørket under sengen mindre farlig om barn vet at mørke ikke har en egen substans?

Lek med lys i Lørensvingen

Barna i Lørensvingen barnehage har mange opplevelser og erfaringer med å utforske lyset. Personalet i denne barnehagen opplevde at barna i stor grad ble opptatt av både skygger og de ulike fargene lyset ble spaltet i. Utgangspunktet for lysleken var utforskning av lys, skygge og farger ved bruk av en overheadprojektor.



En overheadprojektor er en god lyskilde.

LYS I BARNEHAGEN



Klarer vi å fange skyggen?

Personalet samlet barna på et rom der det kunne bli helt mørkt. Barna ble bedt om å lukke øynene, og de voksne skrudde på en overhead. Da barna åpnet øynene, var det et sterkt lys på veggen foran dem.

Lysprosjektet inviterte også barna til bevegelseslek. Ett av barna foreslo at de kunne legge en bok på overheaden slik at boka ble synlig på veggen. Til deres store skuffelse ble boka bare et mørkt rektangel. Da et av barna begynte å bevege denne boka, utviklet det seg en lek hvor barna måtte «gjemme seg» for skyggen av boka, det var bare lov til å være der det var lys. For det pedagogiske personalet var det viktig å inkludere barnas egne spørsmål og utforskning inn i prosjektet.

Både i forkant og i etterkant av prosjektet har barna vært svært opptatt av lommelykter, og de liker godt å lyse med den i rom som er helt mørke. Ofte skaper de fangeleker hvor de skal unngå å bli lyst på av den som har lommelykten. Dette er leker som er lett å følge og som derfor inviterer mange til å delta.

Fargelek

Det er også spennende å legge mindre lystett materiale (fargefiltere) på overheaden, for eksempel gjennomsiktig, farget plast. I Lørensvingen barnehage la de på fargefiltere som ga rommet nye farger.

Se den nydelige filmen der en liten gutt oppdager sin egen skygge for aller første gang:

forskerfro.no/aktivitet/skyggefilm

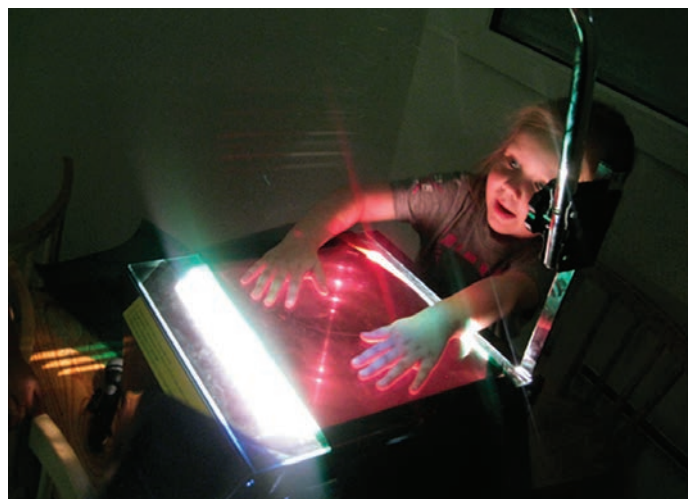
Ett av barna ba de andre om å lukke øynene mens han la en ny farge på overheaden. «Lukk øynene alle sammen, ikke åpne dem før jeg sier ifra. Hvilken farge tror dere at det blir? Det er ikke lov å se, det er juks!»

Ett av barna utbrøt: «Det ble rødt! Se, alt er bare rødt! Men se! Skyggen min er fortsatt der og den er fortsatt like stor som meg!»

Barna ville blande fargene. De forsøkte å legge både rødt, blått og grønt filter på overheaden for å se hva slags farger det ga. Det ble ifølge barna mørkebrunt – akkurat som når vi blander alle malefargene.

Barna ble opptatt av egne skygger, hvor store de var og hvordan både klær og hår fikk ny farge etterhvert som rommet skiftet farge. Barna begynte å bevege seg mer etter at de endret til farget lys i rommet, de danset og hoppet. Dette kan være med å vise hvordan farger endrer stemningen i et rom og inviterer barna til bevegelse.

Les mer på forskerfro.no/opplegg/lek-med-lys



Hvilken farge blir det nå?

TEKNOLOGI OG DESIGN



Lys i teknologi og design

Kva skal elevane lære i teknologi og design? Vi har laga tre undervisningsopplegg med utgangspunkt i lys for å vise ein progresjon gjennom skoleløpet og for å synleggjere viktige omgrep i teknologi og design.

Teknologi handlar om alle dei menneskeskapte hjelpemidla vi omgir oss med. Gjennom alle tider har menneska hatt behov for hjelpemiddel som gir lys. Vi brukar også lys til andre funksjonar som kommunikasjon (lyssignal, optisk fiber), fotografering eller medisinsk behandling. Sola har vore og er vår viktigaste lyskjelde, men vi har også hatt behov for å lage våre egne lyskjelder. Vi har brukt open eld, oljelamper, stearinlys eller gasslys, men etter kvart har elektrisk lys blitt den vanlegaste lyskjelda i store delar av verda. Ei lyskjelde hjelper oss til å sjå betre, men ho kan også ha andre funksjonar. Ho kan for eksempel bidra til å skape ei ønska stemning, og ho kan vere eit dekorativt element.

I skolen er teknologi og design eit flerfagleg emne, og intensjonen med emnet er både å sette innhaldet i teoretiske fag inn i ein praktisk samanheng (læringskjede) og å utvikle teknologi- og designkompetanse som eit eige kompetanseområde. I teknologi- og designkompetanse inngår det vi kan kalle «ingeniørarbeid» der form og funksjon er heilt sentrale omgrep.

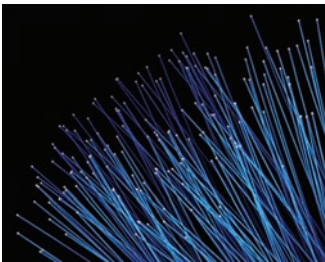
Læringskjede – korleis praktiske undervisningsopplegg kan bidra til læring i ulike skolefag

For å kunne tileigne seg eit nytt omgrep i naturfag eller andre fag, er det viktig med ein rik variasjon av opplevingar og oppgaver knytt til omgrepet. Eit omgrep, i dette tilfellet omgrepet lys, blir bygd opp av eit mangfald av eksempel og delfenomen som er kopla til omgrepet. Elevane treng å eksperimentere med lys og få erfaring med korleis lys strålar ut frå ei lyskjelde og korleis lys kan bli stoppa og danne skugge. Dei treng også erfaring med korleis lys blir danna og eigenskapane til ein lysstråle.

Elevane treng å variere mellom ulike representasjonsformer: munnlege, skriftlege, matematiske uttrykk, figurar/teikningar, visuelle demonstrasjonar og på denne måten langsamt tileigne seg omgrepet. Praktiske erfaringar gir ikkje automatisk ei betre forståing av eit teoretisk omgrep. Barn som har erfaring med ulike lyskjelder, kan ikkje nødvendigvis forklare dette med naturvitenskaplege omgrep. Ein kunnskap som vi ikkje kan sette ord på, blir kalla taus kunnskap. Praktiske erfaringar i teknologi og design gir ein praktisk, men til dels taus kunnskap som vil kunne danne grunnlag for ei utvida forståing av teoretiske omgrep i naturfag og andre fag. Praktiske erfaringar er ingen snarveg til teoretisk kunnskap, og det er lærarens oppgåve å vise elevane samanhengen mellom praktiske erfaringar og teoretiske omgrep.

Erfaring viser at undervisningsopplegg i teknologi og design er prega av stort engasjement og stor vekt på sjølve dei praktiske oppgåvene. For å oppnå teoretisk læring må erfaringa frå undervisningsopplegga bli knytt til oppgaver i dei aktuelle faga. Læraren må vere bevisst på dei læringsmåla som elevane får praktisk erfaring med, slik at måla kan bli arbeidde med vidare i dei aktuelle faga. Dette kan vi kalle å sette undervisningsopplegg i teknologi og design inn i ein *læringskjede*. Ein læringskjede kan bestå av både for- og etterarbeid i faga. Ein god læringskjede vil kunne gi betre djupn og bredde i læringa enn om praktiske undervisningsopplegg blir ståande isolerte som ein «happening» der einaste mål er å lage ein gjenstand som fungerer. Vi vil i omtalen av dei tre undervisningsopplegga gi konkrete forslag til korleis dei kan bli sette inn i ein læringskjede for faga naturfag, matematikk og kunst og handverk.

TEKNOLOGI OG DESIGN



Vi finn lysteknologi i mange ulike samanhengar, som for eksempel ved lesing av strekkode, fyrstårn, optiske fibre og CT-scannar. Illustrasjonsfoto: colourbox.com

Teknologi- og designkompetanse

Teknologi- og designkompetanse er kompetanse om form og funksjon til eit produkt, erfaring med kreative prosessar som leier fram til ferdige produkt og kunnskap om korleis dette produktet påverkar samfunnet rundt. Teknologi og design skal gi elevane trening i praktiske ingeniørferdigheiter. Dette omfattar erfaring med ulike materiale, teknikkar, verktøy og prosessane som leier fram til eit ferdig produkt. I denne prosessen inngår både idé/inspirasjon, kravspesifikasjon, produksjon, dokumentasjon og vurdering av form og funksjon til det ferdige produktet.

Kompetanse i teknologi og design består av

- å identifisere menneskes behov og definere eit problem
- å finne ei eller fleire løysingar som dekkjer behovet og løysjer problemet
- å vurdere konsekvensar og vidareutvikle og perfeksjonere løysingane

Erfaring med slike prosessar bør vere ein sentral del av ein felles allmenndannande skole for alle. Fleire har peikt på at skolen har blitt for teoretisk og at det er behov for at elevane i større grad får praktiske erfaringar gjennom skoleløpet. Erfaring med å fullføre

prosessar frå idé til ferdig produkt er ein sentral kompetanse som gir grunnlag for ei rekke yrke, både innanfor yrkesfaga og fag som krev høgare utdanning. Behovet for ein slik kompetanse kjem tydeleg fram i den generelle delen av læreplanen og er også del av intensjonen med emnet teknologi og design.

Kompetanse i teknologi og design skil seg frå kompetanse i naturfag på nokre viktige punkt. Sentralt i naturfagkompetanse står det å utforske og forklare fenomen i naturen. Målet er å komme fram til ein forklaringsmodell som gir oss forståing for ulike fenomen. I teknologi og design derimot, er ikkje målet å forstå og forklare. Teknologi og design tar utgangspunkt i behova til menneske, og kompetanse i teknologi er som nemnt å kunne identifisere eit behov, finne moglege løysingar og heile tida utvikle og forbetre løysingane. I teknologi finst det ikkje berre ei løysing som dekkjer eit behov.

Progresjon i teknologi- og designkompetanse

Elevar som går ut av 10. årstrinn skal i løpet av opplæringa si i grunnskolen ha vore gjennom ei rekke oppgåver og aktivitetar slik at dei kan nå kompetansemåla som er definerte i læreplanen. Aktivitetar på dei ulike årstrinna bygger på kvarandre og dannar til saman denne kompetansen. Også i teknologi og design må undervisningsopplegg på dei ulike årstrinna henge saman og bygge opp under kvarandre slik at eleven totalt oppnår ein best mogleg teknologi- og designkompetanse. Nokre gongar kan hovudmålet med undervisningsopplegget vere å øve på og lære ulike teknikkar og ferdigheiter. Andre gongar kan målet vere å anvende desse teknikkane og ferdigheitene i meir opne oppgåver som krev større grad av kreativitet og problemløysing. Det bør vere ein progresjon

Sentersamarbeid

Matematikksenteret, Kunst- og kultursenteret og Naturfagsenteret utviklar tverrfaglege undervisningsopplegg i teknologi og design: www.naturfag.no/tod-sentersamarbeid



TEKNOLOGI OG DESIGN



Korleis har lyskjeldene endra seg gjennom tidene? Frå vokslys, parafinlampe og glødelampe til LED-lampe.

Illustrasjonsfoto: colourbox.com

frå styrte undervisningsopplegg i starten til meir opne og sjølvstendige oppgåver mot slutten av skoleløpet. Ei oppgåve for det lokale læreplanarbeidet ved skolen er å utarbeide ein årstrinnsplan for teknologi og design. Ein slik plan kan sikre at alle undervisningsopplegga til saman gjer at eleven kan erfare teknologi og design på ein praktisk og engasjerande måte.

Kompetanse i teknologi og design kan bli brukt til å løyse eit problem. Vi har her delt dei tre kompetansepunkta nemnt ovanfor inn i ulike fasar som ein problemløysingsprosess består av:

å identifisere menneskes behov og definere eit problem:

- definere problem
- utarbeide/få kravspesifikasjon

å finne ei eller fleire løysingar som dekker behovet og løyser problemet

- analyse av løysingar på tilsvarande problem
- kjennskap til materiale, teknikkar og verktøy
- eigenskapar til naturlege fenomen (f.eks. lysstrålar, vann, damp, oppdrift)
- utarbeide nokre løysingsalternativ med skissar
- velje løysingsalternativ
- lage arbeidsteikningar (2D) og modellar (3D)
- lage produkt

å vurdere konsekvensar og vidareutvikle og perfeksjonere løysingane

- begrunne val av løysing
- vurdere løysinga (form, funksjon, livsløp)
- vidareutvikle løysinga

Undervisningsopplegg i teknologi og design kan innehalde ein eller fleire av desse fasane, og kvar av fasane kan vere på ulike nivå avhengig av årstrinn. Det bør vere eit mål at elevane etter 10. årstrinn har gjennomført nokre undervisningsopplegg som inneheld alle desse fasane, og at dei i løpet av grunnskoleløpet har tileigna seg kompetanse, ferdigheiter og erfaring med materiale og teknikkar på nokre utvalde område. Elevane vil da ha fått eit innblikk i korleis teknologiske produkt blir utvikla, brukt og påverkar miljøet rundt seg.

Eksempel på progresjon i tre undervisningsopplegg om lys

Dei tre prosjekta vi presenterer her, omhandlar lys brukt som lyskilde på ulike måtar: eitt er for barnetrinnet, eitt for mellomtrinnet og eitt for ungdomstrinnet. Vi vil vise korleis undervisningsopplegga kan bidra til læring både i teknologi og design og i ulike skolefag og korleis undervisningsopplegga gir ein progresjon som gradvis bygger opp den teknologi- og designkompetansen som skal vere del av ein felles allmenndannande skole.

TEKNOLOGI OG DESIGN

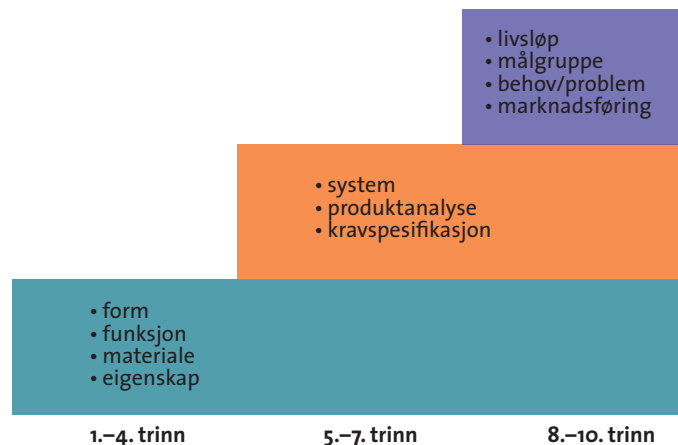
I **Utforsking av lys** for 1.–4. årstrinn skal elevane gjere seg erfaringar med eigenskapar til lys og sjå det i samanheng med gjenstandar vi omgir oss med. Her er det utforskinga som står sentralt, det å bli kjent med korleis lyset går gjennom eller blir reflektert av ulike materiale og korleis ulike gjenstandar kastar skugge. Dette dannar eit erfaringsgrunnlag om lys og materiale. Elevane skal også undersøke korleis eigenskapane til lys blir brukt i dagleglivet, som for eksempel refleksjon i ei lommelykt og transmisjon i solbriller. Dette er ein introduksjon for å bli bevisst på kvifor gjenstandar rundt oss er laga slik dei er.

Lampe for 5.–7. årstrinn er delt i to delar. Den første delen består av analyse av ei lampe som eit teknologisk produkt og handlar om val av løysingar og materiale i dei ulike delane. Her får elevane eit innblikk i korleis vi må tenke form, funksjon og materiale i samanheng ved å sjå på ein kjent gjenstand. Elevane går meir detaljert inn på form og funksjon til eitt produkt enn det er lagt opp til i småskoleopplegget. Dei får her også ei erfaring med kva eit system er og korleis ulike delar av lampa til saman kan fylle funksjonen å gi lys.

I den andre delen av opplegget går elevane gjennom fleire av fasane i ein teknologi- og designprosess. Dei får oppgitt ein kravspesifikasjon og skal ut frå denne lage eit ferdig delprodukt i form av ein lampeskjerm. Dei må vurdere kva for val dei må ta for å oppfylle kravspesifikasjonen. Her skal elevane sjølve lage eit produkt, der dei får erfaring med å bruke ulike formar, materiale og teknikkar.

I **Tegne med lys** for 8.–10. årstrinn skal elevane lage eit dekorativt lysobjekt der dei gjennomfører heile teknologi- og designprosessen. Dei startar med ein idé ut frå ei bestemt brukargruppe. Alle val vidare i prosessen blir styrt av dette. Dei vil også få praktiske utfordringar undervegs når det gjeld utforming av sokkelen og gravering i glaset, der dei sjølve må finne gode løysingar.

Opplegget legg vekt på å utvikle teknisk erfaring ved at elevane sjølve skal kople den elektriske kretsen og få fram den rette fargen ved hjelp av lys frå dei tre primærfargane rødt, grønt og blått (additiv fargeblanding). Bruk av materiale er styrt frå læraren, men elevane skal likevel vurdere livsløpet til produktet, det vil seie vurdere vegen frå råvare til avfall.



Ei trapp som viser kva for omgrep i teknologi og design vi har vald å starte med i dei ulike undervisningsopplegga. Omgrepa blir tatt med vidare til neste opplegg.

Vi har laga ei trapp som skal synleggjere at det er ein progresjon når det gjeld omgrep i teknologi og design (sjå illustrasjon over). I undervisningsopplegga om lys har vi valt å starte med dei fire omgrepa form, funksjon, materiale og eigenskap. Desse omgrepa skal det jobbast vidare med oppover i trinna, men det kjem også inn nye omgrep som system og produktanalyse, og enda fleire kjem på ungdomstrinnet. Kva for omgrep du vel å starte med, vil avhenge av tema. Det kan for eksempel vere veldig greitt å bruke omgrepet kravspesifikasjon også på småskoletrinnet, dersom det passar inn i opplegget.

Gjennom skoleløpet er det naturleg med ein aukande kompleksitet i ferdigheiter og teknikkar. Ei utforsking på småskoletrinnet vil vere meir leikande, mens på ungdomtrinnet vil utforskinga kunne vere meir systematisk og sjølvstendig. Det vil også vere auka krav til dokumentasjon og grunngjeving for val av løysing oppover i trinna.

TEKNOLOGI OG DESIGN



Utforsking av lys

Lys er fantastisk. På eitt sekund kan lyset reise nesten 300 000 kilometer. Lys er det raskaste vi veit om. Likevel kan du stoppe noko av det med handa di! I dette undervisningsopplegget skal elevane gjere seg erfaringar med eigenskapane til lyset og sjå det i samanheng med gjenstandar vi omgir oss med. Her får du ein smakebit frå opplegget.

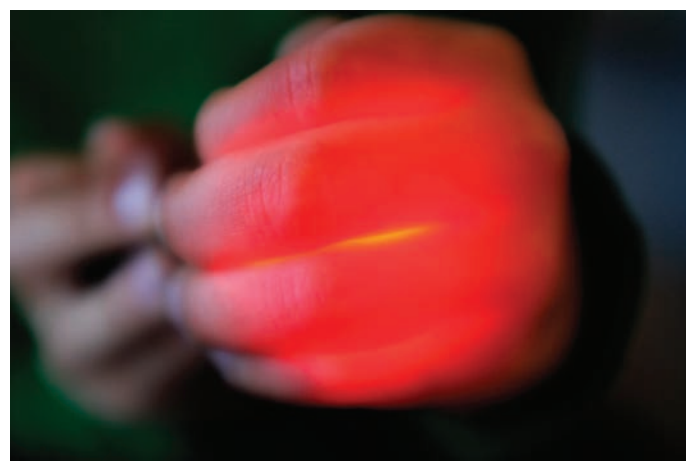
Korleis kan vi egentleg sjå alt som er rundt oss? Før trudde ein at auga kasta strålar ut mot det dei ville sjå (les meir om det på side 60). No veit vi at lys frå sola og ulike lyskjelder treff oss og gjenstandane rundt oss, og blir *reflektert* tilbake til auga våre. Mange materiale slipp også gjennom mykje av lyset – dette kallar vi *transmisjon*. Vindauga våre er eit godt eksempel – viss dei ikkje hadde sluppe gjennom lys, ville vi jo ikkje kunne sjå gjennom dei! Men dei slipp ikkje gjennom alt lys, noko blir reflektert, og noko blir stoppa. Når vi ser eit vindauge som står opent, kan vi sjå at

også glaset kastar skugge. Skugga er bevis på at ikkje alt lyset slipp gjennom. Når eit materiale *absorberar* lys, tar det lyset inn i seg og omformar det til varmeenergi. Farga til materialet har også noe å seie: Vi har vel alle kjent korleis det er å gå med svart genser på ein varm sommardag!

For at elevane skal få erfaring med absorpsjon, refleksjon og transmisjon, kan vi gjere enkle, morosame aktivitetar. I dette opplegget er det tre utforskingar som bygger på kvarandre.



Skugga er der hvor lyset ville ha vore viss ikkje handa hadde stoppa det.



Slepp noko av lyset gjennom handa?

Kort om undervisningsopplegget

I utforsking 1 lagar elevane seg erfaringar med lys og skugge. Dei brukar ei lommelykt og sine egne hender, før dei undersøker korleis lyset blir blokkert, reflektert eller skin gjennom ulike materiale.

I utforsking 2 brukar elevane lommelykter og speglar til å undersøke korleis lyset oppfører seg i møte med ein spegel. Slik får elevane eit godt erfaringsgrunnlag til å kunne forstå meir om korleis lys og speglar er nytta i kjende gjenstandar dei omgir seg med til dagleg.

I utforsking 3 får elevane utforske sjølve lommelykta. Dei undersøker korleis ho er bygd opp og kva ho er laga av, og finner ut at også andre lykter, som feks ei billykt, er bygd på same måte som ei lommelykt. Dei går på jakt etter gjenstandar som absorberer, reflekterer og transmitterer lys.



Aluminium reflekterer veldig mykje lys. Derfor er aluminium ofte brukt inni speglar!

Ein spegel er ei reflekterande overflate som er jamn nok til å forme eit spegelbilde, ein refleksjon. Når lyset blir reflektert (latin: reflectare, som betyr å bøye tilbake), blir det kasta tilbake. Ein spegel er så jamn at lysstrålane blir reflektert i same vinkel som dei kom inn, og det blir danna eit spegelbilde i glaset. Spegel blir som oftast laga av ei glasplate med eit tynt lag aluminium bak. Vanlege speglar reflekterer om lag 80 % av lyset dei tar i mot.

Læringskjede

Etterarbeid i naturfag: La elevane bruke erfaringane i undervisningsopplegget til å snakke om eigenskapane til lys. Elevane har erfart at lysstrålane går i rette linjer, og at når noko blokkerer lyset vil det kaste skugge. Elevane skal bruke omgrepa refleksjon, absorpsjon og transmisjon til å snakke om erfaringane frå teknologi- og designopplegget.

Forarbeid i matematikk: Elevane bør i forkant av undervisningsopplegget ha arbeidd med omgrepa linje og stråle. Med egne ord bør dei kunne forklare kva det er og si kva som er likt og kva som er ulikt mellom dei to. Elevane skal i praktiske samanhengar kunne bruke omgrepa *like stor*, *større enn*, *mindre enn*, *liten/kort avstand mellom* og *stor/lang avstand mellom*.

Etterarbeid i kunst og håndverk: La elevane bruke erfaringane til å snakke om korleis ulike materiale slepp igjennom, reflekterer eller absorberer lys.

Læringsmål

- observere og fortelle korleis skuggen endrar størrelse etter avstand frå lyskjelda
- undersøke eigenskapar til ulike materiale når det gjeld refleksjon (lys som blir kasta tilbake) og transmisjon (lys som går gjennom noko)
- gjenkjenne og finne gjenstandar som tar i bruk refleksjon og transmisjon
- fortelle kva desse gjenstandane er laga av og kva for funksjon dei har
- observere og undersøke korleis lys blir brukt i det offentlege rom, for eksempel lyssetting av bygningar og gater

**Sjå heile undervisningsopplegget på
www.naturfag.no/lysutforsking**

TEKNOLOGI OG DESIGN



Lampe, del 1 – lampe som system

Har du tenkt på hvor sammensatt noe så vanlig som ei lampe egentlig er? Se for deg en bestemt lampe. Det er mange valg som er tatt før denne lampen blei som den blei. Hvilke materialer er brukt? Hva slags former har de ulike delene? Er lyset stemningsfullt eller skarpt?

Alle slike spørsmål skal elevene bli vant til å stille seg i teknologi og design. I dette opplegget for mellomtrinnet skal elevene i del 1 se på eksisterende lamper og analysere lampe som system. Hvilke deler er ei lampe satt sammen av? Og hva slags funksjon har hver del? Del 2 handler om å gå i dybden på delen lampeskjerm. Hvordan kan vi lage en lampeskjerm ut fra en ønsket funksjon?

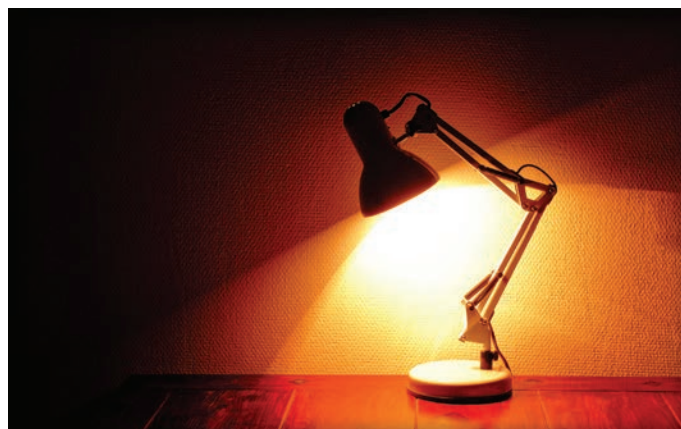
Hovedmålet med del 1 er å trene opp «teknologi- og designblikket» gjennom analyse av ei elektrisk lampe som et teknologisk produkt. I analysen skal elevene vurdere sammenhengen mellom materialvalg, form og funksjon til de ulike delene av lampen og se hvordan delene er satt sammen til et system.

Elevene skal først studere en lampe og identifisere funksjonen til lampen. Deretter skal de vurdere hvem lampen er beregnet for. Neste steg er å identifisere hvilke deler lampen består av (skjerm, lampefot, ledning osv.) og hva som er delfunksjonene til hver del. Videre skal de vurdere form og materialvalg til hver del og vurdere sammenhengen mellom funksjon, form og materialvalg.

Lampeskjerm, lampefot og elektrisk krets er også satt sammen av mindre deler. Hver av disse delene skal så analyseres videre ved å se på sammenhengen mellom form, funksjon og materialvalg. Her tar vi lampeskjerm og elektrisk krets som eksempel.

Analyse av lampeskjerm

Hvilken funksjon har lampeskjermen? Skal den samle eller skjerme lyset? Hvilket materiale er lampeskjermen laget av? Reflekterer materialet lyset? Er materialet gjennomskinnelig? Hvilken form er brukt? Er formen god i forhold til funksjonen til lampeskjermen?



Denne lampen er en arbeidslampe. Den samler lyset mot det området hvor vi trenger å se hva vi skal gjøre. Men den sprer også noe av lyset mot hele bordplata og bidrar derfor også til generell belysning. Illustrasjonsfoto: colourbox.com

Læringsmål

- undersøke hvilke deler ei lampe består av og fortelle at disse delene til sammen er et system
- beskrive hovedfunksjonen til systemet som helhet og funksjonen(e) til enkeltdelene
- beskrive og forklare form, materialvalg og funksjon til de ulike delene i systemet
- gjøre rede for egenskaper til materialer som er brukt i de ulike delene i systemet

TEKNOLOGI OG DESIGN

Lampe som system			
Hvilke deler består lampen av?	Funksjon	Form	Materiale
lampeskjerm	samle lyset mot en flate	kjegleaktig	metall

Eksempel på skjema der elevene skal skrive ned analysen sin.

Analyse av elektrisk krets

Hvilke deler består den elektriske kretsen av og hvor går strømmen i dette systemet? Hvilke materialer er de ulike delene laget av? Hvorfor er disse materialene brukt? Hvor er det plast og hvor er det metall? Hva er sammenhengen mellom form og funksjon til de ulike delene?

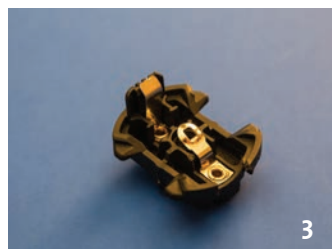
Læringskjede

Etterarbeid i naturfag: Analyse av en elektrisk lampe kan være en introduksjon til undervisning om elektrisitet i naturfag. Elevene skal bruke begrepene spenning, strøm og motstand til å forklare hvorfor en lampe lyser og funksjonen til de ulike komponentene i den elektriske kretsen i lampen. De skal også bruke begreper om elektrisitet til å begrunne og forklare hva vi må passe på for å unngå brann i elektriske koblinger. I tillegg skal elevene forklare materialvalg med naturfaglige begreper og materialets evne til å lede strøm.

Etterarbeid i matematikk: Hvilke grunnformer er de gjenstandene vi omgir oss med til daglig satt sammen av? Elevene kan arbeide videre med å beskrive gjenstander ved bruk av geometriske begrep og eventuelt fokusere på sammensatte former. Ofte er gjenstandene rundt oss en bearbeidet utgave av en geometrisk grunnform. Klarer for eksempel elevene å se at mange lampeskjermer har en kjegleform – ei kjegle hvor toppen er kappet av?

Etterarbeid i kunst og håndverk: Dette opplegget kan kobles til å beskrive lamper fra ulike stilarter og tidsperioder. Hva kjennetegner for eksempel lamper i skandinavisk design, Bauhaus stil og moderne lamper? Hva er felles, og hva er forskjellig?

Et etterarbeid i kunst og håndverk kan være å samle sammen ulike hverdagsgjensstander og materialer og teste hvordan de fungerer som en lampeskjerm over en lyskilde. Det kan brukes melkekartong, plastkasser, korker, glass, kopper osv. Hva skjer med materialet og formen når det får lys i seg? Hvordan reflekteres lyset og hvor gjennomskinnelig er materialet? Hvordan kan disse erfaringene brukes til å lage egne lamper?



Den elektriske kretsen består av mange deler;
 1 støpsel
 2 ledning
 3 og 4 lampeholdersokkel
 5 bryter

Delene i den elektriske kretsen kan åpnes og analyseres. Hvordan passer innmaten i lampeholdersokkelen (3 og 4) til lyspæra? Hvorfor har lampeholdersokkelen denne formen? Hvor er det brukt metall og hvor er det brukt plast? Hvordan virker bryteren (5)? Hvilke materialer er brukt i ledningen (2)? Hvordan kan du sette alle delene sammen til et system og hvor går strømmen i dette systemet? Foto: Petter Brodal

Se hele undervisningsopplegget på
www.naturfag.no/lampe

TEKNOLOGI OG DESIGN



Lampe, del 2 – design din egen lampeskjerm

Her går vi inn på en del av lampa, nemlig lampeskjermen. Elevene skal lage en lampeskjerm ut fra en kravspesifikasjon. Målet med opplegget er at elevene skal arbeide tredimensjonalt og teste ut ulike materialer og teknikker for å designe et produkt.

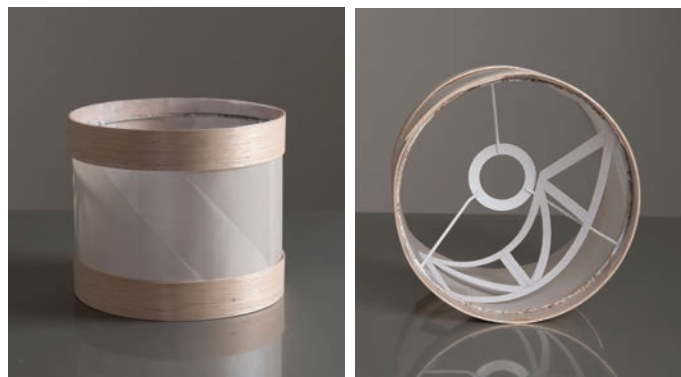
Undervisningsopplegget bygger på analysen av eksisterende lamper i *Lampe som system* (se side 26). Arbeidet består i å anvende disse erfaringene til å lage en lampeskjerm etter kravspesifikasjon som er gitt av lærer. Krav til utstyr blir enklest dersom kravspesifikasjonen inneholder oppdrag om å lage en hengelampe.

Det er viktig at lampeskjermen er funksjonell, oppfyller kravspesifikasjonen og at designeren viser forståelse for formale virkemidler i tredimensjonal form som flate, lys, skygge, romlig komposisjon, tekstur, overlapping, linjer, negativ og positiv rom. Elevene analyserer kravspesifikasjonen, og velger materialer og form basert på erfaringene fra forarbeidet i kunst og håndverk.

Læringsmål

- designe og lage lampeskjerm til ei lampe
- begrunne valg av egnet materiale ut i fra en gitt kravspesifikasjon
- bruke formale virkemidler i designet og fortelle om disse
- fortelle om egenskaper ved materialer, teknikker og verktøy som er brukt i lampeskjermen

Se hele undervisningsopplegget på www.naturfag.no/lampe



Et eksempel på en lampeskjerm som har et papirelement som gir skygge. Foto: Arvid Larsen

TEKNOLOGI OG DESIGN

Kravspesifikasjon

- Lampeskjermen skal være til en hengende lampe.
- Lampeskjermen skal gi et behagelig stemningslys.
- Designet skal være basert på geometriske former.
- Lampeskjermen skal være bygget av papir, tre og/eller papp.
- Lampeskjermen skal se annerledes ut når lyset er påslått.

Tredimensjonal form er en sentral del av det visuelle språket. Å jobbe tredimensjonalt krever en annen tilnærming og kunnskap enn å jobbe med todimensjonale uttrykk. Denne oppgaven gir elevene erfaring med å jobbe romlig og ta i bruk formale virkemidler.

For at elevene skal lære seg å tenke tredimensjonalt i arbeidsprosessen, skal ikke elevene tegne ordinære skisser på papir før de begynner å jobbe. Elevene skal velge seg en tredimensjonal, geometrisk form, som bygges i en modell i papp/kartong. Ved å ta utgangspunkt i en geometrisk form som kube, pyramide, sylinder, kjele, kule og lignende har eleven en nøytral form å jobbe med under utforskningen. Formen kan beholdes som den er eller bearbeides for et mer dynamisk uttrykk.

Elevene velger selv om de vil bygge med linjer (lister av kapa eller tre) eller legge mer vekt på flater og mellomrom underveis i prosessen. Det er en fordel om de i utprøvingen og modelleringen bare

benytter ulike former for papp, papir og kartong for å gi eleven et begrenset utvalg av materialer å jobbe ut ifra. Dette bidrar til at det formmessige får fokus i arbeidet.

Læringskjede

Naturfag – forarbeid: Repeter eller introduser begrepene refleksjon, absorpsjon og transmisjon for elevene. Etterarbeid: Elevene skal anvende begrepene refleksjon, absorpsjon og transmisjon i faglig forklaring av funksjonen til lampeskjermen.

Forarbeid i matematikk: Elevene bør kjenne godt til tredimensjonale figurer. De bør ha klipt opp og brettet ut tredimensjonale former for finne ut hvilke todimensjonale former de er satt sammen av. Elevene bør også ha bygd figurene enten ved hjelp av jobvrikker eller papp. Videre er det viktig at de kan noe om kjennetegn og egenskaper til sylindere, kubene, ulike rette prizmer, kjele og kule. Disse forkunnskapene vil hjelpe elevene i det praktiske arbeidet.

Forarbeid i kunst og håndverk: La elevene utforske og gjøre seg kjent med ulike materialer og teste ut hvordan disse fungerer med lys. Elevene skal spesielt teste ut hvor gjennomskinnelig materialet er, og hva som skjer med lyskvaliteten når lyset filtreres gjennom de ulike materialene. Eksperimentering med avstander og flere lag med materialer er også viktig. La elevene eksperimentere med materialer og form.



Designet til denne lampeskjermen er basert på en kube som er manipulert i formen. Foto: Arvid Larsen



TEKNOLOGI OG DESIGN

Tegne med lys

Lys og farger kan brukes til ulike uttrykk. I dette undervisningsopplegget skal elevene bruke både kreativitet og fagkunnskap til å skape et dekorativt lysobjekt til en bestemt bruker.

Elevene skal prege inn et selvlaget motiv i glassplater som lyses opp i ulike farger av en batteridrevet RGB-lyslister. Elevene skal designe og lage lysobjektet med de elektriske komponentene ut fra en kravspesifikasjon.

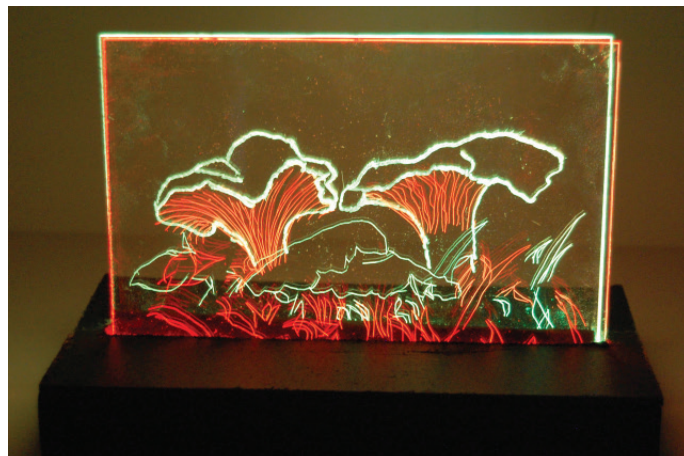
Denne oppgaven oppfordrer til bruk av fantasi og kreativitet. Elevene skal selv velge seg en bruker som skal ha dette lysobjektet. Eleven begynner med å bestemme hvem brukeren er. Hvor gammel er brukeren, hva liker han/hun å gjøre? Favorittfarger? Hvor skal brukeren ha lysobjektet? Hvilken funksjon skal det ha, og hvordan vil det prege form og motiv?

Før elevene kan begynne å designe produktet må de både teste ut materialene og vite hvilke elektriske komponenter som trengs, hvordan de kobles og hvor mye plass de krever.

Elevene må så lage arbeidstegninger før de kan sette i gang selve produksjonen. For å lage arbeidstegning av sokkelen, finnes det flere forholdsvis enkle digitale 3D-tegneprogrammer som er gratis, for eksempel SketchUp.

Motivet lages først på en datamaskin eller ved frihåndstegning. Utskrift eller tegning legges oppå eller under glassene ved graving. Det bør brukes et graveringsverktøy/multiverktøy. Husk å bruke beskyttelsesbriller, hansker og munnbind. Tynne striper vil være synlig ved belysning, men tykkere/dypere riss vil vises bedre. Det går også an å skravere flater.

Til slutt lager klassen en utstilling der det også lages en plakat som presenterer brukergruppen, settingen og hvorfor lysobjektet er formet slik det er.



Soppmotiv i to glassplater. Den ene plata er opplyst med rødt lys, den andre med grønt.

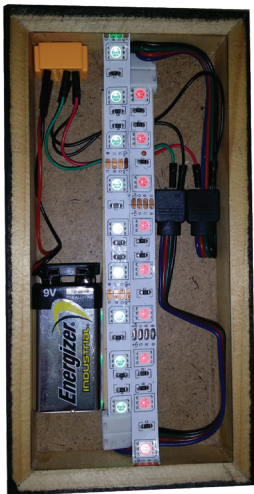
Læringsmål

- koble lyslister i en elektrisk krets og lage ulike farger ut fra primærfargene rødt, grønt og blått
- gjennomføre og dokumentere faser i et teknologi- og designprosjekt:
 - lage produkt ut fra en gitt kravspesifikasjon
 - utforske/analysere brukergruppens behov
 - bruke materiale, teknikker og verktøy
 - skissere tre ulike løsningsalternativer
 - vurdere, begrunne og velge løsningsalternativ
 - lage arbeidstegning og produktet
 - vurdere livsløp

TEKNOLOGI OG DESIGN

Kravspesifikasjon

- Flere glassplater skal belyses av hver sin lyslist i bunnen slik at inngravert motiv lyses opp, gjerne i ulike farger.
- Lysobjektet skal brukes som dekorativt og/eller informativt element i en valgfri setting og brukergruppe. Det kan for eksempel være borddekorasjon i en gotisk bar, nattbordlys til en arkitekt, pynteobjekt i stua til en rosablogger, lysinstallasjon til skranken på et museum, meditasjonslys for et yogasenter osv. Bruk fantasien!
- En sokkel skal skjule lyslistene og de elektriske komponentene, og sokkelen skal gi støtte til at glassene står stødig nok. Sokkelen skal ha lokk slik at batteri enkelt kan tas ut/settes inn.
- Det skal være enkelt å demontere de elektriske komponentene for gjenbruk.



Sokkelen må designes slik at de elektriske komponentene får plass. Glass er et spennende materiale å jobbe med der elevene kan utforske ulike teknikker.

Læringskjede

Naturfag – forarbeid: Elevene bør ha lært om additiv fargeblending på forhånd. Etterarbeid: Elevene skal forklare faglig hvordan produktet virker ved å bruke begrepene lys, lysbrytning, additiv fargeblending og strømkrets. Ved å ta utgangspunkt i produktet, skal elevene lære om avfallshåndtering av materialene som er brukt (glass, elektronikk) og etterpå vurdere livsløpet til produktet.



Bare ved å bytte rekkefølge på glassene kan et lysobjekt få vidt forskjellige uttrykk.

Etterarbeid i kunst og håndverk: Elevene kan dokumentere arbeidsprosessen i en multimediapresentasjon. Her skal også elevene beskrive livsløpet til et produkt og vurdere konsekvenser for bærekraftig utvikling, miljø og verdiskaping.

Forarbeid i matematikk: Sokkelen som elevene skal designe skal passe til produktet som helhet, samtidig som den er funksjonell og har plass til de elektroniske komponentene. For å få til det må målene beregnes nøyte på forhånd. Vi har derfor laget en innledningsøkt i matematikk der elevene øver på å beregne målene på en eksempelsokkel og samtidig blir kjent med hvordan en sokkel kan lages. Hvis ikke elevene har brukt digitalt 3D-tegneprogram før, vil det også være lurt å legge inn dette i innledningsøkta.



Solnedgang frest inn med sliper og rissepenn for å gi en gradert effekt.

Se hele undervisningsopplegget på
www.naturfag.no/lystegning

LYSAKTIVITET

Hvordan lede lys?

Her er et forslag til et enkelt forsøk som viser at et materiale kan lede lys. Dette er prinsippet i fiberoptiske kabler.

Lys og lysteknologi

Lys og lysteknologi er overskrifter for lysets år. Lysstråler går som vi vet i rette linjer, men det er også mulig å få lys til å gå i krok og sving. Dette bruker vi i fiberoptiske kabler til overføring av TV-signaler og data, da er materialet plast eller glass. Fiberoptikk brukes også i legevitenskapen for å bringe lys inn i vanskelig tilgjengelige hulrom ved medisinske undersøkelser og kikkhullskirurgi.

Prinsippet bak å få lys til å bevege seg i en bue kaller vi *totalrefleksjon*. Dette kan vi demonstrere i klasserommet med enkle midler. Gjennomføringen krever få ressurser og liten tid.

Utstyr

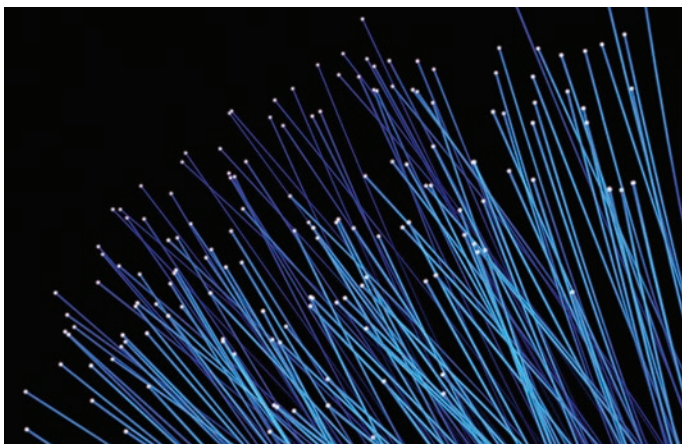
- brusboks
- lommelykt
- syl
- mørkt rom med tilgang på en vask eller et fat/bøtte

Fremgangsmåte

- Stikk et hull med en syl på siden av brusboksen, så langt ned på siden som mulig.
- Gå til et mørkt rom med en utslagsvask. Alternativt kan du ta med deg vann i en beholder og en bøtte til å fange opp vannstrålen.
- Fyll vann på boksen samtidig som du tetter for hullet med en finger.
- Skru på lommelykta.
- Plasserer boksen vertikalt med lommelykta plassert på toppen, slik at alt lyset går ned i boksen, samtidig som du holder en finger over hullet.
- Slipp fingeren fra hullet slik at vannet kan komme ut.

Hva skjer?

Lyset fra lommelykta følger vannet ut av boksen gjennom strålen. Lyset går med andre ord bare inne i vannstrålen, blir reflektert inne i vannstrålen og følger vannets bane.



Bilde av en fiberoptisk pyntegjenstand. Endene på de tynne plasttrådene lyser, fordi lys ledes fra en lyskilde i den andre enden (utenfor bildet). Illustrasjonsfoto: colourbox.com



Vannstrålen kommer ut nederst i boksen.
Foto: Rim Tusvik

Farger i sving

Kan fargene på LEGO-klossar blandast? Jada, viss klossane rører seg fort nok.

I Bamsebo barnehage i Oslo er det for tida populært å bygge snurrebass av LEGO. Ungane i Bamsebo bygger og snurrar på snurrebassar med ulik storleik, form og med forskjellige farger. På den måten utforskar dei mykje mekanikk og geometri. I tillegg oppdaga dei noko artig med fargene! Ein snurrebass med raude og

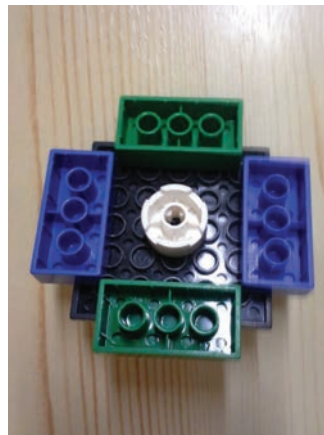
blå klossar såg ikkje raud og blå ut da han snurra. Han vart lilla! (Les meir om fargeblanding på side 98.) Under kan du sjå nokre av byggverka, i ro og i aksjon. Takk til ungene i Bamsebo avdeling 5 og pedagogisk leiar Kurt Valding Grindhagen for eit flott eksempel på leikande naturfag i barnehagen.



Bastian viser fram ein LEGO-snurrebass med raud og blå farge.
Foto: Maria Vetleseter Bøe



Denne blir lilla når han snurrar. Foto: Kurt Valding Grindhagen



Ein snurrebass sett frå undersida.
Foto: Kurt Valding Grindhagen



Kva for farger er denne snurrebassen laga av? Foto: Kurt Valding Grindhagen

Farger på roterommet

Kva er det eigentleg som skjer når vi ser forskjellige farger? Er malingsboksen raud inni når lokket er på? Alle som har malt kjenner til det å blande farger. Gult og blått blir grønt. Men kva skjer når vi blandar lys?

Sjå videoen frå NRK med Øgrim og Ormestad som undrar seg, gjer forsøk og fortel om farger. Vi får blant anna sjå korleis lys består av fleire farger, og kva det betyr for fargene vi ser, for eksempel i ein regnboge. Sjå www.naturfag.no/farger-på-roterommet



Sendt: 09. des 1983

SOLCELLER

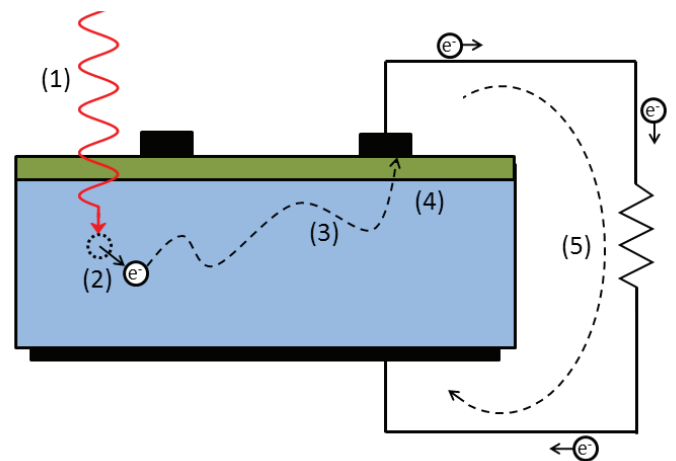


Hvordan lage verdens beste solcelle?

Hvis vi hadde samlet inn all energien i sollyset som treffer jorda i løpet av en halvtime, kunne vi dekket hele menneskehetens energiforbruk i et helt år! Solceller blir stadig bedre, billigere og mer vanlige, men de kan fortsatt ikke utnytte mer enn omtrent en femtedel av energien som treffer dem. I denne artikkelen skal vi se på noen av årsakene til at det er så vanskelig å utnytte all energien i sollyset, og hvorfor solceller likevel kommer til å være en viktig del av verdens energiproduksjon framover.

For å tilfredsstille vår stadig økende appetitt på energi uten å ødelegge miljøet, er det veldig viktig at vi klarer å utnytte energien i sollyset på en direkte, billig og effektiv måte. Indirekte sørger sola for at det regner i vannmagasinene og blåser på vindmøllene. Til og med oljen under bakken er lagret sollys fra millioner av år tilbake. Den mest elegante måten å gjøre sollyset om til energi, er imidlertid gjennom en solcelle: Sollyset kommer inn i solcella og overfører energien sin til et elektron. Når elektronene først er «sparket løs», kan de bevege seg rundt i materialet, og vi kan bruke et elektrisk felt til å sveipe dem avgårde og ut i en ytre krets. Figuren til høyre viser en skjematisk illustrasjon av hvordan solcellen virker. På denne måten lager solcella høyverdig elektrisk energi som kan sendes rett inn på strømmettet. Det er ingen bevegelige deler som blir slitt. Når solcellepanelet først er satt opp, kan det produsere strøm i minst 30 år, sannsynligvis enda lenger.

De fleste solceller i dag lages av grunnstoffet silisium, og har en effektivitet (andel utnyttet energi fra sollyset) på mellom 17 % og 25 %. Det blir brukt store ressurser på forskning og utvikling både for å gjøre solcellene billigere og på å forbedre denne effektiviteten, slik at solstrøm kan bli konkurransedyktig stadig flere steder. For å forstå hvordan vi kan gjøre solcellene mer effektive, er det viktig å forstå hvor den tapte energien blir av. Grovt sett kan vi dele dette energitapet opp i to kategorier. For det første klarer vi ikke samle opp alle elektronene som blir sparket løs inne i solcella. De elektronene som samles opp, mister også noe av energien sin på



I en solcelle kommer sollyset inn i halvledermaterialet (1) og sparker løs et elektron fra strukturen (2). Elektronet virrer rundt i cellen (3) til det blir fanget opp av et elektrisk felt dannet i grensesjiktet mellom to lag med ulike urenheter, såkalt doping (4). Elektronene går rundt i en ytre krets og leverer energi på vei tilbake (5).

Animasjon som viser hvordan en solcelle virker:

www.viten.no/?solcelle

Hvis du vil lære mer om hvordan solceller fungerer, se pveducation.org/pvcdrom

SOLCELLER

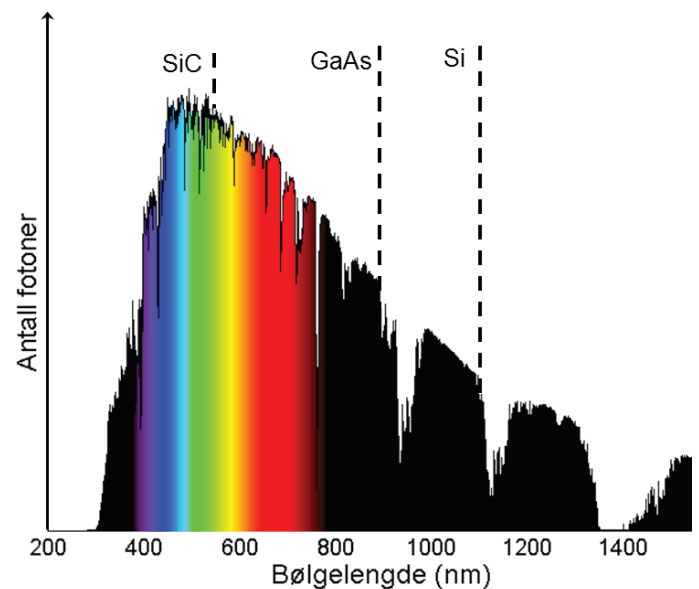


Illustrasjonsfoto: colourbox.com

vei ut i den elektriske kretsen. For det andre er det vanskelig å absorbere alt lyset inne i solcella, og det er heller ikke mulig å utnytte alle de ulike fargene i solspekteret like effektivt. Det første punktet, som handler om de *elektriske* egenskapene til solcella, er et stort fagfelt i seg selv, men i denne artikkelen skal vi bare konsentrere oss om det andre punktet som handler om lyset. Hvordan kan vi absorbere så mye av lyset som mulig, og hvorfor er det så vanskelig å skvise ut all energien fra sollyset?

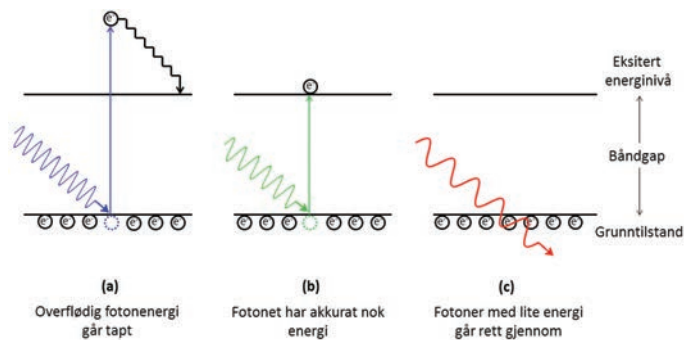
Nøkkelen til å svare på det siste spørsmålet ligger i egenskapene til materialet som absorberer lyset. Materialet som brukes til å lage en solcelle er som regel en halvleder, dvs. et materiale som verken er et metall eller en elektrisk isolator, men noe midt mellom.

Elektronene i en halvleder sitter i utgangspunktet fast i atomstrukturen, men hvis vi tilfører dem energi, kan de bli løftet opp, eller *eksitert*, til et høyere energinivå. Energiforskjellen mellom grunn-tilstanden og det eksiterte nivået kalles for *båndgapet*. Det hvite lyset fra sola består av lys med mange forskjellige bølgelengder, fra langbølget infrarødt lys til kortbølget UV-lys. Vi kan imidlertid også se på lyset som små, masseløse partikler kalt *fotoner*, og hvert foton bringer med seg en bitteliten energipakke som kan overføres til et elektron. Energien til fotonene er omvendt proporsjonal med bølgelengden. UV-lyset med kort bølgelengde har dermed mye energi, og det infrarøde lyset med lang bølgelengde har lite energi. Midt mellom ligger det synlige lyset. Figuren under viser fordelingen av fotonene i solspekteret, sammen med de ulike fargene i den synlige delen av spekteret. Legg merke til at det er flest fotoner i det synlige området. Dette er slett ikke tilfeldig. Menneskeøyet har naturlig nok utviklet seg til å være mest følsomt i det området der mesteparten av sollyset er.



Solspekteret – dette er det vi har å ta av når vi skal designe ei solcelle. Det synlige lyset er vist med farger, men det er også ganske mange fotoner i det infrarøde området til høyre. Båndgapet til noen kjente halvledere er tegnet inn: silisiumkarbid (SiC), galliumarsenid (GaAs) og silisium (Si).

SOLCELLER



Illustrasjon av lys som absorberes inne i en halvleder. Dersom de innkommende fotonene har nok energi, kan de overføre energien sin til et elektron i grunntilstanden og løfte det opp i en eksitert tilstand. Overflødig energi som er høyere enn båndgapet går tapt som varmeenergi, slik at elektronene aldri ender opp med mer energi enn båndgapet.

Siden elektronene i halvlederen ikke kan ha hvilken som helst energi, men enten må være i grunntilstanden eller i det eksiterte energinivået, er det ikke alle fotonene i solspekteret som kan overføre energien sin. Bare fotonene med energi høyere eller lik båndgapet kan sparke løs elektronene, resten passerer rett gjennom halvlederen uten at vi kan bruke dem til noe. Dette er illustrert i figuren over. (a) viser hva som skjer når fotonene har mer energi enn båndgapet; elektronet faller umiddelbart ned til det eksiterte energinivået og den ekstra energien går tapt som varmeenergi. (b) viser den ideelle situasjonen: Her har lyset akkurat nok energi til å eksitere elektronet, og all energien fotonet bærer med seg blir overført. Den siste mulige situasjonen er vist i (c): Her har fotonet mindre energi enn båndgapet, og passerer dermed rett gjennom solcella uten at energien blir overført til et elektron.

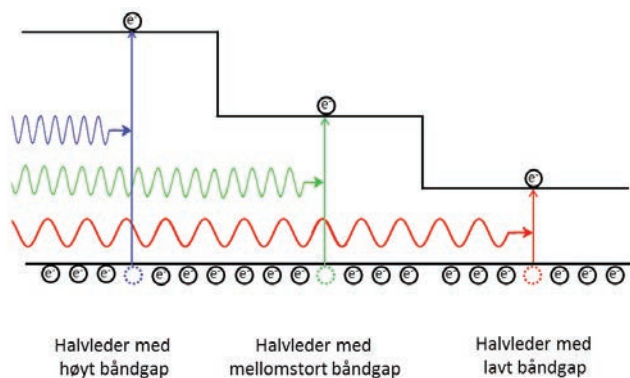
Effektiviteten til solceller

Nå tenker du kanskje: Hvorfor bruker vi ikke bare en halvleder med skikkelig lavt båndgap til å lage solceller, slik at vi får brukt alle fotonene til å lage strøm? Det stemmer at ei slik solcelle vil produsere mye strøm, men da glemmer vi en viktig ting: Vi trenger også å lage *spenning*. Den vesentlige størrelsen her er nemlig den elektriske *effekten* (P) som produseres, og den er gitt av strømmen (I) multiplisert med spenningen (U); $P = UI$. Mens strømmen er gitt av antall elektroner vi klarer å eksitere, er den elektriske spenningen som solcella skaper, bestemt av hvor mye energi elektro-

nene har når de kommer ut. Og det er kanskje lett å tenke seg at jo større båndgapet er, jo høyere opp i energi må vi løfte elektronene, og jo større blir spenningen i solcella.

Når vi skal velge et halvledermateriale å lage solceller av, må vi altså balansere strøm og spenning mot hverandre: Høyt båndgap gir lite strøm og mye spenning, lavt båndgap gir mye strøm og lite spenning. Ved å ta fordelingen av fotonene i solspekteret med i beregningen, er det mulig å regne seg fram til at den teoretisk sett beste solcella laget av én enkelt halvleder bør ha et båndgap på ca. 1,4 eV, med en maksimal teoretisk effektivitet på 33 %¹. Båndgapet til silisium, som er det vanligste materialet i dagens solceller, er på 1,12 eV og er dermed litt lavere enn det som er optimalt. Solceller av silisium har derfor en maksimal effektivitet på 29 %. Egentlig bør vi være fornøyd med at dette ikke er så langt unna det optimale båndgapet. Silisium er tross alt det nest vanligste grunnstoffet i jordskorpa etter oksygen, så det er veldig praktisk at det også viser seg å være en halvleder som attpåtil har et velegnet båndgap til å utnytte seg av sollyset!

Som vi har sett er det begrensninger for hvor gode solceller kan bli når de lages av ett enkelt materiale, men de kan likevel være en viktig del av energiproduksjonen. Solcellebransjen har i mange år jobbet hardt med forskning og prosessforbedringer for å gjøre teknologien mer konkurransedyktig sammenlignet med fossilt brensel og andre energiformer. I fjor satte det japanske selskapet Panasonic ny verdensrekord for silisiumsolceller med en virkningsgrad på 25,6 %², altså nesten 90 % av det som er teoretisk mulig. Solcellepaneler har også blitt veldig mye billigere de siste årene ettersom produksjonsvolumene har økt og bedre prosesser har blitt utviklet. Denne kostnadsreduksjonen sammen med økt effektivitet har ført til at bruken av solenergi har økt dramatisk. I slutten av 2014 hadde verden installert 177 GW med solcellepaneler, over 10 ganger så mye som i 2008! Etter flere år med ambisjøs energipolitikk får nå Tyskland, Italia og Hellas 7–8 % av elektrisiteten sin fra solceller, og flere andre store markeder følger etter. Selv om slike tall er imponerende i seg selv, er det imidlertid fortsatt en lang vei å gå. Fremdeles utgjør solceller bare 1 % av verdens energiproduksjon.³ Det er derfor viktig å fortsette å øke effektiviteten og redusere kostnadene også i fremtiden. Men som vi har sett, er det en fundamental begrensning på hvor effektive solceller kan bli. Hvordan kan vi fortsette å øke effektiviteten over 33 %?



Skjematisk illustrasjon av båndgapene i ei tandem-solcelle. Når flere solceller med minkende båndgap settes sammen, kan hver av cellene operere mer ideelt for ulike deler av solspekteret.

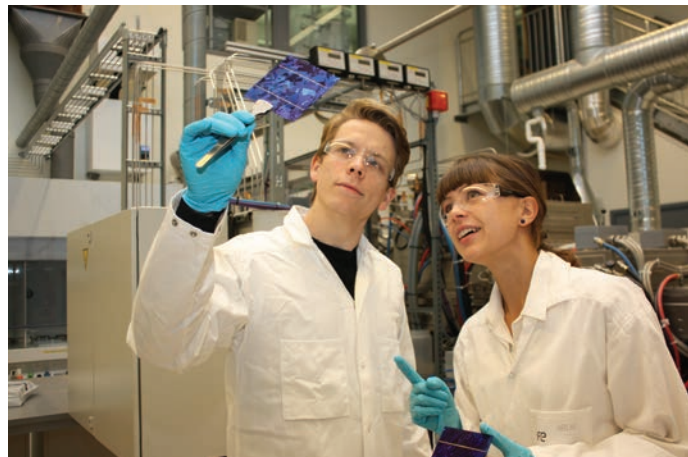
Tandemsolceller – framtidens solceller?

En mulig løsning på denne utfordringen er å sette sammen flere solceller med ulikt båndgap til ei kombinert solcelle kalt ei tandemcelle. Ideen er illustrert i figuren over: Den øverste solcella er laget av et materiale med høyt båndgap og benytter seg dermed av fotonene med høy energi, mens den slipper resten av fotonene gjennom til solcella under. Den neste solcella har et mellomstort båndgap og den nederste et lavt båndgap. På denne måten kan hver solcelle virke mer optimalt på hver sin bit av solspekteret, og mindre energi går til spille.

Det har vært forsket på tandemceller i mange år, og den nåværende rekorden innehas av ei tandemcelle som består av fire ulike enkeltceller som er bygget sammen, med en total effektivitet på 46 %⁴. Disse cellene brukes imidlertid i liten grad til energiproduksjon i dag da de er veldig dyre å produsere, og den resulterende strømprisen blir derfor for høy til å være konkurransedyktig. Derksom vi klarer å finne billigere måter å lage tandemceller på, ville det derfor vært veldig gode nyheter for økt bruk av solceller og en mer miljøvennlig energiproduksjon. En spennende mulighet er å lage ei rimelig tandemcelle der den ene av enkeltcellene består av

Visste du at ...

- en solcelle virker omvendt av en diode? Les om den blå lysdioden og forklaring av begreper på side 42.



Artikkelforfatteren (til venstre) med en kollega på IFEs solcellelaboratorium på Kjeller. Foto: Mona Lunde Ramstad, IFE

krystallinsk silisium, slik at vi kan benytte oss av all den eksisterende teknologien og produksjonsprosessene vi har i dag. Som du kanskje skjønner – det er spennende tider for oss solcelleforskere!

Fotnoter

- 1 For mer om maksimal effektivitet hos solceller, se: en.wikipedia.org/wiki/Shockley-Queisser_limit
- 2 Panasonic HIT® Solar Cell Achieves World's Highest Energy Conversion Efficiency of 25.6% at Research Level <http://news.panasonic.com/press/news/official.data/data.dir/2014/04/en140410-4/en140410-4.html>
- 3 Alle tallene i dette avsnittet er hentet fra rapporten *Snapshot of Global PV 1992-2014*. International Energy Agency — Photovoltaic Power Systems Programme, 30 March 2015. www.iea-pvps.org/
- 4 EE Times Europe, *French-German collaborators claim solar cell efficiency world record*, www.electronics-eetimes.com/en/french-german-collaborators-claim-solar-cell-efficiency-world-record.html?cmp_id=7&news_id=222923159



Kan vi legge solceller som asfalt?

I dette undervisningsopplegget skal elevene diskutere en aktuell problemstilling:

www.engagingscience.eu/no/2014/11/13/solar-roadways

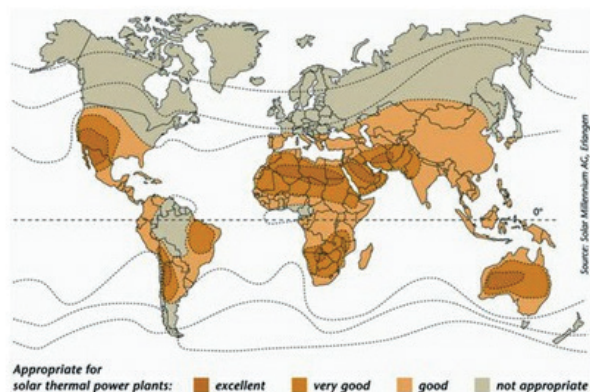
SOLCELLER

Solceller – der sola er!

1,3 milliarder mennesker mangler tilgang til elektrisitet i dag. Flertallet av dem bor i Sør-Asia eller Afrika sør for Sahara, ifølge Det internasjonale energibyrået. Paradoksalt nok har det vært minst utbygging av solenergi i de mest solrike områdene i verden – men noe er i ferd med å skje. Her er en samling artikler om temaet.

Kart over områder som egner seg for solkraftverk. Jo mørkere brunfarge, jo bedre egner området seg. Grå områder egner seg dårlig.

Områder egnet for termiske solkraftverk



Kilde: Solar Millenium AG, Erlangen

Hvor i Afrika finnes potensialet?

Det teoretiske potensialet for å produsere elektrisitet fra sol er enormt i Afrika. beste forutsetningene for solenergi. På et område på 12,6 millioner kvadratkil elektrisitetsproduksjon beregnet til 1,362 millioner TWh. Mindst opp 1,5 prosent

STORT TEORETISK POTENSIALE: Afrika har gode geografiske og klimatiske forutsetninger for utbygging av solkraft.
www.zero.no/internasjonalt/fornybar-energi-i-afrika

Africa

Is the sun rising on an African solar revolution?

By Ed Thomas
BBC News, Kenya

© 18 February 2015 | Africa



Solar energy might be the solution for rural parts of Africa that lack electricity

Is the sun the answer to Africa's energy problems? Analysts believe solar power could be the world's largest source of power by 2050.

Deep in northern Kenya, above Napuu Village, there is only the brightest of full moons to light the way.

You can hear the chatter as the sun sits around noon

LYS FRAMTID: Kanskje solenergi kan bli den største kilden til energi i hele Afrika innen 2050?
www.bbc.com/news/world-africa-31503424

SOLCELLER

Skandinaviske bidrag til lys- og strømmangel i Afrika



SUNBELL: Norsk solcelle-lampe nominert til Norwegian Tech Award.
bit.ly/1MpJLDV



LITTLE SUN: Skandinavisk oppfinnelse som har gitt soldrevet lys til foreløpig 10 afrikanske land siden 2012.
littlesun.com

One year in Malawi as a solar energy entrepreneur Norwegian

Off-grid solar energy is a solution that may make electricity available very fast for the over 1.4 billion people living without access to electricity at home. In this lecture, Trygve Mongstad will share his experience from Malawi, where he worked for one year as a solar energy entrepreneur through a project funded by FK Norway and the Norwegian Department of Foreign Affairs.

Time and place:
 Sep. 10, 2015 04:15 PM - 05:00 PM, Science Library, Vilhelm Bjerknes' hus

Large cost reductions over the last years, have made solar energy technology more available, and it is spreading fast to households and small businesses in off-grid regions all over the world.

Trygve Mongstad's job was to establish a solar energy company - a social enterprise owned by a local non-profit organisation. Over the year, the enterprise grew, a solar shop was opened and several strategies to reach out to rural households with affordable energy solutions were tested.

In this lecture, Mongstad will elaborate on his experience, and shed light on the technical and social challenges related to introducing solar electricity to those living in "remote" areas.

Mongstad recently works as a researcher for Institute for Energy Technology (IFE) and has a PhD degree in physics from the University of Oslo.

[The event will be streamed](#)
[Event at Facebook](#)

MALAWI: Trygve Mongstad har jobbet som solcelle-entreprenør i Malawi i ett år. Erfaringer fra solcelleprosjekt i Malawi er formidlet på UiOs nettsider.
bit.ly/1QZqlX

Kenya to generate over half of its electricity through solar power by 2016

Government invests \$1.2bn jointly with private companies to build solar power plants across the country

Kenya has identified solar sites to build solar power plants that could provide more than half the country's electricity by 2016.

KENYA: Innen 2016 vil Kenya generere halvparten av sin elektrisitet gjennom solenergi – det er i hvert fall målet.
 Fra The Guardian:
bit.ly/KabuNQ

Er vi grønne på grønn bistand?

English

En milliard mennesker i verden mangler tilgang på elektrisitet til å lage mat eller lyse opp hjemmene sine. Teknologien er på plass, men vi er langt fra en løsning på denne globale utfordringen.



I denne landsbyen i Bangladesh har mange fått strøm for første gang. Selv én enkel lyspære gjør livet lettere. (Foto: Hanne Cecilie Geirbo)

En enkel lyspære gjør hverdagslivet til familien mye enklere. Nå kan familiemedlemmene gjøre flere aktiviteter innendørs. Barna gjør lekser, mor syr eller forbereder middagen. Lyset gjør det også enklere å stelle de eldre.

Neste ting på ønskelisten er elektrisitet nok til å bruke vifte på varme dager, og TV. Og

HOPPER BUKK: Ny teknologi gir muligheten til å hoppe bukk over tradisjonell infrastruktur som sentrale strømnett. Det gir også muligheten til å hoppe bukk over fossile energikilder. Fra uio.no: bit.ly/1QyGUHv

Solceller - Fremdeles et høyaktuelt fornybart alternativ (Lysets år 2015, #3)

Solceller
 Fremdeles et høyaktuelt fornybart alternativ
 Torunn Kjeldstad, Senter for Materialvitenskap og Nanoteknologi

1. september 2015 kl. 15:15, Realfagsbiblioteket, Vilhelm Bjerknes' hus

Uio Universitetsbiblioteket
 Realfagsbiblioteket

001 / 03:04

FOREDRAG: Hvordan fungerer egentlig en solcelle? Hvordan skal solceller bli en viktig energikilde i fremtiden? Og hvordan skal Norge være med på moroa? lysaret.no/ressurser/videoer/

LYSPÆRER



Lyspærer

Ei lyspære er ikkje lenger ei lyspære. Den gamle glødepæra er historie, og mange nye variantar kan gjere val av pære vanskeleg.

Kva skal vi velje dersom vi skal ha ei pære for godt arbeidslys? Kva med ei utelampe? Eller for å få ei stemningsfull atmosfære? Og kva er mest energieffektivt? Dei viktigaste eigenskapane vi bør ta omsyn til ved val av lyspære er lysstyrke, fargetemperatur, energibruk og levetid.

Lysstyrke

Det finnes to heilt parallelle målesystem når vi skal angi lysstyrken til ei lyskjelde. Det første er basert på fysiske energimål og blir målt i watt. Dette kallar vi eit radiometrisk målesystem. Det andre tek omsyn til kor følsamt menneskeauget er. Vi kallar dette eit fotometrisk målesystem og lysstyrken blir målt i lumen. I eit fotometrisk målesystem brukast også måleiningane candela og lux.

Størrelse	Eining	Forklaring
lysstraum	lumen	Den totale lysstraumen som blir avgitt av lyskjelda målt mot augets kjenslekurve.
lysstyrke	candela	Lysstyrken i ei bestemt retning (romvinkel). For ei sirkelforma lyskjelde: $\text{candela} = \text{lumen}/4\pi$ 1 candela tilsvarar omtrent lysstyrken frå ei stearinlysflamme
belysnings-tettleik	lux	Belysningstettleik seier kor sterkt ei flate blir belyst. Varierer med avstanden til lyskjelda; større avstand gir lågare belysningsstyrke. $\text{lux} = \text{lumen}/\text{m}^2$

Fargetemperatur og fargegjengiving

Fargetemperaturen er svært viktig når vi vel belysning. Fargetemperatur forklarar nyansen mellom varmt og kaldt lys. Lystemperatur blir ofte delt inn i hovudgrupper, der omgrepa varmkvit, kvit og kaldkvit er dei vanlegaste gruppene. Innandørs vil vi gjerne bruke varmkvitt som er det lyset vi er vande med frå glødepæra. Fargetemperaturen blir angitt i kelvin (K). Normalt reknar vi 2600–3000 K som varmkvitt lys. Varmt lys er lunare og blir ofte brukt heime. Ei lyspære til private heimar har gjerne ein fargetemperatur lågare enn 2700 K.

Fargegjengiving blir oppgitt med ein Ra-verdi (rendering average) mellom 0 og 100, og fortel kor god pæra er til å gjengi fargar. Dagslys har den beste fargegjengivinga på 100, gløde- og halogenpærer på 99 og sparepærer og alminnelege lysstoffrøyr litt over 80. Dei beste kvite lysdiodane har ein Ra-verdi opp mot 95, som er svært tett opp mot halogenpærer og dei beste lysstoffrøyra. Til vanleg blir det anbefalt å bruke pærer som har ein Ra-verdi på minst 80.

Energibruk

Det varierer kor energieffektive lyskjeldene er, det vil seie kor stor del av den elektriske energien som faktisk blir omdanna til synleg lys. Ei glødepære omset det meste av energien til infraraud stråling (varme) som ikkje er synleg lys. Når slike pærer blir brukt der vi har bruk for oppvarming, er ikkje dette noko problem. Men der vi treng å fjerne varme eller ikkje har behov for varmen er det ikkje lurt med slike pærer. Tabellen på neste side gir oversikt over energieffektiviteten til ulike pærer.

LYSPÆRER

Lyspære	Effekt	Lysstyrke	lumen/watt
Glødepære	40 W	300 lm	7,5 lm/W
Halogenpære	10 W	130 lm	13 lm/W
Sparepære	11 W	650 lm	59 lm/W
Lysstoffrør	9 W	600 lm	67 lm/W
LED	6 W	540 lm	90 lm/W
OLED			100–150 lm/W (?)

Les meir på folk.uio.no/arntvi/kpt1oda.pdf

Nyare lyskjelder er for eksempel LED (Light Emitting Diode). Ein mindre kjent teknologi er såkalla organisk lysemmitterande dioder (OLED). Hittil er det største lysutbytte på OLED på vel 100 lm/W, men målet er å nå 150 lm/W innan få år.

Levetid

Ei vanleg glødepære har ei gjennomsnittleg levetid på ca. 1000 timar, mens det er vanleg at LED har ei levetid på ca. 150 000 timar. Sparepærer kan vare i ca. 10 000 timar.

Lyspære	Fargetemperatur	RA-verdi	Energi-effektivitet	Levetid (timer)
Glødepære	Ca. 2700 K	99	7,5 lm/W	1000–2500
Halogenpære	Ca. 3100 K	99	13 lm/W	2000–5000
Sparepære	2500–4000 K	Ca. 80	59 lm/W	6000–15 000
Lysstoffrør	2700–7000 K	50–80	67 lm/W	16 000–24 000
LED	2700–6500 K	60–95	90 lm/W	30 000–100 000
OLED			100–150 lm/W (?)	

Les meir

- Energieffektiv belysning, Enova: bit.ly/1KcV6q5
- Informasjonsbrosjyre, Osram: bit.ly/1is75Hy
- Lyskultur – kompetansenettverk innen lys og belysning: www.lyskultur.no

Ulike lyspærer



Glødepærer gir fint varmt lys og har god fargegjengiving, men dei er lite energieffektive og har ikkje vore i produksjon etter 1. september 2012.



Halogenpærer blir ofte brukt på kjøkken, bad og til bord- og arbeidslamper der det er viktig med ei god fargegjengiving. Halogenpærer finst både for normalspenning (230 V) og lågvolt (12 V). Alle halogenpærer kan dimmast. Om få år kan også halogenpærer bli forbodne fordi dei ikkje er miljøvenlege nok.



Sparepærer er omtrent like energieffektive som LED. Sparepærer er bøygde lysrør med skrusokkel og innebygd elektronikk til tenning og drift. Dei kan ha same form som dei gamle glødepærene, eller dei kan vere vridde, bøygde og sirkulære. Lyset er litt flatt og fargegjengivinga er litt dårlegare enn i gløde- og halogenpærer. Sparepærer gir full lysstyrke først når dei har blitt varme. Dei yter dårlegare ved låge temperaturar og passar best innandørs. Nokre sparepærer kan dimmast.



Lysstoffrør har gass i røyra som lyser når det går straum gjennom. Dei finst i avlange og sirkulære utgåver, er energieffektive og har låg varmetvikling. Lysstoffrør har ikkje like god fargegjengiving som gløde- eller halogenpærer. Dei har lang levetid slik at dei ikkje må byttast ofte. Lysstoffrør kan vanlegvis ikkje dimmast.



Lysdiodar (LED) er små, elektroniske komponentar som krev ein spesiell elektronikk (se mer i faktaboks på side 43). LED-produkt finst i alle variantar. Lysdiodar finst i mange fargar og kan brukast både inne og ute. Nokre LED kan dimmast. LED er energieffektive og har lang levetid.

Illustrasjonsfoto: colourbox.com

BLÅ LYSDIODE



Nytt lys for verda

Kva har lange elektronsprang med klimaendringar og lesing på senga å gjera? Korleis kan tiår med utrøtteleg forskning på ørsmå halvleiingar skape ein liten revolusjon? Dette er historia om korleis tre japanske fysikarar klarte å lage nytt lys for verda.

Som barn skjønte ikkje Hiroshi Amano kva han skulle med alt han lærte på skulen. Da han var ungdom, sa ein av lærarane: «Du skal lære for å kunne bidra til menneskeheita.» Da bestemte Amano seg for å gi sitt bidrag til verda gjennom fysikk.

I 2014 fekk han Nobelprisen i fysikk saman med tidlegare rettleiar Isamu Akasaki og Shuji Nakamura. Dei tre fekk prisen for utviklinga av ein effektiv blå lysdiode. Ein lysdiode, eller lys-emitterande diode (LED), er ei energieffektiv lyskjelde, i form av ein diode som lyser når det går straum igjennom han (sjå faktaboks). Farga på lyset er bestemt av materialet lysdioden er laga av.

Tidleg på 1980-talet var Amano ein ung forskar ved Nagoya-universitetet i Japan. Under lys frå vanlege glødelamper og lysstoffrør strevde han og professor Akasaki med å bygge krystallar av eit halvleiar materiale kalla gallium-nitrid. Kvifor ville dei bygge krystallar av gallium-nitrid? Dei visste at gallium-nitrid er eit materiale som ville sende ut blått lys, dersom dei klarte å lage ein lysdiode av det. Lyset frå ein lysdiode blir sendt ut når eit elektron hoppar frå plassen sin i eit såkalla *n*-dopa lag med halvleiar materiale (sjå faktaboks) ned i eit hol i eit *p*-dopa lag. I dette elektronspranget blir det energi til overs, tilsvarende det som kallast *energigapet* i halvleiararen. Energigapet er bestemt av halvleiar materialet, og gjer at lys med ei bestemt bølgelengd blir sendt ut kvar gong. Fotona (lyspartiklane) i blått lys er meir energirike enn i raudt og grønt lys, og blir sende ut etter elektronsprang over eit større energigap. Gallium-nitrid har eit energigap som gir blått lys.

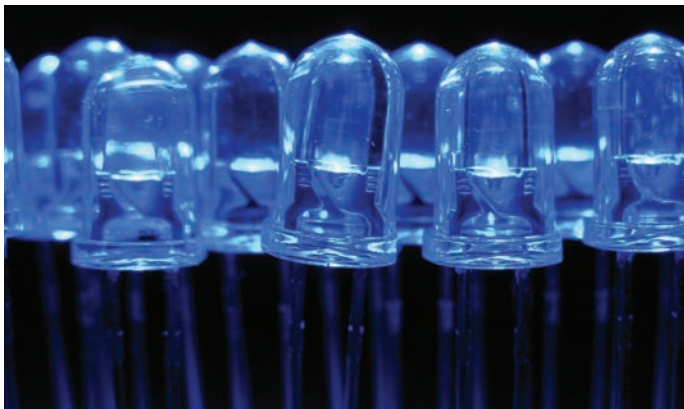
Allereie på 60-talet lykkast forskarar i USA og Europa med å utvikle raude og grøne lysdiodar. Dei klarte altså å lage lysdiodar av

materiale med energigap tilsvarende bølgelengder i den raude og grøne delen av det synlege spekteret. Men det skulle vise seg å vera langt vanskelegare å lage lysdiodar som sende ut blått lys. Spesielt var det krevande å få store nok komponentar av materiale med «blått» energigap til å oppføre seg stabilt og effektivt i romtemperatur. I 1985 klarte endeleg Amano og Akasaki å få til dette, med å bruke ein ny teknikk for å dyrke krystallar av gallium-nitrid. Da han først såg gjennombrotet på laben, fortel Amano i eit intervju, trudde han at han hadde gjort noko feil. Krystallen såg rett og slett for perfekt ut. Men ein kikk i mikroskopet bekrefta at dei hadde klart det. Samtidig jobba Shuji Nakamura for eit kjemiselskap i Japan, og kort tid etter klarte også dei å dyrke liknande krystallar av halvleiar materiale som kunne bli blå lysdiodar. Derfor delte Nakamura, Amano og Akasaki Nobelprisen i fysikk i 2014.



Hiroshi Amano mottar nobelprisen av Kong Carl Gustav.
©Nobel Media AB Foto: Alexander Mahmoud

BLÅ LYSDIODE



Blå lysdiodar. Foto: Gussisaurio, CC BY-SA 3.0

Kvifor var det så viktig å få laga ein blå lysdiode? Heldt det ikkje med raude og grøne? Lysdiodar blir bruka til mykje forskjellig, til dømes i digitale panel på elektroniske apparat og i datamaskiner. Infraraude lysdiodar blir bruka i fjernkontrollar og til infraraud kommunikasjon mellom mobiltelefonar. Men det viktigaste bruksområdet for lysdiodar, som er på full frammarsj om dagen, er energieffektiv belysning. LED-lamper erstattar glødelamper og lysstoffrøyr i hus og heim, i bedrifter og langs gatene, i større og større omfang. Og dette lyset er jo kvitt! Kvitt lys er som kjent ei blanding av lys med ulike farger og bølgelengder. Ved å blande raudt, grønt og blått lys, får vi kvitt lys. Den blå lysdioden var derfor heilt nødvendig for at det skulle vera mogleg å lage kvitt lys i LED-lamper, som kunne brukast til vanleg belysning. LED-lamper som lyser kvitt inneheld enten både raude, grøne og blå lysdiodar, eller dei har berre blå lysdiodar, men da i tillegg ei fosforflate som lyser raudt og grønt når ho blir bestrålt av blått lys frå dioden. Resultatet er i begge tilfelle kvitt lys vi kan bruke i taklampe, gatelykta eller leselyset.

Kva har dette med klimaendringar og lesing på senga å gjera? Hiroshi Amano klarte å realisere draumen sin. Han brukte kunnskapen, talentet og engasjementet sitt til å gi eit viktig bidrag til menneskeheita. Og bidraget blir berre viktigare og viktigare. 20–30 % av den elektriske energien industrialiserte samfunn brukar, går til belysning. Mesteparten av belysninga kjem framleis frå glødelamper eller lysstoffrøyr. Glødelampa lyser fordi ho blir varm. Ho produserer ei «lysmengd» på omtrent 16 lumen (lm) per watt (W) elektrisk effekt. Det inneber at meir enn 95 % av energien går til varmeenergi, ikkje til lysenergi. Lysstoffrøyr er langt meir effek-

Omgrep

Halvleiar: Eit materiale som leiir elektrisk straum dårlegare enn ein vanleg leiir (f.eks. koppar), men betre enn ein isolator (f.eks. glas). Evna til å leie straum heng saman med mengda av elektron som er frie til å røre seg i materialet. Silikon og gallium er mykje bruka i teknologi.

Doping: Å erstatte enkelte atom i materialet med eit anna stoff, slik at mengda elektron som kan røre seg aukar (n-doping), eller mengda hol elektrona kan hoppe inn i aukar (p-doping). Materialet er framleis elektrisk nøytralt.

Diode: Ein elektronisk komponent sett saman av fleire lag med n- og p-dopa halvleiarar, på ein måte som gjer at elektrisk straum berre kan gå gjennom den eine veggen.

Lysdiode: Ein diode som lyser. Når det går straum gjennom ein lysdiode, hoppar elektron frå eit n-dopa lag ned i hol i eit p-dopa lag. I dette elektronspranget blir det energi til overs, som blir sendt ut som lys. Farga på lyset er bestemt av energigapet, som avheng av materialet i lysdioden.

Energigap: Forskjellen i energi mellom frie og bundne elektron i ein halvleiar, og dermed energien i fotona som blir sendt ut når eit elektron frå eit n-dopa lag hoppar ned i eit hol i eit p-dopa lag i dioden.

tive, og produserer kanskje 70 lm/W. Men samanlikna med LED-lamper er begge desse ineffektive lyskjelder. LED-lamper kan produsere opptil 300 lm/W, og slik overføre meir enn 50 % av den elektriske energien til lys. Overgangen til LED-basert belysning kan redusere energiforbruket i verda kraftig, og med det redusere utslepp av CO₂ og motverke klimaendringar. Vidare er LED-lampene særskild energieffektive. I løpet av ein dag er det mogleg å samle nok energi med eit lite solcellepanel til at lampene kan lyse fleire timar om kvelden. I område av verda der det ikkje er straumnett, til dømes i mange landlege delar av Afrika, kan det bety at ungar kan gjera lekser på kvelden eller lese teikneseriar på senga. Det er to gode grunnar til å seie at Amano, Akasaki og Nakamura har laga nytt lys for verda.

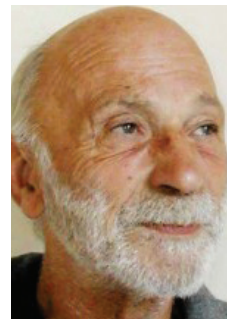
Kjelder

Nobel Media AB (2014). «Hiroshi Amano – Interview». *Nobelprize.org*

Kungliga Vetenskapsakademien (2014). «Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2014»

Callin, P., Pålsgård, J., Stadsnes, R., Tellefsen, C. W. (2011). «Ergo Fysikk 1. Grunnbok.» Aschehoug

NATURFENOMENER



Solnedgangsfarger

På skolen ble de vakre fargene i en regnbue forklart med at vanndråpene i lufta virket som prizmer. Et trekantet glassprisme deler jo det hvite lyset opp i alle regnbuens farger. Er det noe lignende som skjer i en solnedgang?

Når sola går ned, er den ofte rød, varierende fra rødoransje til virkelig dyprødt. Hvorfor varierer fargen fra en solnedgang til en annen?

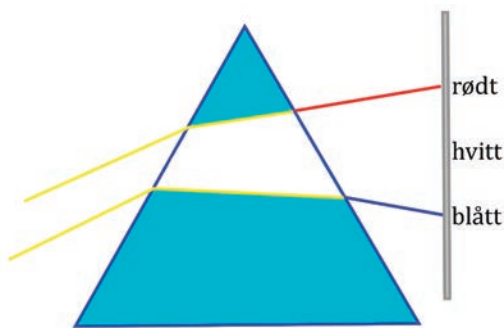
Spørsmål: Virker atmosfæren som et prisme?

Svar: Ja.

Spørsmål: Forklarer dette fargene ved solnedgang?

Svar: Nei.

Fargene til himmelen, skyene og sola ved soloppgang og solnedgang skyldes først og fremst en kombinert virkning av spredning og absorpsjon. Atmosfæren virker nok som et prisme, men forholdene er *ikke* identiske med det kjente skoleeksperimentet der vi sender en tynn lysbunt inn mot et prisme. I naturen opptrer sjelden tynne stråleknipper. Virkeligheten ligner mer på dette:



Lysstripen er bred. Da blir lyset hvitt overalt unntatt i ytterkantene, der det blir et smalt bånd med blåfiolett i den ene og rødt i den andre. Ill.: Rim Tusvik

Fargene overlapper hverandre overalt, og summerer seg opp til å gi hvitfarge. (Et unntak er ytterkantene der det blir to fargelagte strimer.) Selv om atmosfæren virker som et prisme, vil altså fargene normalt blande seg på nytt.

Når sola er på sitt høyeste, er den nesten hvit. Senere på dagen blir den mer gulaktig. Solstrålene får lengre vei gjennom atmosfæren etter hvert som sola nærmer seg horisonten. Dermed blir lyset tappet for mer og mer blåfarge.

Det er imidlertid ikke bare blåfargen som går tapt; også de andre fargene blir spredt, om enn i mindre grad. Når sola er på hell, kan vi ofte se et vakkert grønnskjær på himmelen, og når den nærmer seg horisonten, blir stråleveien så lang at vi bare ser en gulrød farge – de andre fargene er spredt vekk. I tillegg kommer det faktum at vanndamp og ozon absorberer noe lys, og absolutt mest i den blå og grønne delen av spekteret.

Vi får ikke virkelig tydelig rødfarge når luften er helt ren. Små støvpartikler er nemlig enda mer effektive enn luftmolekylene til å spre vekk det blågrønne lyset. Mengden av støv i luften varierer fra dag til dag, og derfor er det ikke to solnedganger som er helt like. I Skandinavia er det gjennomsnittlig relativt få av disse støvpartiklene, i tungindustristrøk der kull er den viktigste energikilden, er det mange, men de virkelig flotte solnedgangene med dyp rødfarge på sola forekommer i varme ørkenstrøk. Det varme klimaet og mangelen på vegetasjon fører til at det minste vindpust virvler en mengde finkornet støv opp i luften.

NATURFENOMENER



Solnedgang sett fra Steigen mot Lofotveggen. Foto: Aud Ragnhild Skår

Lag en atmosfære

Hensikten med øvelsen er å lage en «kunstig atmosfære», slik at vi kan forklare hvorfor himmelen er blå, og hvorfor sola er rød ved solnedgang. Dette er en stilfull og fin øvelse!

Utstyr

- noen liter vann
- noen spiseskjeer skummetmelk
- en stor glassylinder/begerglass (som rommer noen liter)
- overhead og lerret

Fremgangsmåte

Fyll glassylindren/skåla med vann og sett den på overheaden. For å unngå at det kommer for mye lys på sidene, kan ev. resten av overflaten på overheaden dekket med papir, men dette er ikke nødvendig. Tilsett så skummetmelken i vannet.

Når melken blander seg med vannet, ser det blått ut i lyset fra overheaden. Ser dere imidlertid opp på lerretet, vil lyset som har passert gjennom vann/melk-blandingen være rødtlig. De små melkepartiklene i vannet sprer lyset, på tilsvarende måte som partikler i atmosfæren.

Tips

Grubleoppgave om måneformørkelse og solnedganger: www.naturfag.no/grubleoppgave/vis.html?tid=2001313

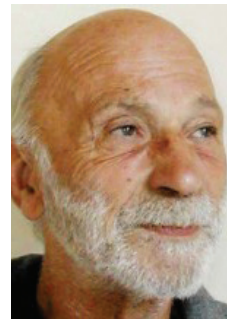
Les mer på forskning.no/vaer-og-vind/2011/09/hvorfor-er-himmelen-bla

Hewitt-Drew-it!-film om hvorfor himmelen er blå: bit.ly/1L6ilUY



Skjermdump fra Hewitt-Drew-it!-filmen.

NATURFENOMENER



Ring rundt måne og sol

Ring rundt månen eller sola er et eldgammelt værtegn som varslar at et lavtrykk er på vei mot oss. Det skal være iskrystaller som er opphavet til denne hvite ringen, som av og til har en rød innerkant når den opptrer om dagen. Hvordan kan is konsentrere strålene i en ring?

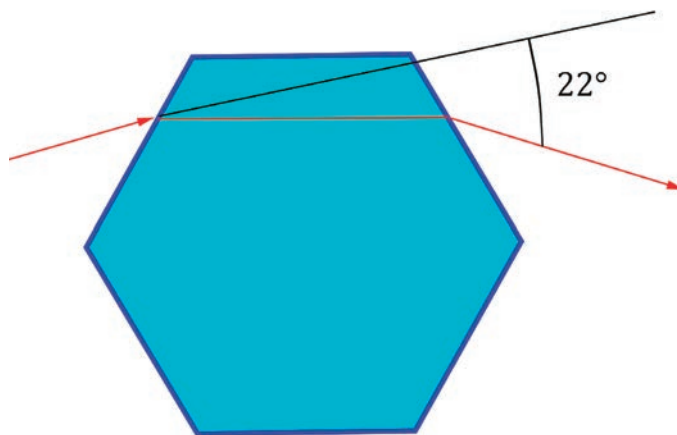
Ring rundt måne eller sol er ikke bare et av de eldste værmerkene vi har, det er også et av de mest pålitelige. En amerikansk meteorolog har funnet at i 77 prosent av tilfellene når vi har ring rundt måne eller sol, får vi også nedbør innen 24 timer.

Ringene er et eksempel på en *halo*. Den som er 22° fra sola eller månen, er den vanligste (hvis du holder hånden rett fram og spriker med fingrene, har du et omtrentlig mål). Mye sjeldnere ser vi en ring som er omtrent dobbelt så stor (46°). En 46° -ring vil dekke halvparten av himmelåpningen mellom horisont og senit (senit betyr rett opp), så det er ytterst sjelden vi ser en fullstending 46° -halo.

Det er is, eller rettere sagt et utall av iskrystaller, i samvirke med sol- eller månelys som lager haloene. De florlette cirruskyene (ofte kalt fjærskyer eller sledemeier) består utelukkende av iskrystaller, men det er ikke disse, men de usynlige forløperne som er forutsetningen for halodannelse. Først må vi snakke litt om iskrystaller.

Den best kjente formen er naturligvis snøstjernen, men krystallene som lager halo, har en enklere struktur. De er alle sekskantede prismer, men høyden (langs c-aksen) varierer sterkt i forhold til bredden. Noen har liten høyde og blir plateformede, andre kan vokse seg høye og tynne som smale, sekskantede blyanter. Krystallene faller langsomt nedover, og det er lett å forstå at formen og størrelsen på krystallene vil bestemme hvordan krystallen orienterer seg i luften. Lange, tynne krystaller faller gjerne med c-aksen horisontalt. Når krystallene er flatere og mer plateformede, har de en tendens til å legge breidsiden ned, slik som et fallende papirark (c-akse vertikalt).

Krystallene som lager 22° -haloen, faller hult til bulter uten noen spesiell orientering. Det rare er at ut av dette kaoset trer det fram en lysende, fullkommen sirkel. For å forklare dette må vi se på hva som skjer når en stråle treffer et isprisme. Til å begynne med tenker vi oss at strålene kommer inn med en retning vinkelrett på c-aksen og treffer en av sideflatene. Hva som skjer videre med strålen, er naturligvis avhengig av vinkelen mellom strålen og isflaten. I det tilfellet at strålegangen er symmetrisk, dvs. at strålen har samme inngangs- og utgangsvinkel med flaten, blir den totale avbøyningen 22° . Det viser seg at dette er den minste avbøyningen strålene kan få, uansett innfallsvinkel.



Den totale avbøyningen er 22° . (c-aksen står vinkelrett på den sekskantede endeflaten.) Ill.: Rim Tusvik

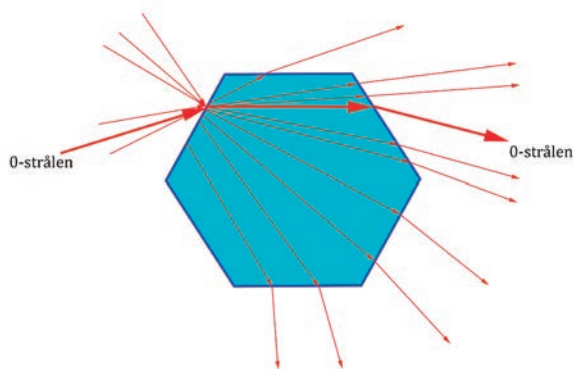
NATURFENOMENER



Ring rundt månen. Illustrasjonsfoto: colourbox.com

Det som nå er viktig, er at rundt dette minimumet ligger strålene tettere enn ellers. Vi får altså en konsentrasjon av strålene når retningsforandringen er om lag 22° .

Til enhver tid har vi et utall av krystaller med alle mulige orienteringer. En bitte liten brøkdeler vil til enhver tid innta en slik posisjon at et plan gjennom dine øyne og sola vil skjære rett gjennom krystallen og lage et snitt som gir minimumsavbøying. Et sekund



Stråler treffer krystallflaten under forskjellig innfallsvinkler. I virkeligheten er strålene naturligvis parallelle, men krystallene er hele tiden i bevegelse og inntar stadig nye posisjoner. Det blir en konsentrasjon av stråler der retningsforandringen er 22° (kalt o-stråler) eller nær 22° . Ill.: Rim Tusvik



Ring rundt sola. Illustrasjonsfoto: colourbox.com

senere vil disse krystallene innta en annen retning som ikke kan gi noen halo, men nye vil komme til. Av alle de strålene som faller på en riktig orientert krystall, er det bare de som er omtrent parallelle med dem som gir minimumsavbøying (eksemplifisert med o-strålen på figuren til venstre) som bidrar til haloen.

Nysgjerrigper-prosjekt om værtegn

Hvordan kan fargene på himmelen fortelle om været?
nysgjerrigper.no/Artikler/2015/juni/farger_paa_himmelen

Halo – mer vanlig enn vi er klar over

En skulle tro at det bare er i kalde områder i verden at haloene kan bli observert. Dette er ikke tilfelle. Grunnen er at i en høyde av 8–9 kilometer er temperaturen -40°C eller lavere, uansett hvor vi er på jorda. 22° -haloen er heller ikke sjelden. Er vi heldige, kan vi se den opptil flere ganger i løpet av en måned. Naturligvis er dette helt avhengig av de meteorologiske forhold, men den viktigste forutsetningen for å se den, er å se opp!

SOLFORMØRKELSE



Solformørkelser – unike anledninger til å forstå naturen

Hva har Einsteins generelle relativitetsteori til felles med kunnskap om krillens døgnforflytning i havet? Svaret er at i begge eksempler ga lyset under totale solformørkelser, eller rettere sagt mangelen på lys, unike anledninger til å studere naturen.

Den 29. mai 1919 sto Arthur Eddington klar med sitt spesielle teleskop med påmontert kamera på den lille, og nesten ubebodde, øya Principe utenfor vestkysten av Afrika. Han hadde reist i over en måned, planlagt i flere år og med erkjennelse av at to tidligere anledninger med total solformørkelse var ødelagt av dårlig vær. Værmeldingene var dystre. Dagen opprørt overskyet og regnfull ... Grunnen til at Eddington hadde investert store ressurser i denne ekspedisjonen var at han hadde satt seg fore å bevise at Albert Einstein hadde rett i sin teori om *generell relativitet!*

I 1905 publiserte Einstein sin teori om *spesiell* relativitet. Det er krevende å beskrive denne teorien i detalj, men den omfatter blant annet forklaringer på fenomener som oppstår når legemer beveger seg i svært høye hastigheter, nær lysets hastighet. Den kanskje mest «berømte» av alle fysiske sammenhenger, nemlig $E=mc^2$, er en konsekvens av Einsteins teori. Likningen beskriver sammenhengen mellom masse og energi. Den spesielle relativitetsteorien har noen svakheter. Den første er at den bare gjelder for legemer som beveger seg i rett linje og med konstant fart i forhold til hverandre. Teorien tar ikke hensyn til *gravitasjonens* virkning på alle legemer, også på lys (som kan beskrives som en strøm av små partikler). Den hadde heller ikke matematisk eller eksperimentelt belegg. Selv om teorien ga mye ny erkjennelse, var den likevel mest interessant som «filosofi» og hadde ingen praktisk anvendelse, nettopp fordi den var *spesiell* og ikke *generell*. Einstein begynte derfor straks med å utvikle teorien til å gjelde under *alle* forhold.

Han ville også forstå betydningen av hvordan gravitasjon virket inn på legemer i bevegelse, og i 1915 publiserte han sin *generelle* relativitetsteori. Denne gangen kunne han forklare fysiske egenskaper for alle legemer, selv om de akselererte i forhold til hverandre. Teorien beskriver hvordan masse og energi «bøyer» rommet de beveger seg i, og påvirker banene til frie partikler. En konsekvens av dette er at lys, som altså består av partikler, vil påvirkes om det passerer legemer med stor masse, som for eksempel en stjerne. Han belyste og begrunnet teorien med matematiske utregninger, men han manglet likevel eksperimentelle data som kunne bekrefte at han hadde rett. Uten slike data ble ikke teorien så interessant og hadde mest akademisk interesse. Det var få som derfor kjente til teorien, og enda færre som skjønnte noe av den.

Da er vi tilbake til Arthur Eddington. Han var en britisk astrofysiker med høy kompetanse innen matematisk modellering av fysiske fenomener. Nærmest ved en tilfeldighet fikk han se Einsteins teori, og fattet straks interesse for den. Einstein var tysk, og arbeidet i Tyskland da han lanserte den nye teorien. Eddington var engelsk, og de to landene var på hver sin side under den første verdenskrigen (1914–1917). Det var derfor ikke mulig at de to kunne møte hverandre, og det var også vanskelig for dem å kommunisere skriftlig. Eddington ville likevel, nærmest på egenhånd, forfølge en av Einsteins foreslåtte idéer om hvordan forskere kan vise at lysets bane avbøyes av stjerner.

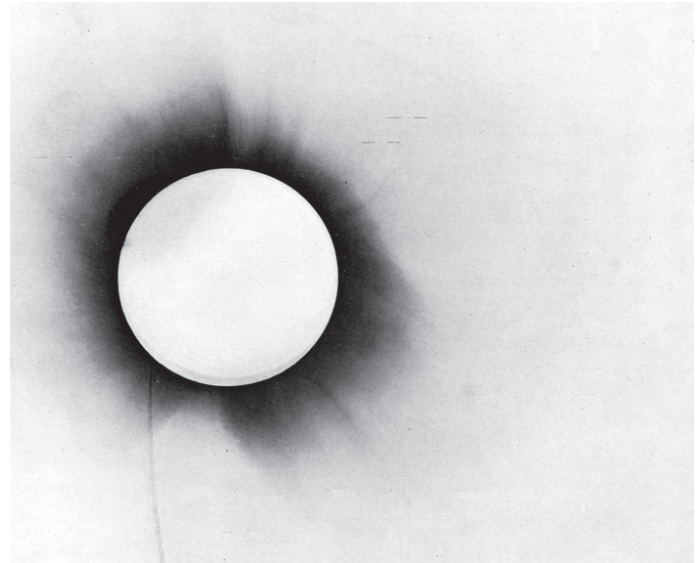
SOLFORMØRKELSE

Lys fra en stjerne følger i utgangspunktet en rett linje fra stjernen til en observatør, dvs. oss på jorda som ser stjernen. Hva vil skje dersom sola kommer mellom oss og stjernen? I følge Einstein ville lyset da bøyes, og det vil se ut for oss som om stjernen skifter posisjon. Problemet er bare det at vi ikke kan se både solen og stjernen på samme tid. Vi ser ikke stjerner midt på dagen ... Men – det finnes sjeldne situasjoner da vi allikevel kan gjøre nettopp det, nemlig under totale solformørkelser! Under slike formørkelser kommer månen i noen minutter foran sola. Det blir da nesten helt mørkt, stjernene nær sola blir plutselig synlige. Det var en slik begivenhet som brakte Eddington til den fjerne øya utenfor Afrika i 1919. Her ville det nemlig være ett av de få stedene på land der det ville være mulig å se total formørkelse. Han ville først fotografere noen av stjernene om natta, når lyset altså ikke ble «forstyrret» av sola, og så ta bilde av de *samme* stjernene under solformørkelsen. Hvis Einstein hadde rett, ville det se ut som om stjernene som var nær sola ville forandre plass under formørkelsen, fordi lyset fra dem ville bli bøyd på grunn av solas gravitasjon.

Eddington var godt forberedt på alt han kunne rå over. Men han kunne ikke rå over været. Dersom det var overskyet under formørkelsen, ville alt være forgjeves. Dagen kom; det regnet og var overskyet. Likevel rigget han seg til og ventet. Og – som et lite mirakel, åpnet skydekket seg i noen minutter akkurat i det månen gled foran sola, og det ble mørkt som om natta! Etter snaue tre minutter var det hele over. Månen gled forbi sola som igjen ble dekket bak skyer. Eddington hadde tatt snaue 20 bilder, men hva ville de vise?

De fleste av bildene var av dårlig kvalitet, og bare to av dem var fototeknisk gode nok. Eddington hadde under formørkelsen fotografert stjernene i stjernebildet Hyadene. Hjemme i England hadde han tatt bilder av de samme stjernene på natterstid. Nå skulle han sammenlikne posisjonene til stjerne på de to bildene. Dersom de var ulike, ville han gjøre nøyaktige målinger og sette resultatene inn i sine egne og Einsteins likninger. Stjernene *hadde* skiftet posisjon under formørkelsen, og ikke bare det! Endringene var akkurat slik de burde være i henhold til Einstein. Albert Einstein fikk dermed sin etterlengtede støtte for sin teori, takket være Eddington som hadde ofret tid, penger og prestisje. Han hadde satsset alt på ett kort – noen minutters klarvær over øya Principe den 29. mai 1919.

Fotografiet forandret vårt syn på naturen, og ga støtte for en helt ny måte å forstå lys og gravitasjon på. Einstein ble, nærmest over



Negativ av Eddingtons fotografi av den totale solformørkelsen i 1919. På originalen kan man se stjerner som svarte prikker på fotografiet. Foto: Sir Arthur Eddington

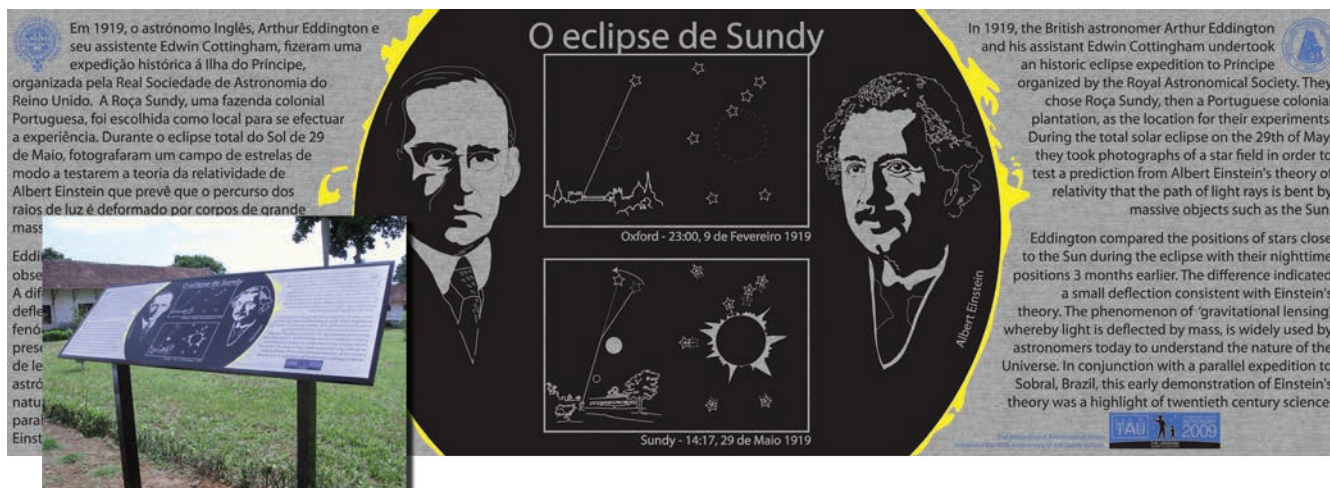
natten, det vi kan kalle en superkjendis. Publiseringsen av bildet skulle bli starten på hans rolle som vitenskapens supermann – et ikon på intelligens, fornuft og tro på naturvitenskapens måte å beskrive og forklare verden på.

Alle totale solformørkelser er spennende. Ikke bare gir de fantastiske opplevelser for oss som opplever dem. Formørkelsene kan også gi unike muligheter til å forstå mer av verden, slik som den i 1919. Det inntreffer en total solformørkelse omtrent hvert annet år, men alle er unike fordi de inntreffer på forskjellige steder og på forskjellige tider av året. Det går omtrent 500 000 år mellom hver gang en formørkelse er synlig på samme sted og på samme dato.

Den 20. mars 2015 var det en total solformørkelse som skilte seg ut av to grunner. For det første var den synlig fra bare to bebodde deler av verden; Færøyene og Svalbard. For det andre inntraff formørkelsen akkurat på vårjevndøgn, da det er størst forskjell mellom dag og natt.

Forskerne på Svalbard gned seg i hendene. Marinbiologer har i flere år studert hvordan krepsdyr beveger seg opp og ned i havet. Krillen, for eksempel, oppholder seg nær havbunnen når det er

SOLFORMØRKELSE



En plakett ble satt opp på øya Principe i 2009 for å markere 90-årsdagen for solformørkelsen i 1919. Plaketten viser hvordan Arthur Eddington gikk fram for å vise at Albert Einstein hadde rett i sin teori om generell relativitet. Foto: Richard Massey (Durham University)

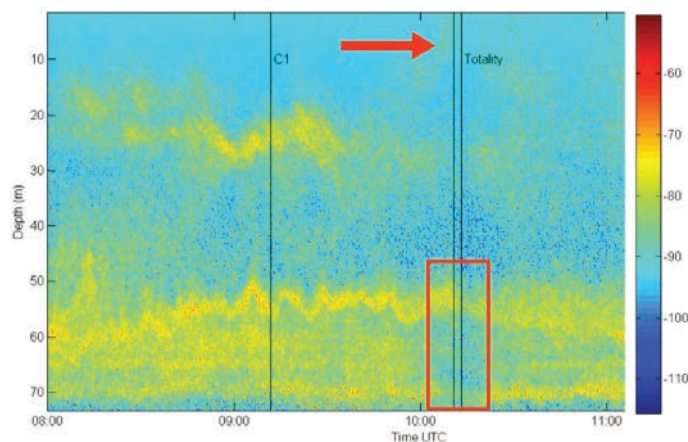
lyst, altså om dagen. Grunnen er at de lett blir bytte for predatorer i lyset. I mørket, derimot, kan de bevege seg fritt og selv spise plankton som svever i vannmassene. Den lysavhengige, vertikale bevegelsen av krepsdyr er den største migrasjonen av biomasse på jorda! Tonn på tonn av små dyr beveger seg opp og ned i havdypet. På lave breddegrader skjer dette i en daglig rytme, men i polområdene er det et annet mønster. På vinteren er det mørkt, og om sommeren lyst – døgnnet rundt! Midt i mellom disse årstidene er det imidlertid stor forskjell på dag og natt.

Marinbiologer har i mange år studert biomigrasjon i polområdene og vet mye om årstidenes betydning for havdyrene. De har likevel til nå vært usikre på om dyrene følger en indre «klokke», utviklet gjennom evolusjonen, som forteller om det er dag, natt, vinter, vår sommer eller høst, eller om de lar seg styre mer «direkte» av lyset i havet.

Solformørkelsen i 2015 kunne gi unike svar. Den 20. mars var nemlig nettopp på vårjevndøgn. Vi kjenner i detalj dyrenes bevegelser på denne tiden av året; dypt nede langs havbunnen om natten, fritt svevende i vannmassene om dagen. Men – hvordan vil de reagere om det plutselig ble mørkt midt på dagen, slik det blir under en total solformørkelse? Ikke bare inntraff formørkelsen på vårjevndøgn, den skjedde også omtrent midt på dagen, på det lyseste. Forholdene var med andre ord særdeles gunstige for å stu-

dere krepsdyrenes migrasjon, og ga mulighet til noe som er *umulig* å gjenta, både i naturen eller i laboratorier. I hvert fall om vi ikke er villig til å vente en halv million år ...

Forskerne plasserte et ekkolodd på havbunnen i Adventfjorden utenfor Longyearbyen. Ekkoloddet pekte opp mot overflaten og registrerte fortløpende tettheten av ulike typer zooplankton og fisk oppover mot overflaten før, under og etter formørkelsen. Figuren



Bilde fra ekkoloddet som ble brukt for å registrere biomasse (zooplankton og fisk) under formørkelsen i 2015. Foto: Jørgen Berge

SOLFORMØRKELSE



Den såkalte «dianantringen» som sees når sola blir synlig etter en total solformørkelse. Fotografert på Svalbard under formørkelsen 2015. Foto: Alex Strømme

til venstre viser de første resultatene av disse målingene. Fargeskalaen viser hvilke farger som representerer mest ekko, og altså treffer mest dyr på veien fra bunnen til overflaten: Rødt og gult viser at det er mye biomasse ekkoet treffer, grønt lite, og blått at det er lite eller ingen dyr som lager ekko.

Total solformørkelse inntraff klokken 10.12 og varte i to minutter. På figuren er dette tidsrommet vist med de svarte loddrette strekene. Ser vi nøye etter der pilen peker, kan vi se at det er en omvendt, grønn V under formørkelsen, med topp under totaliteten. Det betyr at dyrene beveger seg oppover når det mørkner, og nedover igjen når sola igjen blir synlig. I det røde rektangelet ser vi også at det er mer blått på ca. 70–60 meter under formørkelsen. Altså;

dyrene forlater bunnen når det blir mørkere. De tror det er natt! Nærmere studier tyder på at mesteparten av ekkoene kommer fra krill. Denne studien forteller oss altså at krillens døgnbevegelser ikke skyldes at de har en «indre klokke», men at de lar seg styre av sollyset.

Neste totale solformørkelse inntreffer i august 2017, og vil være synlig på tvers av hele USA. Det er ganske sikkert at forskerne benytter anledning til å lære mer om naturen også da!

Les mer om solformørkelsen 2015 på:
forskning.no/2015/03/forste-april-kom-tidlig-til-svalbard-i-ar

LYSFORURENSNING



Å se stjernehimmelen over oss

Synne, en elev ved Bodin videregående skole, chattet en dag med en jevnaldrende jente i Hong Kong. «Have you ever seen the stars?» lurte jenta på. Og Synne ble mildt sjokkert da den nye vennen fortalte at hun aldri, aldri hadde sett stjernene.

Lysforurensning – gjør det noe?

Jeg husker jeg holdt foredrag om lysforurensning som elev i videregående skole på midten av åttitallet. Klassen hadde fått i oppgave å holde framlegg om et miljøproblem. Jeg husker godt at jeg ikke møtte særlig forståelse for mitt valg av tema. «Lysforurensning? Hvordan kan lys forurense? Stjernene påvirkes da ikke?»

I forbindelse med jordskjelvet i 1994 mistet Los Angeles strømforsyningen for en tid. Da fikk både nødsentraler og astronomer på Griffith-observatoriet utenfor byen telefoner fra bekymrede innbyggere. De hadde sett underlige lysfenomener på himmelen. Hva kunne det være? Svar: Det de hadde sett var Melkeveien! For mange var det kanskje aller første gang de så dette båndet av lys på nattehimmelen, «nattens ryggrad». En stor andel av jordas befolkning vokser opp og lever et liv uten å ha sett stjernehimmelen.

Jeg bor i dag i Ski og kan glede meg over en godt synlig melkevei utenfor huset jeg bor i. Jeg kan ha en relasjon til stjernehimmelen, den er del av et verdensbilde hvor jeg kan se landskapet omkring meg som en planet i universet, jeg kan se sola som en stjerne, eller stjernene som soler. Eller jeg kan bare kikke opp og undres, eller lete etter lyssvake galakser med teleskopet mitt. Men jeg merker også hvordan ny bebyggelse tar noe av dybden bort fra stjernehimmelen. Nye boliger og bilforretninger en kilometer unna påvirker. Og jeg irriteres over naboers bruk av lys til dekorasjon og opplysning av plen og vegger.

Mens lysforurensning tidligere var noe astronomer, profesjonelle og amatører, var opptatt av, har det i senere år blitt mer oppmerk-

somhet rundt en økologisk lysforurensning. Vår bevisstløse omgang med belysning gjør noe med vårt forhold til naturen, og kan til og med ses på som et symptom på en dysfunksjonell relasjon til naturen. Dette skal jeg komme tilbake til.

Det er økende oppmerksomhet på konsekvenser for dyr og planter som følge av kunstige lyskilder. Det foreligger foreløpig lite forskning på dette, men noen påvirkninger er kjent. Mange har sett hvordan insekter trekkes mot utelys, som dermed fungerer som feller. Det gjelder også for fugler og flaggermus, som kan trekkes mot lyskilder for eksempel på broer og boreplattformer og bli fanget i en sirkulingsbevegelse omkring lyskilden eller kollidere mot den. Videre kan kunstige lyskilder forstyrre vandring til laks. Noen arter kan også bli «satt ut» bare av et kort lysglimt, for eksempel frosker. Det er dermed risiko for at menneskets inngripen i nattemørket har skadelige virkninger for mange arter (Follestad, 2014). Helseeffekter for mennesker er også et underforsket område, men mulige konsekvenser er forstyrret søvnrytme, og forstyrrelser i produksjonen av melatonin, et viktig hormon som kroppen produserer om natten. Redusert nivå av hormonet kan være forbundet med risiko for kreft (Chepesiuk, 2009).

Hva er lysforurensning?

Det er i hovedsak to typer lysforurensning: strølys og lysskjær (skyglow). Strølys er lyskilder som blander oss. Det innebærer at vi godt kan befinne oss i et område som er generelt mørkt, men vi blendes av for eksempel et utelys hos naboen eller et gatelys slik at vi likevel har problemer med å se stjernehimmelen. Løsningen da kan være så enkel: å flytte seg slik at lyset skjermes av en naturlig

LYSFORURENSNING



På Mjelle i Nordland er det ingen lysforurensning. Her er det lett å se både stjerner og nordlys. Foto: Synne Marie Solstad Tømmerberg

hindring, eller rett og slett be naboen slå det av for et par timer. Den andre typen, lysskjær, skapes av summen av mange lyskilder og arter seg som en klokke av diffust bakgrunnslys som legger seg over byer og tettbygde strøk. Den viktigste kilden til lysskjær er lyskilder som sprer lyset skrått oppover, lys som spres så vidt over horisontal retning er verst. Dette lyset spres i alle retninger av luftmolekyler, støvpartikler og vanndamp i en omkrets av hundrevis av kilometer.

Ved årtusenskiftet har det blitt anslått at 63 % av verdens befolkning og 99 % av befolkningen i USA og EU-landene lever i områder som har lysskjærnivå over grensen satt av Den internasjonale

astronomiske union, det vil si at den kunstige lysintensiteten på nattehimmelen er større enn 10 % av den naturlige lysintensiteten 45 grader opp på himmelen (Chepesiuk, 2009). Og satellittbilder viser at naturlig, uforstyrret nattehimmel er vanskelig å finne i befolkningstette områder. Bildet på neste side viser et satellittbilde av det sentrale østlandsområdet.

Men det finnes lyspunkter, for å si det slik. Sammenligninger av satellittmålinger av lys som spres opp mot verdensrommet, tyder på at lysforurensning som helhet har stagnert i USA og Europa, selv om bildet er veldig blandet. De nordiske landene ser faktisk ut til å sende ut mindre lys enn de gjorde i 1990 (Hattenbach, 2015).

LYSFORURENSNING



Satellittbilde som viser hvor mye lys det er i befolkningstette områder i Skandinavia. Foto: NASA

Årsakene til dette er også sammensatte. For England sin del ser noe av forklaringen ut til å ligge i redusert industriell aktivitet. Den viktigste forklaringen er trolig modernisering av gatelysene; bedre skjerming slik at lys kastes ned på bakken i stedet for oppover eller bredt utover, bedre fokusert LED-lys, og bruk av sensorer slik at lysene først er på når det er bevegelse i området.

Mange LED-lamper har imidlertid en blå fargekvalitet som ikke er godt nytt i og med at blått lys spres mer effektivt enn for eksempel det ferskenfargede lyset til høytrykks-kvikksølvlamper som er så velkjent langs veiene. For LED-lys er det spesielt viktig at lyskildene er godt skjermet og at de kobles til sensorer som begrenser

bruken. Den «varmere» lyskvaliteten er også å foretrekke framfor de blå variantene.

Hva kan gjøres?

Det er mulig å vinne mørket og med det stjernehimmelen tilbake. Økt oppmerksomhet og forskning på økologisk lysforurensning og ikke minst fokus på energisparing, er viktige allierte. Det finnes tekniske løsninger som tilbyr riktig belysning til riktig tid og sted. Noen land har imidlertid gått lenger. Tsjekkia har som eneste land i verden innført lovgivning som forplikter innbyggere og organisasjoner til å bidra til å hindre lysforurensning. Brudd på loven kan medføre bøter. Fullt skjermede lyskilder er kjernen i tsjek-

LYSFORURENSNING

kiske tiltak, med lokalt «spektakulære resultater» (Schaar, 2002). Medlemmer i organisasjonen «The International Dark Sky Association» var sentrale i å få lovgivningen igjennom.

Det er også etablert et 60-talls «stjernelysreservater» omkring i verden. De fleste av dem er lokalisert i USA (16), Canada (16) og Spania (6). Flere organisasjoner samarbeider om å etablere slike reservater, blant annet UNESCO, International Dark Sky Association og Starlight Initiative. Et stjernelysreservat består av et kjerneområde helt uten forstyrrende lys, en sone omkring som skal fungere som buffer og et ytre område hvor bruk av kunstig lys er regulert.

Citizen Science

For å vite om innsats for å skjerme stjernehimmelen mot lysforurensning fører fram, er det nødvendig å gjøre målinger på omfanget av lysforurensning. Her spiller satellitter en viktig rolle, men det er også nødvendig med målinger på bakken. En svakhet med målinger gjort av satellitter er at de fanger lys som er sendt oppover, men det er ikke dette lyset som bidrar mest til lysskjær som påpekt over. Det er derfor flere prosjekter som inviterer folk flest til å gjøre målinger av bakgrunnslys på nattehimmelen (se boksen under). Slike undersøkelser kan for eksempel gjøres av skoleklasser, hvor kompetansemål etter 10. trinn knyttet til lys («gjennomføre forsøk med lys, syn og farger, og beskrive og forklare resultatene») kan kombineres med forskerspiren («innhente og bearbeide naturfaglige data, gjøre beregninger og framstille resultater grafisk»). Det finnes naturligvis en app for å gjøre dette også, foreløpig bare for iPhone: www.darkskymeter.com.

Aktuelle nettsteder og apper

Globe at night: www.globeatnight.org/

Great world wide star count: www.windows2universe.org/citizen_science/starcount/

Loss of the night:

- play.google.com/store/apps/details?id=com.cosalux.welovestars
- itunes.apple.com/us/app/loss-of-the-night/id928440562?mt=8

Dark Sky Meter:

- www.darkskymeter.com (Apple)

Stjernehimmelen som del av naturen

Det finnes tekniske løsninger for å redusere omfanget av lysforurensning. Enkeltpersoner og virksomheter kan spare energiutgifter på å ta dem i bruk. Men til syvende og sist handler dette i stor grad om holdninger. Vi må begynne å forstå stjernehimmelen som noe som faktisk må tas vare på, som noe som tilhører alle mennesker. I praksis vil det si å være kritisk til hva som egentlig trengs å belyses, og å unngå unødvendig belysning. Det betyr at vi da tar vare på mørket, på det naturlige skiftet mellom natt og dag. I stedet for å stenge ute mørket bør vi akseptere det og kanskje omfavne det. Vi savner ikke stjernehimmelen hvis vi knapt kan se den. Det er først når vi ser stjernehimmelen at det blir tydelig hva vi har fjernet oss fra.

Det er ingen opplagt sammenheng mellom sikkerhet og belysning, det er ikke slik at jo mer lys i det offentlige rom, jo sikrere er folk som ferdes ute. Hvis vi må omgi oss med lys for å føle oss vel og trygge, kan det være fordi mørket framstår som ekstra truende sett fra lyset? Går vi med lykt ute, ser det ut som det er helt svart der lyset ikke skinner. Men i naturen er det i regelen aldri helt mørkt. I våre bestrebelsler på å stenge mørket ute, mister vi også kontakten med naturens totalitet. Når vi ikke lenger forsøker å være herrer over mørket, kan vi kanskje under stjernenes lys oppleve oss selv som del av naturen. Det flere av Apolloastronautene framholder som den sterkeste opplevelsen fra måneferdene, var ikke opplevelsen av månen nødvendigvis, men det å se jorda fra verdensrommet, opplevelsen av jorda som sårbar, avgrenset og uten nasjonsgrenser. Heldigvis trenger vi ikke reise ut i verdensrommet for å erkjenne dette større perspektivet. Det er nok å gå ut under stjernehimmelen. Men da må vi kunne se den.

Referanser

Chepesiuk, R. (2009). Missing the Dark. Health Effects of Light Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117(1), 20–27.

Follestad, A. (2014). *Effekter av kunstig nattbelysning på naturmangfoldet – en litteraturstudie*. Norsk institutt for naturforvaltning (NINA) Rapport 1081.

Hattenbach, J. (2015). Surveying Skyglow. *Sky & Telescope* (May), 34–40.

Schaar, T. (2002). Czech Republic Controls Light Pollution. *International Dark Sky Association (IDA) – Information Sheet #183*.



Auge som ser

Utan lys, ingen auge. Når vi skal undervise om auge og korleis dei oppfattar lys, er det uendeleg mykje å ta av. Organismane på jorda har utvikla dei utrulegaste typar auge og forskjellige måtar å oppfatte lys på. Her er nokre av våre favorittar.

Ved første blick

Nokre organismar kan oppfatte lys sjølv om heile organismen berre er ei einaste celle. Augealgar (*euglena*) er eksempel på slike organismar. Mange augealgar er fotoautotrofe (dei lagar sin eigen mat ved hjelp av lys), akkurat slik som algane beskrivne på side 82. Vi kan tydeleg sjå mange grøne kloroplastar når vi studerer dei i mikroskop. Vi kan også sjå den raude augeflekken som reagerer på lys, som hjelper dei å finne område med passe mengde lys for å kunne drive fotosyntese. Dette kan vere tilsvarande auga til dei aller første lysoppfattande organismane som fanst på jorda. Den raude augeflekken er danna av karotenoidhaldige oljedropar og ligg i cytoplasmaet.



I denne videoen kan du sjå korleis ein augealge svømmer, med den raude flekken fremst: bit.ly/1VziinC
Foto: Deuterostome, CC BY-SA 3.0

Med egne auge

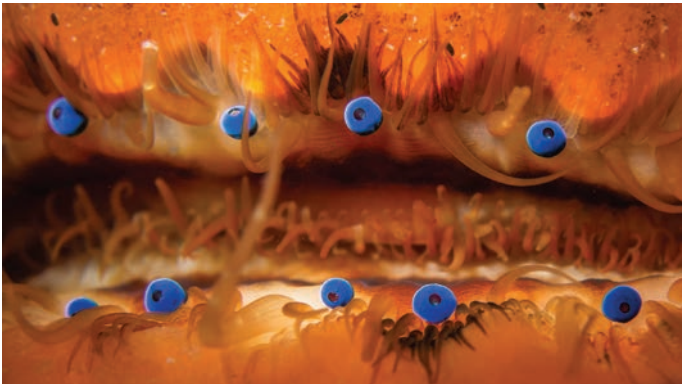
Først 380 000 år etter at universet blei til, fekk lyset stråle fritt (sjå òg side 8). Deretter gjekk det nesten 10 milliardar år til før dette lyset kunne bli oppfatta av ein levande skapning. I alle fall av ein skapning som vi kjenner til: trilobitten. Trilobittane er velkjende på grunn av alle fossila dei har etterlate seg. Dei levde på jorda for 500 millionar år sidan i ein periode på utrulege 270 millionar år og utvikla seg til mange forskjellige artar i ulike storleikar. Det er grunn til å tru at det låg lysreseptorar (fotoreseptorar) som registrerte lys, skugge og bevegelse i brennpunktet til kvar linse i trilobittauga. Lysreseptorane sende signalane vidare i ei optisk nerve til eit sentralnervesystem.



Dette fossilet av ein trilobitt er funne i Marokko, på ein stad der det var havbotn for rundt 500 millionar år sidan.
Foto: Per Aas, Naturhistorisk museum, Oslo

Blåøygd delikatesse

Mange er glade i kamskjel, og assosierer dei kanskje berre med to skal med nydeleg kjøt mellom. Men kamskjela har òg opptil 100 gnistrande blå auge langs kappekanten. Auga kan ikkje sjå forma på andre gjenstandar eller organismar, men dei kan oppfatte endringar i lys og bevegelse. Og det er nyttig når det kjem nokon for å ete dei!



Kamskjelet med nokre av dei vakre, blå auga sine.
Foto: Matthew Krummins, CC BY 2.0

Tenn dine vakre auge

Kva om eit dyr bur djupt nedi havet, der lyset nesten ikkje kjem til? Nokre fiskar har «løyst» problemet ved ikkje å ha auge i det heile tatt. Dei stammar frå fiskar med auge, men auga har blitt tilbakedanna. Andre fiskar har andre, fiffige løysingar: den brunsnuta spøkelsesfisker har eit ekstra augepar med «spegel» som reflekterer det vesle lyset som finst, slik at det kjem meir lys inn til auga.



Den brunsnuta spøkelsesfisker, *Dolichopteryx longipes*.
Foto: Florida Atlantic University, CC BY-NC

Ser lyset – og enda litt meir

Det vi i daglegtalet kallar lys, er berre en liten del av det eigentlege lyset. Lys omfattar også det vi i daglegtalet kallar infraraud stråling, ultrafiolett stråling, radiobølger, mikrobølger, røntgenstråling og gammastråling. Menneske kan berre sjå innanfor det vesle området vi kallar synleg lys. Men mange dyr kan sjå lys som vi ikkje kan sjå! Menneske har tre tappar i auget som oppfatar fargar, mens mange fuglar har fire. Den fjerde tappen er følsam for kortbølga lys. Derfor kan blant anna spurvefuglar sjå ultrafiolett lys. For ei blåmeis, for eksempel, er ikkje fjøra på hovuda til dei andre blåmeisene berre blå, dei reflekterer også det ultrafiolette lyset. Dette brukar hoane blant anna til å velge seg ein make. Jo meir ultrafiolett lys det blå hovudet reflekterer, jo meir attraktiv er hannen.

Også havskjelpadder kan sjå ultrafiolett lys, og forskarar har nytta det til å redde livet deira. Kwart år døyr nemleg tusenvis av havskjelpadder fordi dei set seg fast i fiskegarn. Men når forskarar har festa UV-lamper i fiskegarna, kan havskjelpaddene sjå dei, og set seg ikkje fast. Dei fleste fiskar ser ikkje lampene, og fiskarane slepp å reparere dei øydelagde garna. Vinn-vinn!



Blåmeishoa har valt make basert på kor mykje UV-stråling fjøra på hovudet hans reflekterer. Foto: Majken Korsager

SJÅ LYSET

Ser saka frå fleire sider

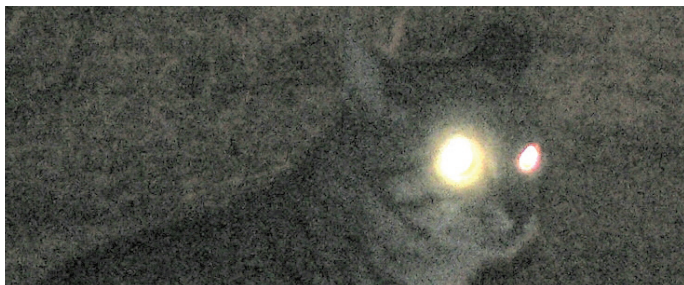
Kameleonene kan bevege auga uavhengig av kvarandre. Dermed kan han sjå på to forskjellige ting samtidig. Og om han rettar begge auga mot same ting, for eksempel ei deilig, saftig grashoppe, kan han måle avstanden veldig nøyaktig.



Kameleonens augelokk er samanvokste, slik at det berre er ei lita opning for pupillen. Foto: Sandra Fehler

Auga er sjelens spegel

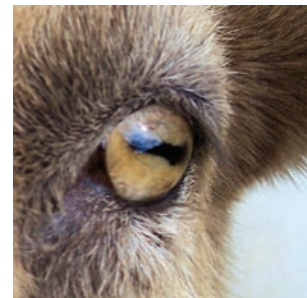
Katten og mange andre nattaktive dyr har eit tynt vev inni auga som på latin heiter *tapetum lucidum*, eller «lys tapet». Dette tynne, lyse laget reflekterer synleg lys tilbake gjennom netthinna, som gjer at det kjem meir lys inn til lysreseptorane. Sjølv om bildet blir meir uklart på denne måten, er det veldig nyttig når kjøtetande nattdyr skal på jakt. Det er lett å sjå bieffekten av dette – det ser ut som auga skin av seg sjølv. Dette kan naturfotografar og jegerar nytte seg av når dei leitar etter dyr om natta.



Refleksjonen i auga til katten gjer at det ser ut som dei lyser.

Eit vidare perspektiv

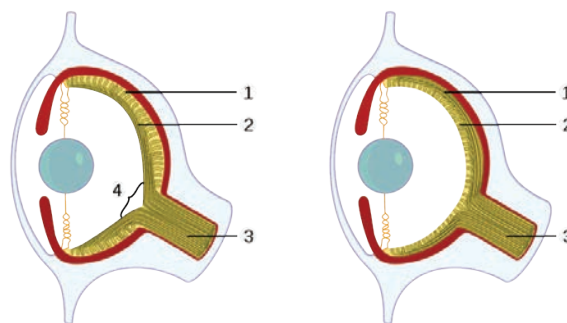
Nokre dyr opplever at dei ofte blir jakta på av andre dyr – dei er byttedyr. Da har dei bruk for å kunne sjå vidt rundt seg, og mange av dei har derfor utvikla rektangulære pupillar, mellom anna geit, ku, blekksprut og padder! Med firkan- ta pupillar får dei eit wide screen- overblikk over verda, slik at det er lettare å oppdage ein fiende.



Auget til ei geit. Foto: Jo Naylor

VM i augekast

Men kven har dei «beste» auga? Om det hadde vore eit verds- meisterskap om best utvikla auge, ville blekkspruten ha ein god sjanse. Hos oss virveldyr må lyset først passere nervecellene før det når lysreseptorane, noko som gjer at noko av lyset blir blokkert og at det blir ein blind flekk der synsnerva går ut. Slik er det ikkje hos blekkspruten. Der ligg lysreseptorane utanfor nervecel- lene, slik at lyset ikkje blir blokkert. Det er kjekt når ein bur i djupt, mørkt vatn!



Virveldyrauge (til venstre) og blekksprutaug (til høgre).

1 står for netthinna og 2 for nervefibrar hos virveldyr, mens det er omvendt hos blekksprutar. 3 er den optiske nerva hos begge. 4 står for den blinde flekken hos virveldyr.

Figur: Caerbannog, CC BY-SA 3.0

SJÅ SJØLV!

Søk på «disseksjon av øye» på naturfag.no, og finn opplegg for 5.–10. trinn og biologi 1.



Auget til ein kjempeblekksprut.

Med auge for detaljar

Men vi har enno ikkje møtt sjøknelaren. Sjøknelarar er ei gruppe tropiske eller subtropiske storkreps (stomatopoda) som lever på korallrev eller i gangar som dei grev ut på havbotnen. Ikkje berre kan dei slå byttedyret med det raskaste slaget på planeten (dei kan til og med slå seg gjennom eit akvarieglas), og ikkje berre kan dei ha dei utrulegaste fargar – dei har også det mest avanserte fargesynet – og dei lagar sitt eige lys. Dei fluorescerer aktivt for eksempel i samband med paring og slåssing, og dei kan oppfatte og tolke lyset med sjølve auga før signala går vidare til hjernen. Auga deira sit på stilkar som kan bevege seg uavhengig av kvarandre. Kvart auge kan måle djupn og avstand ved å fokusere på objektet ved hjelp av tre atskilte område inni auget. Dei har heile 12 lysreseptorar, mot våre tre (rødt, grønt og blått).



Sjøknelar, *Odontodactylus Scyllarus*.
Foto: Silke Baron, CC BY 2.0

Ikkje berre auget som ser

Men kva med dei som ikkje har auge, kan ikkje dei sjå noko? Jo, på ein måte kan dei det. Dei kan oppfatte lys med reseptorar i kroppen! Meitemark, for eksempel, oppfatar om det er sol ute sjølv om han ikkje har auge. Han toler ikkje UV-strålar, derfor er det livsviktig at han veit om det er overskya, natt eller dag. Det er derfor han som regel berre er oppe av jorda når det er natt, eller når det regnar. Dei piggete kråkebollane har heller ikkje auge, men små sugeføter mellom alle piggane med lyssensitive celler. Dei «ser» altså med føtene, og dannar seg kanskje eit bilde av verda på havbotnen!



Studer meitemark i klasserommet! Sjå naturfag.no/meitemarkkasse

Foto: Frode Falkenberg

Referansar

Høyberget, Magne: Verdens eldste synsorgan. *Stein*. Årg. 37, nr. 4 (2010)

Eye Evolution. learn.genetics.utah.edu/content/selection/eye/



Kråkeballar og meitemark har til felles at dei kan oppfatte lys utan auge. Foto: Jerry Kirkhart, CC BY 2.0



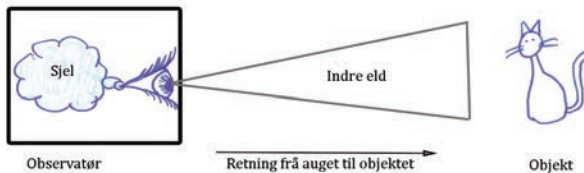
SJÅ LYSET

Kast eit blikk på synet

Det tok lang tid før vi forstod korleis synet vårt fungerer. Dei gamle grekarane la merke til dyreauge som lyste som eld. Det var derfor nærliggande å tru at auget utstrålte eller inneheldt lys. No veit vi at auga berre reflekterer lyset. Mange av dei tidlege førestillingane er vanlege også blant elevar i dag.

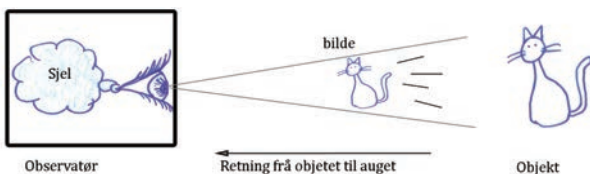
Stråler det inn eller ut frå auga?

I antikken rådde minst fire ulike hovudteoriar som skulle forklare korleis vi kan sjå. Den eine var frå skulen etter Pytagoras og bestod kort sagt i at auget stråler ut ei indre eld mot objektet slik at vi kan sjå objektet, retninga er *frå auget til objektet*.



Pytagoras: Ei indre eld stråler frå auget til objektet.

Den andre var frå skulen etter atomistane som meinte at alle objekt skaper eit eige bilde. Dette bildet, som består av atom frå dette objektet, går ut i alle retningar og vil også treffe auget som dermed kan sjå objektet. Her er altså retninga *frå objektet til auget*.



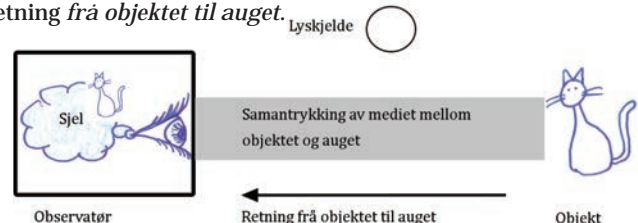
Atomistane: Atom frå objektet går ut i alle retningar.

Den tredje teorien er knytt til Platon. Her er dei to nemnde teoriarne kombinert ved at den indre elden som går ut frå auget, går saman med ein ytre eld frå objektet slik at vi kan sjå. Denne prosessen skjer berre når det er lys til stades i omgivnadane.



Platon: Ei indre eld frå auget og ei ytre eld frå objektet møtast.

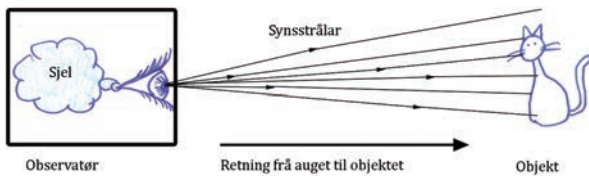
Den fjerde teorien vart satt fram av Aristoteles. Han tenkte at fargane til objektet førte til ein samanstrykking av mediet mellom objektet og auget. Lys førte til at dette mediet blei gjennomskinleg slik at samanstrykkinga kunne nå auget og vidare til sjela, altså ei retning *frå objektet til auget*.



Aristoteles: Mediet mellom auget og objektet blir trykt saman.

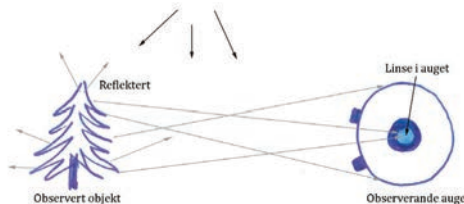


Euklid bygde vidare på Pytagoras' teori om utstråling frå auget og innførte omgrepet *stråle*. Han skilte mellom synsstrålar og lysstrålar, men meinte at begge desse strålingstypane følgde dei same reglane. Auget var framleis sett på som den aktive delen som sende ut synsstrålar mot objektet.



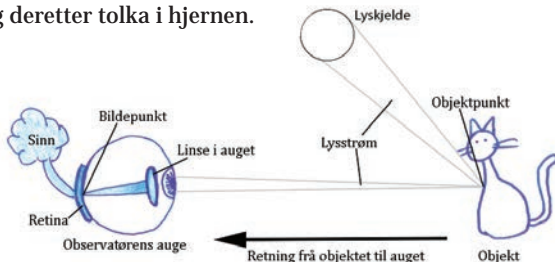
Euklid: Auget sender ut synsstrålar mot objektet.

I det 8. århundret formulerte den arabiske filosofen Al-Kindi at lys utgår frå alle punkt i eit objekt eller blir reflektert frå alle punkt i eit objekt i alle moglege retningar. Den arabiske filosofen Ibn al-Haytham (Alhazen) forente blant anna strålingsteorien til Euklid og oppfatninga til Aristoteles av at noko når auget. Han meinte at lysstrålar gjekk frå eitkvart punkt i eit objekt og treffe overflata til auget og at desse strålane til slutt laga eit bilde på linsa inni auget.



Ibn al Haytham: Lysstrålar lagar bilde på linsa.

I renessansen kom forståinga av at strålar frå ei lyskjelde blei reflektert *frå* objektet og at desse strålane gjekk inn i auget og laga eit bilde på netthinna. Kepler gav eit viktig bidrag til forståinga av synet ved at han skildra korleis dette bildet blei opp-ned på netthinna og deretter tolka i hjernen.



Kepler: Bildet blir opp-ned på netthinna og tolka i hjernen.

Vanlege førestillingar

Mange av filosofane i antikken meinte altså at auget var aktivt. Denne førestillinga er ei typisk kvardagsleg oppfatning i dag, at auget er aktivt og er ei lyskjelde. Etter at vi har sett på ei sterk lyskjelde, verkar det også som at lyset varar ved ei stund etter at vi ser bort eller lukkar auga (såkalla etterbilde), noko som gjer det nærliggande å tru at auget inneheld ei lyskjelde.

Små barn som held seg for auga, tenker fort at ingen kan sjå dei. Det tilsvarar misoppfatninga om strutsen som stikk hovudet ned i sanda for at ingen skal sjå han – noko som berre hender på teiknefilm.



No ser ingen meg – eller? Illustrasjonsfoto: colourbox.com

Mange seier at dei kan føle at nokon ser på dei, noko som også bygger på ei erfaring av at blikket er aktivt. Vanlege ord og uttrykk som handlar om å sjå bygger ofte på denne oppfatninga av at auget er aktivt og sender ut noko. For eksempel når vi seier at vi skal «kaste eit blick på» noko eller at nokon har «lynande auge».

Ei typisk oppfatning om synet er at i mørket kan vi sjå litt, men ikkje så mykje. Dette bygger på ei erfaring av at vi ser litt sjølv om det er natt. Men vi hadde ikkje sett noko i det heile tatt om det hadde vore *heilt* mørkt. Utan ei lyskjelde vil ingen strålar treffe objektet og ingen strålar vil bli reflektert mot auga våre. Absolutt mørke er noko vi sjeldan opplever, så det er ikkje lett å forstå at det må vere litt lys til stades for å sjå. Uttrykket «i mørket er alle kattar grå» er derfor ikkje heilt presist, i og med at vi jo ikkje kan sjå kattane i totalt mørke ... Det presise ville vore «når det er nesten mørkt er alle kattar grå». Når det er nesten mørkt er det nemlig berre dei lysreseptorane som ikkje oppfatar fargar (stavane) som sender signal til hjernen. Dei lysreseptorane som oppfatar fargar (tappane) treng mykje lys for å sende signal. Derfor ser alle kattane gråe ut.

SJÅ LYSET



Har du auga på stilk?
Ill.: Jon Kristian Sørby

Ord og uttrykk om å sjå

- kaste eit blick på / augekast
- ha auga på stilkar
- ha auge i nakken
- ha blikkontakt / augekontakt
- kjærleik ved første blick / augekast
- ha eit godt auge til nokon
- ha glimt i auget
- ha overblikk
- stikkande auge/blick
- onde auge
- dersom blick kunne drepe
- auga skaut lyn / lynande auge
- i mørket er alle kattar grå

Aktuelle kompetansemål

etter 2. årstrinn

teknologi og design

- lage gjenstander som brukar refleksjon av lys, og samtale om hvordan de virker

etter 10. årstrinn

kropp og helse

- beskrive nervesystemet og hormonsystemet og forklare hvordan de styrer prosesser i kroppen

fenomener og stoffer

- gjennomføre forsøk med lys, syn og farger, og beskrive og forklare resultatene

Ei vanleg misoppfatning er at all lysbryting skjer i øyelinsa vår. Sanninga er at vi faktisk kan sjå greit utan linsa vår, men linsa gjer at vi kan fokusere skarpt på ulike avstandar. Det er hornhinna vår som først og fremst verkar som ei samlelinse og som gjer at netthinna registrerer det vi ser. Kontaktlinser blir festa utanpå hornhinnene nettopp for å endre lysbrytinga som skjer her. Brillar endrar lysbrytinga før lyset treff hornhinna.

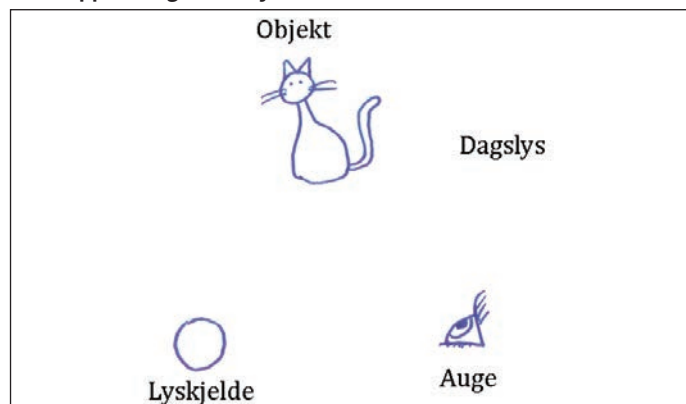
Elevar har gjerne ulike oppfatningar av korleis vi kan sjå. Oppfatningane vil ofte utvikle seg frå ei enkel oppfatning der det ikkje er samanheng mellom objekt, lys og auge mot ei meir og meir avansert oppfatning (sjå figurane under). Ei vanleg oppfatning er som nemnd at auget er aktivt (c). Det vil også for mange vere vanskelig å forstå at eit objekt reflekterer lys, særleg objekt som ikkje er sjølvlysande. Det er viktig å vere klar over desse oppfatningane. Mange ulike aktivitetar om synet kan vere gode utgangspunkt for å samtale om dette.

Referansar

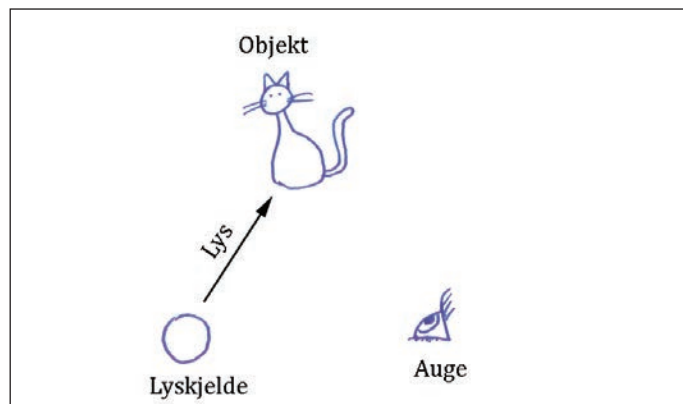
Referansar

Igal Galili: The Story of the Light Ray and Vision as a Story for Teaching Optics as a Discipline-Culture, sci-ed.org/documents/Galili.pdf

Ulike oppfatningar av å sjå:



a Eit barn vil ofte ikkje vere klar over at det er nokon samanheng mellom objektet, lyskjelda og auget.



b Etter kvart får barnet erfaring med at lyskjelda lyser opp objektet og at det må vere lys til stades for at vi kan sjå.

Undervisningstips

Du kan enkelt sjå eit bilde av utsikten din frå vindaug et ved å bruke ei samlelinse og eit kvitt ark. Dette viser også korleis bildet av det vi ser blir danna på netthinna. Fascinerande! Sjå www.naturfag.no/linsa-snur-bildet



Sjå denne fine Hewitt-Drew-it!-filmen om korleis eit holkamera verkar: bit.ly/1id5TaP

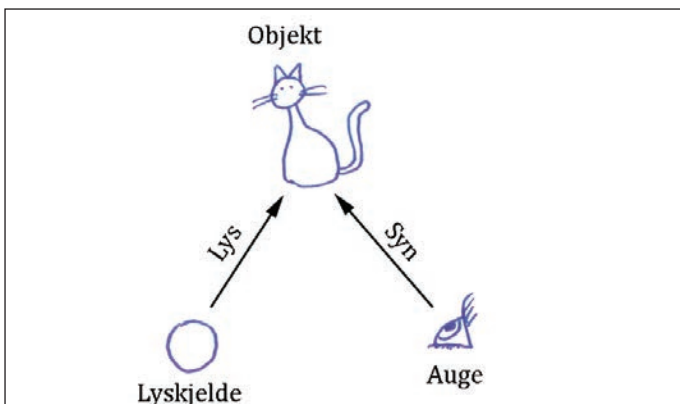
Lag ditt eige holkamera: Sjå viten.ntnu.no/lagdinegen/camera_obscura.pdf



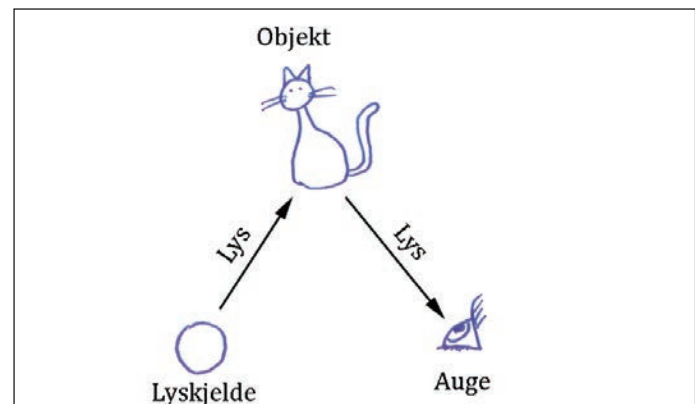
Grubleteikning: Vil ein kvit katt vere synleg i eit mørkt rom?
Sjå naturfag.no/kvit-katt

I undervisningsopplegget **Vi utforsker øyet** kan du blant anna sjå gjennom handa og lage etterbilde.

www.naturfag.no/vi-utforsker-øyet
www.naturfag.no/se-gjennom-handa
www.naturfag.no/etterbilde



c Ei vanleg oppfatning er at det å sjå involverer ein bevegelse frå auget mot objektet.



d Den riktige versjonen er at auget er ein mottakar av lyset som blir reflektert frå objektet.

LAG LYSET



Lysande skapningar

Tenk deg at du er ute ein mørk haustkveld og har gløymd lommelykta. Ville det ikkje vore praktisk om du kunne lage ditt eige lys? Mange skapningar kan faktisk det! Og nokre av desse lysande skapningane er svært så nyttige for oss.

Lys i havet

Utstråling av synleg lys frå levande organismer kallar vi **bioluminescens**, og vi finn fenomenet oftast i havet (sjå også neste artikkel).

Moreld er eit eksempel på organismar i havet som lyser av seg sjølve. Moreld er algar (fureflagellatar) i saltvatn. Den enkelte algen sender ut eit lysglimt som varer cirka eit tidels sekund. Lyset blir sterkare når sjøen rører seg, eller om vi lagar rørsle i vatnet, fordi oksidasjonen skjer raskare ved god lufttilgang.



Moreld. I Norden er det blant anna algen av slekta *Noctiluca* (latin for «nattlys») som lagar lyset.

Foto: Bruce Anderson, University of Stellenbosch, CC BY 2.0

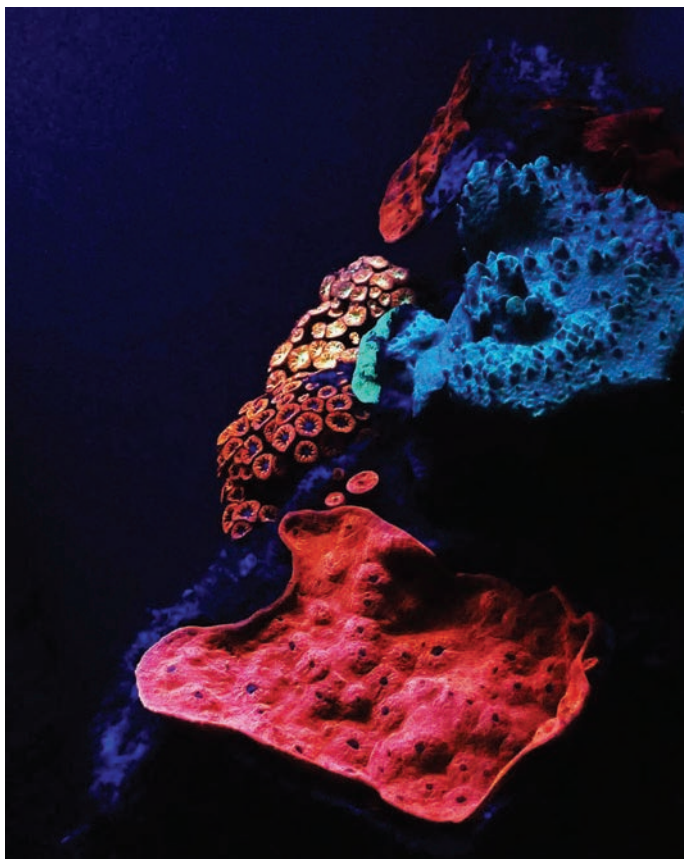
Lysande geni

I 1962 oppdaga Osamu Shimomura to protein som er involvert i bioluminescens i den vesle maneten *Aequorea victoria*: Eit lysprotein som fekk namnet aequorin, og eit grønt fluorescerande protein (GFP). Saman med Martin Chalfie og Roger Tsien fekk han nobelprisen i kjemi i 2008 for oppdaginga av proteinet GFP. Proteinet lyser grønt når det blir bestrålt med UV-lys. Proteinet er dessutan relativt harmlaust, slik at forskarar kan injisere det i celler og bruke fluoriserande mikroskopi til å studere korleis ulike protein er plassert og rører seg inni celler.



Maneten *Aequorea victoria*.

Foto: Sierra Blakely



Sjølvllysende korallar i Raudehavet. Foto: Prof. J. Wiedenmann.

Referanse: Eyal G, Wiedenmann J, Grinblat M, D'Angelo C, Kramarsky-Winter E, et al. (2015) Spectral Diversity and Regulation of Coral Fluorescence in a Mesophotic Reef Habitat in the Red Sea. *PLoS ONE* 10: e0128697.

Eldfluger, lysbiller eller sankthansormar

Eldfluger er ikkje fluger, og sankthansormar er ikkje ormar. Dei er berre ulike namn på ein type bille. Derfor er lysbiller eigentleg eit riktigare namn, men ikkje like innarbeidd i språket. Sankthansorm (*Lampyris noctiluca*, latin for «det skinande nattlyset») er den einaste eldflugearten (eller lysbillearten!) vi finn i Noreg. Sankthansormen har truleg fått namnet sitt fordi den vingelausa ho kan likne på ei larve eller ein orm, og at ho er enklast å finne rundt sankthans. Sankthansorm-hoa lagar det sterkaste lyset, eit gulgrønt lys. Slik kan ho fortelje hannen kvar ho er. Hannen ser ut som ei vanleg bille, og kan fly. Nokre gonger blir han lurt av utelamper og andre lyskjelder, og finn ikkje hoa.

Visste du at ...

- lyset til eldfluga kan spore bakteriar? Sjå natgeo.no/vitenskap/ildfluens-lyskal-spore-bakterier
- lysgenet frå sankthansormen kan vise verknaden av legemiddel? Sjå www.uniform.uio.no/nyheter/2005/09/sankthansorm-gav-lyside.html



Sankthansorm.
Foto: Wofl~commonswiki,
CC BY-SA 2.0

Spør naturen!

Magane til eldfluga har inspirert forskarar til å prøve å få meir lys ut frå lysdiodar. Utfordringa med lysdiodar er at ein del av lyset blir reflektert tilbake, slik at dei ikkje lyser så sterkt som vi ønsker. Eldfluga har liknande utfordringar, men har løyst det med spesielle skjel på magen med skarpe kantar, som gjer at lyset ikkje blir reflektert tilbake, men kjem seg ut og held seg klart. I teknologi og design skal elevane definere eit problem og finne løysingar. La naturen inspirere deg! Sjekk ut nettstaden asknature.org, og les meir om teknologi og design på side 20–31.

LIGHT GENERATED CHEMICALLY: FIREFLY



Faksimile frå asknature.org. Her kan du for eksempel spørje korleis naturen lagar sitt eige lys, eller korleis organismar kan sjå når det er nesten heilt mørkt. Her får du også vite kva forskarar har funne ut ved å studere dei ulike eigenskapane til dei ulike organismane.

LAG LYSET



En lommelykt i havet

Bakterier er kule små vesener, og det er utrolig morsomt å lære mer om deres spennende verden. Som oftest hører vi om de få bakteriene som enten gjør oss syke eller lager andre problemer. Men de aller fleste bakterier er ganske ålreite. Det finnes mange fantastiske løsninger som bakterier er en del av, og de synes jeg elevene burde få vite mer om. Har du for eksempel hørt om bakterien som beskytter en blekksprut mot rovdyr ved å skru på lyset sitt?

Bakterier er utrolig tilpasningsdyktige og kan leve i de underligste miljøer. Mikrobiologer har funnet ut at bakterier lever stort sett overalt. Vi finner dem i jorden, i vannet, i luften, på planter og dyr. De lever også på alle overflatene i kroppen vår. Tenk deg det, kroppen din er hjem for trillioner av bakterier! Det er ganske så fantastisk!

I havet utenfor Hawaii bor blekkspruten Hawaiian bobtail squid (*Euprymna scolopes*). Om dagen sover den nedgravd i sanden, men om natten kommer den opp fra gjemmestedet sitt for å jakte på mat nær overflaten. Blekkspruten er imidlertid selv en ettertraktet godbit for større rovdyr, og mot en stjerneklar nattehimmel blir de farlig synlig om de kaster en mørk skygge. Heldigvis for blekkspruten har den inngått en effektiv allianse med en selvlysende bakterie.

Vibrio fischeri er en spennende marin bakterie som har funnet et ganske så merkelig sted å bo. Den søker nemlig ly i små, spesielle hulrom som blekkspruten har på undersiden av kroppen. De spesielle hulrommene kalles for lysorganer.

Selvlysende bakterier

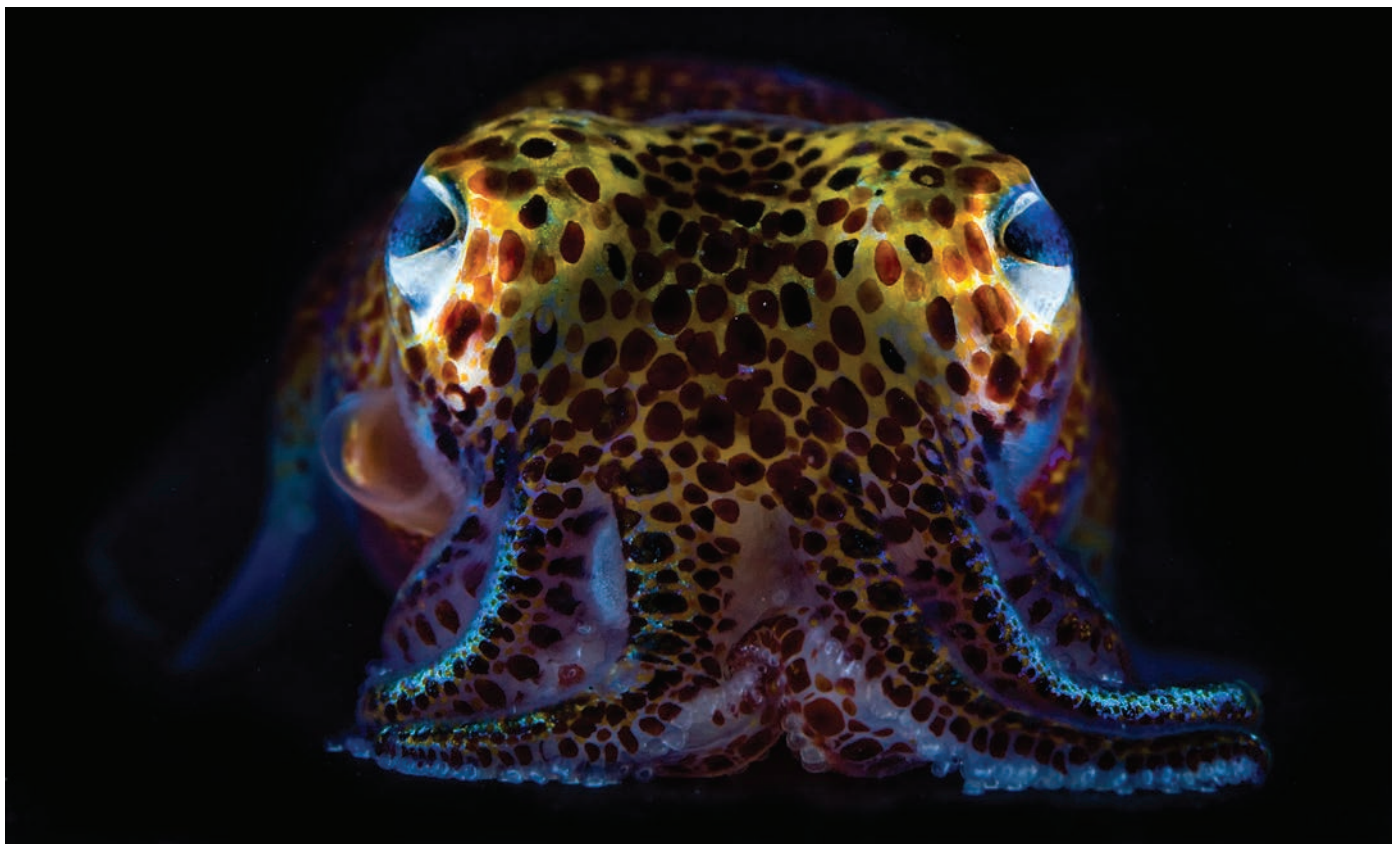
Det som gjør bakteriene så spennende, er at de også kan lage lys ved å samarbeide og kommunisere. Det blir jo ikke mye lys av én enkelt bakterie, så derfor er bakterien så lur at den snakker med alle bakterievennene sine og får dem med på å lyse samtidig.

Vi har lenge sett for oss at bakteriene lever alene, helt overgitt til seg selv. Men i de aller fleste tilfeller liker bakterier å leve sammen i små samfunn der de kan samarbeide om å beskytte seg, skaffe mat og kvitte seg med avfall. For å klare å samarbeide med hverandre og lage slike samfunn, må bakteriene kunne «snakke» med hverandre. Dette gjør de ved hjelp av forskjellige signalmolekyler som de slipper ut i nærmiljøet, slik at andre bakterier skal kunne fange dem opp. Når konsentrasjonen av et signalmolekyl har nådd en viss terskelverdi, vil alle bakteriene samtidig skru på genene som kontrolleres av det signalmolekylet. På denne måten kan bakteriene blant annet kontrollere evnen til å feste seg til overflater, til å bevege seg ... eller til å lyse.

Lyset som bakterien lager, kalles **bioluminescens**: lys som blir laget i en kjemisk reaksjon av en levende organisme. *V. fischeri* produserer et pigment som heter luciferin som kan sende ut lys og et enzym som heter luciferase. Lyset blir produsert i den kjemiske reaksjonen som skjer når enzymet luciferase katalyserer reaksjonen der luciferin blir oksidert. I reaksjonen frigjøres energi i form av blågrønt lys: bioluminescens.

Harmonisk samliv i havet

Bakterien og blekkspruten lever sammen i et symbiotisk forhold der begge to har god nytte av hverandre. Forholdet mellom bakterien og blekkspruten begynner allerede når blekkspruten er ung ved at blekkspruten suger inn *V. fischeri* i sine lysorganer. Disse



Hawaiian Bobtail squid. Foto: Mattias Ormestad

lysorganene inneholder alle aminosyrer og næringsstoffer som bakteriene trenger, samtidig som hulrommene gir dem beskyttelse. Derfor blir bakteriene værende inne i de små, hule lysorganene. Blekkspruten, på sin side, benytter seg av *V. fischeris* evne til å lyse og til å kommunisere for å beskytte seg mot rovdyr når den jakter om natten.

Om dagen ligger blekkspruten nedgravd i sanden og sover. Om natten kommer den frem for å jakte på mat nær overflaten. Rovdyr som svømmer nede på bunnen vil enkelt kunne oppdage blekkspruten som en mørk skygge mot nattehimmelen opplyst av stjerner og av månen. Men blekkspruten vender da sine lysorganer nedover slik at rovdyret ikke skal kunne se skyggen av blekkspruten i lyset fra nattehimmelen. Blekkspruten har også sensorer som gjør at den kan regulere hvor mye lys bakteriene må produsere for

at blekkspruten skal kunne gjemme seg bort. Blekkspruten skrur lysstyrken opp eller ned ved å regulere hvor mye oksygen som kommer inn i lysorganene.

Bakterien kommer bare til å lyse når mange nok bakterier snakker sammen, slik at konsentrasjonen av signalmolekyler blir høyere enn terskelverdien for å starte en felles reaksjon. Hver morgen, når blekkspruten graver ned seg i sanden for å sove, skyller den omtrent 90 % av bakteriene i lysorganene ut i sjøen. Dermed faller antallet bakterier under terskelverdien, og lysproduksjonen slutter. I løpet av dagen vil bakteriene inne i lysorganene formere seg igjen. Når kvelden kommer og blekkspruten skal ut og jakte, har antallet igjen nådd opp til terskelverdien og *V. fischeri* begynner å lyse. På den måten har bakterien og blekkspruten funnet en fin måte å leve sammen på.

Tekst: Eldri Scheie, Naturfagsenteret; Asta Juzeniene, Oslo universitets-sykehus og Johan Moan, Fysisk institutt, UiO
Deler av artikkelen er tidligere publisert i Aftenposten, bit.ly/1Vbd84h

HUDFARGE



Derfor har vi forskjellig hudfarge!

Hvorfor har noen mørk hud og andre lys? Og hva med alle nyansene imellom? Svaret finnes i evolusjonen, i utviklingen av hudens beskyttelse mot solens stråler og kroppens behov for vitaminer. Det er en sammenheng mellom hudfarge og solstråling.

Huden er vår innpakning, synlig for alle. Evolusjonen har gitt oss fargenyanser fra nesten svart til nesten hvitt, tilpasset til det beste for oss etter hvor vi bor – eller retttere sagt: etter hvor forfedrene og formødrene våre har bodd. Der det er mye sol gjennom året har fargen blitt mørk, mens der det er mindre sol har mennesker utviklet lysere hud. Men hvorfor?



Fargerike hender og fargerike håndavtrykk! Disse håndavtrykkene kan du lese mer om på naturfag.no/håndavtrykk.

Foto: Eldri Scheie

Vandring endret hudfarge

De første menneskene levde i et solrikt område med raske naturforandringer i Afrika. Under Afrikas stekende sol møtte de tidlige hominidene (menneskets utdødde forfedre) to utfordringer: å holde hodet kaldt og å beskytte huden mot UV-stråling. Forandringene i naturen krevde at menneskene tilpasset seg raskt, over få generasjoner. Det lønte seg evolusjonsmessig å ha gode hjertefunksjoner, noe som igjen krevde jevn kroppstemperatur. Det meste av håret forsvant gjennom flere generasjoner, og flere svettekjertler ble utviklet. Svettekjertlene og blodårene i den mer og mer hårløse huden ble lett skadet av ekvatorsolen, og evolusjonen av mørk hud startet. Mørk hud beskytter blodårer i huden og stoffer som B-vitamin i blodet. Mørk hud tåler opptil ti ganger så mye sol som lys hud før den blir brent!

Menneskenes vandringer kan kartlegges ved å se på gener. Noen mennesker vandret rett østover fra Afrika mot Indonesia, holdt seg hele tiden i tropene og beholdt en mørkere hudfarge. Andre vandret nordover. Vandringer nordover har forekommet flere ganger, og hver gang ble huden gradvis lysere, slik at nok D-vitamin skulle bli dannet. De med veldig mørk hud trenger seks ganger mer sol enn de med veldig lys hud for å få dannet nok D-vitamin. Til gjengjeld har de mindre sjanse for å få hudkreft. Alvoret av D-vitaminmangel kommer til uttrykk gjennom sykdommen rakitt, «den engelske syke». Sykdommen kom i kjølvannet av den industrielle revolusjonen, og var i 250 år en stor utfordring i storbyene der lite sol slapp til for barn og voksne som arbeidet innendørs. Nye landsmenn med mørk hud møter i dag det samme problemet når de kommer til vårt solfattige land.

HUDFARGE

Vi kan også følge hudfargeforandringene under menneskenes gradvise ferd nordover mot Øst-Asia, over Beringstredet og sør- over helt mot ekvator på det amerikanske kontinentet. Hos urfolk i Sør-Amerika har huden ennå ikke rukket å bli helt mørk. De 15 000–20 000 årene de har vært der, er for kort tid.

Forfedrene til inuittene bosatte seg på Grønland. De har beholdt en litt mørkere hudfarge, fordi de spiste D-vitaminrik sjømat. Kostene gjorde at lys hud ikke var livsnødvendig for dem.



Inuitter betyr *folket*. Inuittene bor i arktiske områder på Grønland, i Canada og i Alaska. Foto: Ansgar Walk, CC BY 2.5

Jordbruksrevolusjonen kom fra Midtøsten for ca. 11 000 år siden og førte med seg kosthold av korn og kjøtt på bekostning av fisk. Sannsynligvis lysnet huden veldig raskt i evolusjonær sammenheng, for at nok D-vitamin skulle bli dannet når kostinntaket av fisk var lavt.

Kvinner i de fleste befolkninger er gjennomsnittlig lysere enn menn. Det kan henge sammen med at vitamin D er viktig i graviditet og under amming.

D-vitamin og sollys

Både UVA- og UVB-stråling fra solen gjør oss brune. Brunfargen kommer av fargestoffet melanin i huden. UVA-stråling bruner allerede eksisterende melanin, mens UVB-stråling stimulerer produksjon av mer melanin. Det er melaninproduksjonen som beskytter huden mot ytterligere UV-stråling. UVA kan bidra til tidligere aldring av huden, mens UVB gjør at vi blir solbrente. Begge kan føre til utvikling av kreft. Derfor er det viktig å bruke solkrem som beskytter både mot UVA- og UVB-stråler.

Den mest veldokumenterte positive effekten av UV-stråling er dannelse av D-vitamin. Med lys hud trengs det bare kort tid i solen for å få dannet tilstrekkelig med dette vitaminet. Sommerstid mellom kl. 11–15 er 15 minutter daglig soling av hender, armer og ansikt nok. Det er bare UVB-stråling som fører til D-vitaminproduksjon.

D-vitamin kan redusere høyt kolesterol og forekomsten av hjerte- og karsykdommer, motvirke sukkersyke, og ha god virkning på sykdommer knyttet til immunsystemet som psoriasis, multipl sklerose, leddgikt og Crohns sykdom. Symptomene ved den gåtefulle sykdommen fibrositt kan også mildnes. Krefttrisikoen kan reduseres, og mange mener også at D-vitamin mildner flere typer psykiske lidelser.

I vintermånedene inneholder ikke naturlig UV-stråling på våre nordlige breddegrader nok UVB-stråling til at det dannes tilstrekkelig med D-vitamin i huden vår. Vi må da sørge for å få vitaminet gjennom kosten, for eksempel ved å ta tran eller D-vitamindråper.



Sola står lavt om vinteren. Foto: Aud Ragnhild Skår

HUDFARGE

Test deg selv: Hvilken hudtype har du?

Svar på spørsmålene i tabellen under og legg sammen poengene fra alle tre delene.

Del 1. Genetisk disposisjon					
Poeng	0	1	2	3	4
Hvilken farge har du på øynene?	Lyseblå/-grå/ -grønne	Blå/grå/grønne	Hassel-/lysebrune	Mørkebrune	Brunsvarte
Hva er din naturlige hårfarge?	Rød / lys blond	Blond	Lys brun / mørk blond	Mørk brun	Svart
Hva er hudfargen din når du ikke har solt deg?	Rødlig/blek	Lys	Gyllen	Lys brun / oliven	Mørk brun
Har du fregner når du ikke har solt deg?	Mange	Noen	Få	Veldig få	Ingen
Del 2. Reaksjon på soling					
Poeng	0	1	2	3	4
Hvordan blir huden hvis du er i sola for lenge?	Alltid brent, blemmer, flassing	Oftre brent, blemmer, flassing	Litt brent, noe flassing	Sjelden brent	Aldri brent
Bli du noen ganger brun?	Aldri	Sjelden	Av og til	Oftre	Alltid
Hvor brun blir du?	Ikke i det hele tatt	Lys farge	Middels farge	Mørk farge	Huden har naturlig mørk farge
Er ansiktshuden din følsom for sol?	Veldig følsom	Følsom	Av og til	Lite følsom	Ikke følsom
Del 3. Solingsvaner					
Poeng	0	1	2	3	4
Hvor ofte soler du deg?	Aldri	Sjelden	Noen ganger	Oftre	Veldig ofte
Hvor lenge siden er det du solte deg sist?	Mer enn 3 måneder siden	2–3 måneder siden	1–2 måneder siden	En uke siden	Mindre enn en uke siden

HUDFARGE

Når du har lagt sammen poengene, ser du i tabellen under hvilken hudtype du har. Kanskje får du en poengsum som er på grensen mellom to hudtyper.

Poeng	Hudtype
0–6	I
7–13	II
14–20	III
21–27	IV
28–34	V
35+	VI



Foto: José Carlos Firme

Noen hudtyper tåler mer UV-stråling enn andre. Tabellen til venstre viser kort hvordan vi skiller mellom de ulike hudtypene. Fitzpatrick's klassifisering forteller hvordan huden reagerer på sollys. Skalaen tar utgangspunkt i hvor lett huden blir brent og brun (dannelse av pigment) når vi soler oss.

Referanser

A.Juzeniene, R.Setlow, A.Porojnicu, A.H.Steindal and J.Moan (2009) Development of different human skin colors. A review highlighting photobiological and photobiophysical aspects. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.* 96, 93-100.

J.Moan and A.C.Porojnicu (2006) D-vitaminets fotobiologi – ny aktualitet [The photobiology of vitamin D – a topic of renewed focus]. *Tidsskr. Nor. Lægeforen.* 126(8), 1048-1052.

Tips

Se undervisningsopplegget Hva gjør oss solbrente?: www.naturfag.no/solbrente

Se grubletegnning om soling: www.naturfag.no/soling

Hudtype	Ueksponert hudfarge	Hudens følsomhet for UV-stråling	Hva skjer med huden under soling?
I	Blek	Svært følsom	Lett brent, aldri brun
II	Veldig lys	Veldig følsom	Lett brent, av og til brun
III	Lys	Følsom	Av og til brent, lett brun
IV	Lys brun	Moderat følsom	Sjelden brent, lett brun
V	Mørk brun	Minimalt følsom	Svært sjelden brent, veldig brun (mørk brun)
VI	Mørk brun til sort	Ikke følsom	Aldri brent, dypt pigmentert (sort)

Fitzpatrick, T.B. (1988) The validity and practicality of sun reactive skin types I through VI. *Arch Dermatol* 124; 869-871.



Mye godt helsenytt om sola

Sola er ikke bare vår viktigste energikilde, men gir oss også mye helse hvis vi «bruker» den rett. Vi skal se litt på det nyeste av det nye om dette temaet.

Vi kan skille mellom to typer virkningsmekanismer: De som kommer via øynene, det synlige lyset, og de som skyldes at ultrafiolett stråling, UV-stråling, virker på huden vår. UV-strålingen kan vi ikke se med øynene, i motsetning til hva for eksempel insektene kan.

Menneskene i sola

I flere millioner år bodde menneskene og deres forløpere under ekvator og ble tilpasset den sterke solstålingen der. Så vandret de nordover, og solmangel ble et problem. For å bøte på det, utviklet de lys hud som slipper mer sol inn i kroppen enn mørk hud (se artikkel side 68). Dermed kunne mer av det sunne D-vitaminet lagres. Lenge har vi trodd at D-vitaminsyntese var det eneste positive med sol og solarier, men i løpet av de siste årene har forskere funnet mange nye helsegevinster av sol, langt ut over de som D-vitamin gir.

Sola er hovedkilden til det livsviktige D-vitaminet, selv her i det kalde nord. En halv time i badedrakt i midtsommersol midt på dagen gir like mye D-vitamin som vi får ved å drikke 1/3 liter tran. Dette er nå vel kjent. Nå skal vi imidlertid se på noe som er nytt fra de siste årenes forskning.

Solstråling lager små, sunne mengder av nitrogenmonoksid (NO) og karbonmonoksid (CO) i de tynne blodårene i huden vår. Dette er signalmolekyler som kroppen trenger og derfor lager selv i mørke. Men litt solstråling når ned til disse blodårene og kan hjelpe kroppen litt. NO og CO har mange oppgaver, og hjelper til med å bedre både psykisk helse (følelser/stress), immunfunksjoner (kroppens forsvar) og til å holde blodtrykket på rett nivå.

Genpåvirkning, brunfarge, medisin og lykke

P53 er et gen som mange snakker om for tiden. Populært kalles det «arvestoffets vokter». Når dette genet aktiveres av sol eller solarier, kan det reparere skader i arvestoffet, bremse celledeling, og dermed hindre kreftceller i å formere seg, og i tillegg kan det ødelegge nydannede kreftceller. Aktivert P53 får et annet gen til å produsere et meget spennende protein som kalles proopiomelanokortin (POMC). Det er et stort molekyl som kan dele seg i tre: Den ene delen går inn i de hudcellene som lager **brunfarge** og aktiverer dem slik at vi blir brune, den andre delen er et hormon (**ACTH**) og den tredje delen av POMC-proteinet er **beta-endorfin**, et velkjent opiumsaktig stoff: et «lystmolekyl» som lindrer smerte og gir lystfølelse. Blant annet utskilles det under fødsler for å dempe smertene. ACTH er et spennende stoff. Det har blitt brukt til behandling av multipel sklerose (MS) lenge før vi ante at sol kunne virke på MS. Philip S. Hench var den som først behandlet MS-pasienter med ACTH. Han fikk Nobel-prisen i 1950 for studier av binyrebarkens hormoner, og ACTH er ett av disse hormonene. Det brukes også i leddgiktbehandling. Med andre ord gir sol og solarier både MS-behandling og leddgiktbehandling til folk som måtte trenge det. Ikke rart at forekomsten av disse sykdommene avtar jo nærmere ekvator vi kommer.

All denne velsignelsen sola gir forklarer hvorfor vi får lykkemolekyler, beta-endorfiner, av soling: Bokstavelig talt lokkes vi ut i sola. Selvsagt kan lykkefølelsen friste svake sjeler til å overdrive soling og solariebruk. Noen forskere snakker om solavhengighet, «tanoreksi», hos enkelte. I alle fall er den nyoppdagede solproduksjonen av beta-endorfiner et evolusjonsfenomen og et sterkt argument for at moderat soling er sunt. Overdreven soling og sola-



Illustrasjonsfoto: colourbox.com

riebbruk kan føre til hudkreft, noe vi har hørt i tiår og som utvilsomt er korrekt. Jeg har selv forsket på hudkreft i mer enn 20 år. Men de siste års forskning mer enn antyder at nettoeffekten av sol er positiv. Vi bor i et solfattig land, der for eksempel D-vitamin ikke dannes i den lange perioden fra september til mars. Kanskje det vil være klokt av oss å reise litt mer til Syden i vintermånedene eller bruke solarier med forsiktighet?

Andre fysiologiske effekter

Resistin er et stoff som ble oppdaget i 2001. Det utskilles av immunceller og av hudceller. Det er trolig helsemessig uheldig å ha for mye resistin. De fysiologiske rollene til stoffet blir nå ivrig diskutert av forskerne, og stoffet spiller nok en rolle i at overvekt og diabetes oppstår. Personer med høye resistin-nivåer har ofte mye lipoproteiner av LDL-typen (som er uheldig med tanke på hjerte/kar-sykdommer). Autoimmune sykdommer, kreft og astma blir også nevnt av forskerne. Personer med høye resistin-nivåer ser ut til å ha lave D-vitamin-nivåer. Ultrafiolett stråling reduserer antakelig resistin-nivået. Dette er observert i psoriasispasienter etter store behandlingsdoser med stråling som ligner solarier. Vi aner at disse nye funnene viser oss nye argumenter for at soling er sunt. Vi

fikk trolig ikke vår hvite, nordiske hud på slump! Det virker altså som at hudkreft, forårsaket av sol, er mindre viktig evolusjonsmessig – kanskje også til hverdags – enn de godene som følger med solstråling.

Filaggrin er et fiberdannende protein i huden. Det er en forløper for en naturlig solkrem som reduserer mengden med ultrafiolett stråling som når inn i kroppen. Mutasjoner i filaggrin ser ut til å være hyppigere forekommende i Nord-Europa enn i Sør-Europa. Dette betyr at vi i Nord-Europa får mer sol inn i kroppen enn det de som bor lenger sør får. Dette viser at sol er sunt for oss!

BDNF er en forkortelse for «brain-derived neurotrophic factor». Dette er et protein som utvikler, vedlikeholder og bevarer plastisiteten i sentralnervesystemet. Mengden av BDNF i kroppen varierer med døgntiden og årstiden fordi den påvirkes av sol. Vi vet jo at sola er den viktigste faktoren i det å holde døgnrytmene våre jevne og å holde vinterdepresjoner på avstand. BDNF-nivået øker etter en lysbehandling for vinterdepresjon. Nivået kan også bety noe for hvor lett vi har for å legge på oss.

SOLA

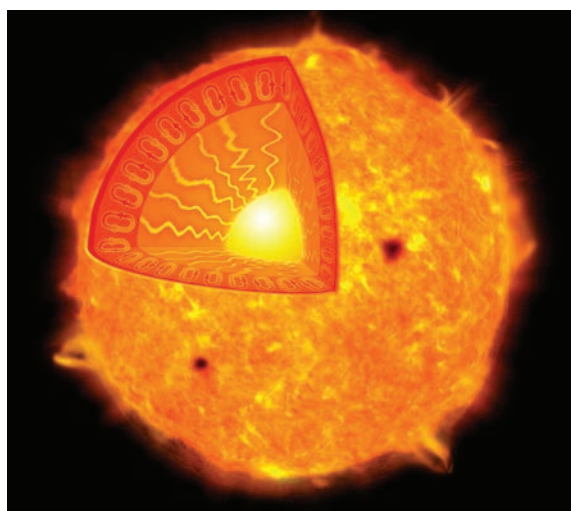


Hva vet du om vår viktigste lyskilde?

Sola er vår ultimate lyskilde og energikilde. Den er midtpunktet i solsystemet vårt og gir opphav til alt liv på jorda, driver fotosyntesen i planter og er kilden til all mat og fossilt brennstoff. Lyset fra sola er viktig for oss på mange måter, og energiens reise fra den indre kjernen er fascinerende.

Solas struktur

Sola består av gasser, for det meste hydrogen og helium. Den varme, kompakte kjernen i sola – der energien produseres – har en radius på ca. 175 000 km. Utenfor kjernen ligger et lag der energien fraktes ved at lyspartikler strømmer utover. Vi kaller dette området for strålingssonen. Utenfor strålingssonen finner vi konveksjonslaget, et lag der bobler av gass stiger opp mot overflaten. Den synlige overflaten, som kalles fotosfæren, er bare 400 km tykk. Over fotosfæren ligger kromosfæren, som består av en tynn gass og strekker seg et par tusen kilometer ut fra fotosfæren. Over kromosfæren ligger koronaen, den ytterste delen av solatmosfæren.



Solas kjerne, strålingssone og konveksjonslag.
Foto: NASA/CXC/M. Weiss

Solas kjerne

Forholdene i solkjernen er ekstreme, og området er som et slags atomkraftverk. Temperaturen er over 15 millioner °C, og det enorme trykket presser alle atomene tett sammen slik at de hele tiden kolliderer med stor hastighet. Enkelte ganger smelter hydrogenkjerner sammen og danner en heliumkjerne. I denne prosessen frigjøres noe av massen i form av små lyspartikler som vi kaller gammastråler. Det er denne energien som holder sola strålende. Prosessen lager også partikler som kalles nøytrinoer. Hvert sekund blir ca. 700 millioner tonn hydrogen omgjort til helium, og litt over 4 millioner tonn masse blir omformet til energirik stråling i form av gammastråling (lyspartikler) og nøytrinoer. Blir ikke hydrogenet brukt opp? Jo, men heldigvis har sola nok hydrogen til at den vil skinne i fem milliarder år til.

Lysets vei ut av sola

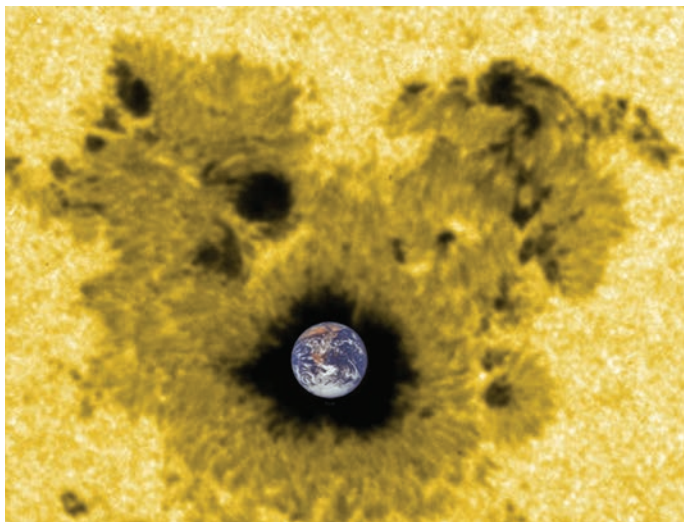
På vei ut mot overflaten kolliderer disse lyspartiklene hele tiden med atomer og endrer retning som en kule i et flipperspill. På denne måten virrevandrer de inni solas strålingssone som strekker seg ca. 2/3 ut mot overflaten. Det kan ta over 200 000 år før lyspartiklene trenger seg ut av strålingssonen. Utenfor strålingssonen blir energien fraktet opp mot overflaten ved hjelp av strømmer av varm gass. Her bobler gassen opp som varm suppe i en kokende kjele. Energien (og lyset) bruker altså mer enn 200 000 år på å nå solas overflate. Først da kan lyset strømme fritt ut i verdensrommet. 8 minutter og 20 sekunder senere når lyset jorda slik at vi føler varmen på kroppen. Litt rart å tenke på at dette er veldig «gammelt» lys – som opprinnelig startet for flere hundre tusen år siden – da neandertalere vandret rundt på jorda.

Solas overflate – fotosfæren

Mesteparten av energien fra sola stråler ut fra overflaten som vi kaller fotosfæren. Dette er den delen av sola vi faktisk kan se fra jorda med det blotte øyet. Fotosfæren er ikke noen fast overflate, men et gasslag, og den er egentlig en del av solas atmosfære. Vi kaller likevel dette laget for overflaten. Fotosfæren har en tykkelse på 400 km og holder en temperatur på omtrent 5500 °C. Den er dekket av et cellemønster som kalles granulasjon, og viser hvordan varm gass bobler opp fra solas indre, avkjøles og synker ned igjen i de mørke smale områdene. Dette er den samme effekten vi ser i en gryte med svakt kokende suppe.

Solflekker

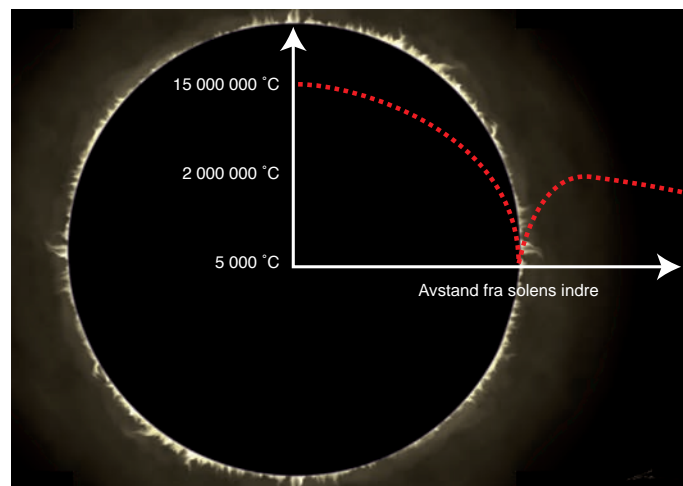
De tydeligste fenomenene på solas overflate er solflekker. Solflekker ser ut som små, mørke «blemmer» på soloverflaten. Solflekker dannes når kraftige magnetfelter trenger opp gjennom overflaten og hindrer noe av energien i å strømme ut, slik at området avkjøles. Da stråler de mindre energi og ser derfor mørkere ut. Men en solflekk er ikke så mørk som den ser ut til. Temperaturen i en flekk er ca. 1500 °C lavere enn temperaturen i fotosfæren rundt flekkene. Det er forskjellen i kontrast som gjør at flekken virker mørkere. Hvis vi kunne plassere en solflekk på nattehimmelen, ville den lyse kraftigere enn månen.



Nærbilde av en solflekk som er observert med satellitten TRACE. Det er fint plass til en jordklode inni flekken. Foto: TRACE/Lockheed

Solas atmosfære – kromosfæren

Over fotosfæren ligger solas nedre atmosfærelag som kalles kromosfæren. Det er et rosafarget gasslag som bare kan sees under en total solformørkelse eller ved hjelp av spesielle teleskoper ute i verdensrommet. Kromosfære betyr «fargekule». Kromosfæren strekker seg ca. 3000 km ut fra fotosfæren. I den nedre delen av kromosfæren fortsetter temperaturen å synke utover ned til ca. 4500 °C. Men så skjer det noe merkelig – temperaturen begynner plutselig å stige igjen lenger ut, og i øverste del av kromosfæren er temperaturen hele 30 000 °C. Kromosfæren sender stort sett ut ultrafiolett stråling og kan derfor ikke studeres i detalj fra bakken. Like utenfor kromosfæren stiger temperaturen voldsomt idet vi kommer over i solas ytre atmosfære – koronaen.

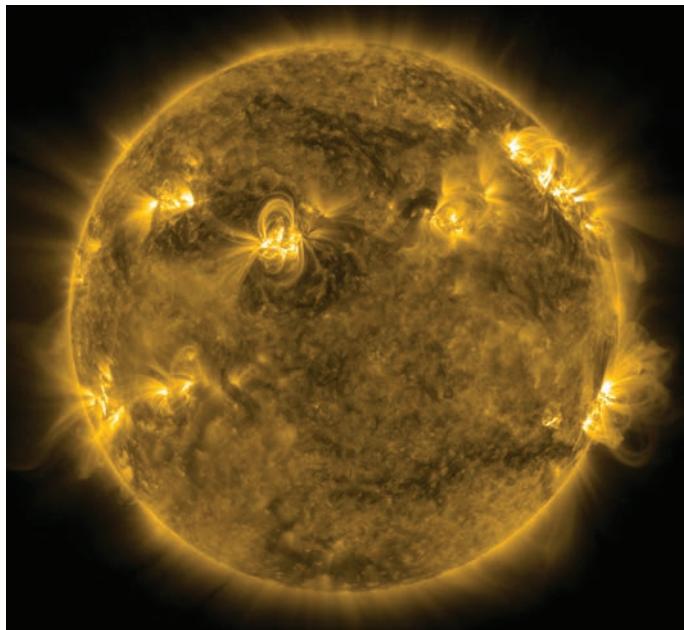


Temperaturen synker fra 15 millioner grader ut mot overflaten der temperaturen er «bare» 5500 grader. Så øker temperaturen igjen ut i koronaen. Foto: «Den stormfulle sola»/T. Abrahamsen/ARS

Solas ytre atmosfære – koronaen

Koronaen er det ytterste laget av solatmosfæren og består for det meste av hydrogengass. Temperaturen er mellom én og to millioner °C. Tettheten er svært lav, mindre enn en milliondel av luftas tetthet ved jordas overflate. Koronaen lyser så svakt at vi ikke kan se den til daglig på grunn av det kraftige lyset fra fotosfæren. Bare under solformørkelser, når månen passerer rett foran sola og blokkerer lyset fra fotosfæren, kan vi se den spektakulære koronaen med det blotte øye. Med spesielle teleskoper, som lager kunstige solformørkelser, kan vi også studere koronaen.

SOLA



Solas korona observert i ekstremt ultrafiolett lys med et teleskop på Solar Dynamics Observatory (SDO). Bildet viser hvordan alle strukturene blir styrt av solas magnetfelt. Foto: NASA

Den varme koronaen er et av solas store mysterier. Energien som kommer fra solas indre, føres utover og må på en eller annen mystisk måte bevege seg ut gjennom fotosfæren og kromosfæren. Der er temperaturen mye lavere enn i koronaen. Solas indre klarer altså å varme opp koronaen uten at energien samtidig varmer opp fotosfæren. Dette kan sammenlignes med at du sitter foran en peis og kjenner varmen fra flammene. Så flytter du deg litt lenger vekk og det blir mindre varmt. Dersom du flyttet deg til den andre siden av rommet, og det plutselig ble varmere igjen, ville du undre deg over hvordan flammene klarer å varme opp luften på denne siden av rommet uten å varme opp luften imellom. Ingen vet helt hvordan sola klarer dette, men vi tror det har noe med solas magnetfelt å gjøre. Kanskje er det også lydølger som drar med seg energi ut fra sola. Som solforsker kan du bli med på å løse dette mysteriet.

Store teleskoper analyserer lyset til sola

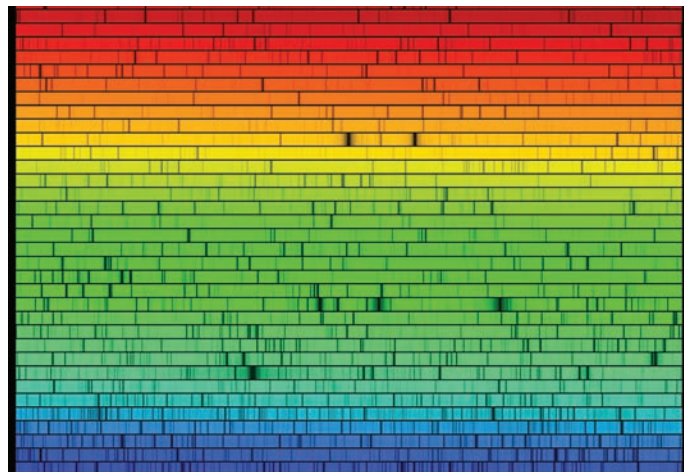
Helt siden Galileo Galilei pekte sitt teleskop mot himmelen, har en stadig bygget større og større teleskoper for å studere sola. I Norge ble et stort solteleskop bygget på Harestua like nord for Oslo i 1957. Observatoriet inkluderte også to store radioteleskoper

som studerte radiobølger fra sola, samt en rekke andre mindre teleskoper og instrumenter. I nyere tid bygges mange av de største teleskopene på toppen av høye fjell på øyer ute i havet. Her ligger teleskopene nesten alltid over skyene og kan derfor observere sola hver dag. Det er også ofte mindre urolig luft i atmosfæren på slike steder, slik at bildene av sola blir skarpere.

Norge deltar i det svenske solteleskopet på La Palma, som er regnet for å være verdens beste. Dette teleskopet kan se detaljer på sola ned til 70 km. Det er ganske imponerende når vi vet at sola ligger 150 millioner km unna. Faktisk tilsvarer det å kunne stå i Oslo og kikke på en som står i Trondheim og holder opp to kronestykker ved siden av hverandre. Og du ville med dette teleskopet klare å se at det er to mynter han holder opp.

Solas elektromagnetiske spektrum

Sola sender ut stråling på alle bølgelengder, dette inkluderer radiobølger, mikrobølger, synlig lys, infrarød- røntgen- og ultrafiolett (UV-) stråling. Det er imidlertid stort sett bare det synlige lyset som når ned til bakken. UV- og røntgenstrålingen stoppes av jordas atmosfære og kan bare studeres fra verdensrommet.



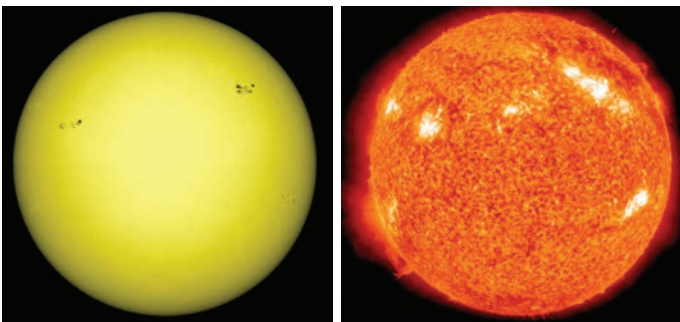
Solas «fingeravtrykk» kan studeres ved å observere detaljer i sollyset. Ved å spre lyset ved hjelp av et prisme kan vi studere fordelingen av farger og intensitet. De mørke linjene representerer farger som ble absorbert av atomer i solatmosfæren og forteller oss hvilke kjemiske grunnstoffer som finnes på sola. Foto: National Solar Observatory, Sacramento Peak

Fra bakken observeres sola med store teleskoper der lyset går gjennom et instrument som splitter lyset opp i de ulike fargene. Da kan forskere studere fordelingen av farger og intensitet der mørke linjer gir informasjon om hvilke kjemiske grunnstoffer som finnes på sola. Vi kan altså kartlegge hva sola er laget av uten å måtte reise dit.

Sola observert fra verdensrommet

De første observasjonene av sola fra verdensrommet ble gjort med raketter i 1946. Instrumenter ble sendt utenfor de lagene i atmosfæren som blokkerer UV-stråling fra sola. I dag benyttes avanserte teleskoper og kameraer som plasseres på satellitter. Da kan forskere studere solas atmosfære kontinuerlig i flere år. Men det viktigste er at vi kan observere den delen av sola som sender ut røntgen- og UV-stråling og dermed studere kromosfæren og koronaen.

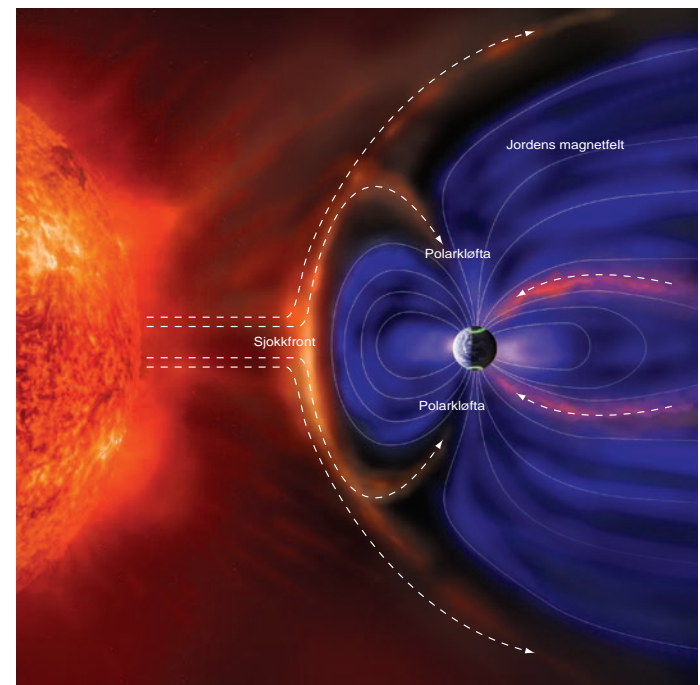
Under ser du to bilder av sola. Det til venstre er tatt med et kamera som måler synlig hvitt lys. Sola ser da omtrent ut slik vi kan se den med det blotte øyet. Bildet til høyre er tatt samme dag og ser veldig forskjellig ut. Bildet er tatt med et UV-kamera. UV-stråling er usynlig for våre øyne, men spesielle instrumenter kan fange opp denne strålingen. Det vi ser på bildet er solas kromosfære – gasslaget som ligger over den synlige overflaten. Her ser vi lyse områder som kalles aktive områder, der det sendes ut ekstra mye UV-stråling.



Sola observert med et kamera som registrerer synlig lys (til venstre), hvor vi ser overflaten og solflekker. Bildet til høyre er tatt med et kamera som bare registrerer den ultrafiolette strålingen, og da ser vi solas atmosfære. Foto: ESA/NASA

Sola og nordlyset

Partikler fra sola kan også danne lys her på jorda. Det vakre nordlyset dannes når partikler fra sola kolliderer med jordas magnetfelt og forstyrrer dette. Noen solpartikler klarer å trenge seg inn i magnetosfæren – og sammen med elektroner i ionosfæren dyttes de nedover mot atmosfæren rundt polområdene. Når partiklene treffer atmosfæren, kolliderer de med oksygen og nitrogen. Disse kollisjonene inntreffer i 80–300 kilometers høyde og overfører energi til oksygen- og nitrogen-atomer som så sender ut lys. Resultatet er et flott fargesprakende lysshow på himmelen.



Jordas magnetosfære beskytter oss mot partiklene fra sola. Noen få partikler klarer å trenge gjennom en kløft i dette skjoldet og lage dagnordlys. De fleste partiklene fra sola trenger seg inn i magnetosfæren på nattsiden, og deretter følger de magnetfeltet inn mot polområdene.

Foto: «Den stormfulle sola»/T. Abrahamsen/ARS

Se grubleoppgave om å måle diameteren til sola:
www.naturfag.no/diameteren-til-sola

Tekst: Lars Sandved Dalen, Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)
Artikkelen er tidligere trykket i Aftenposten
www.aftenposten.no/fakta/innsikt/Derfor-er-hosten-gul-og-rod-7754315.html

HØSTFARGER



Høstens farger er grønt, gult og rødt

De lysegrønne vårbladene går om høsten over i et fargesprakende og flott skue av grønne, gule og røde farger. Grønt klorofyll, gule karotenoider og røde antocyaniner er fargestoffer som står i solfangertjenesten.



For å unngå å produsere skadelig oksygen, demonteres det grønne klorofyllet gradvis ut over høsten. Det samme skjer med de gule karotenoidene, men demonteringen går saktere så bladene beholder gulfargen lengre. Her er de gule ospetrærne pakket inn i eviggrønn furuskog. Foto: Dan Aamlid, NIBIO

Gult høstløv dukker opp i det bladgrønne når høsten kommer. Lengre netter er et signal til mange av trærne våre om at vinteren nærmer seg. Det er på tide å pakke sammen og gjøre seg klar til lite lys og mye kulde. Blader og nåler går fra aktiv vekst og fotosyn-

tese til programmert aldring og død. Verdifulle næringsstoffer, slik som nitrogen, fosfor og magnesium, transporteres ut av bladene og lagres i stamme og røtter for bruk neste vår.

Gulfargene er karotenoider

La oss bruke osp som eksempel. De gule ospebladene dukker opp når det grønne klorofyllet brytes ned. De gule fargene har nemlig vært i bladet hele tiden, og deres viktigste oppgave er ikke å glede oss mennesker med sine vakre farger, men å beskytte bladet mot overskytende energi fra den eksplosivt energirike fotosyntesen som foregår i de grønne bladene. Disse gule og oransje fargestoffene, som vi finner i gulrøtter, appelsiner og gule epler, forklarer både høstbladenes kraftige gulfarge og hvorfor du bør steke tomatene i olivenolje (se forklaring under). Fargestoffene kalles karotenoider og består av *karotener*, slik som betakaroten i gulrot og lykopen i tomat og *xantofyller*, slik som lutein i eggeplomme.

Luften som mennesker, dyr og planter puster inn, inneholder oksygen, og vi er avhengige av dette oksygenet for å skaffe energi til celleåndingen, cellenes forbrenning av næringsstoffer. Oksygen er livgivende, men også dødelig. Jern ruster i oksygen, og mat harsk-

ner. Oksygenet angriper cellene våre, og både mennesker, dyr og planter er avhengige av antioksidanter for å bekjempe disse skadelige oxygenforbindelsene (oxygenradikalene). For plantene er oksygen en ekstra utfordring når det produseres store mengder oksygen i fotosyntesen. I tillegg til at antioksidanter beskytter mot oxygenradikaler som produseres under fotosyntesen, trenger ospebladet noe som kan fange overskuddsenergien fra fotosyntesen. Det er her de gule karotenoidene trer støttende til. Inne i kloroplastene der fotosyntesen foregår, i skyggen av det grønne klorofyllet, ligger nemlig de gulfargede xantofyllene som små «støtdempere» som absorberer overskuddsenergi. Dersom det grønne klorofyllet ikke holdes på rett plass i forhold til karotenoidene, dannes det oxygenradikaler, og solen og oksygenets livgivende kraft blir dødelig for de grønne bladene. Og hvorfor koke tomater i olje? Jo, lykopen, som farger tomatene røde, er et pigment som ikke lar seg løse i vann, men det løser seg godt i olje.



Fjellet blir fargerikt om høsten. Foto: Aud Ragnhild Skår

HØSTFARGER

Rødfargene er antocyaniner

Rødfargen som mange blader smykker seg med om høsten, kommer av fargestoffet antocyanin. Antocyanin varierer i farge fra rødt til blått, litt avhengig av pH og andre faktorer.

Førsteamanuensis Rick Strimbeck på Biologisk institutt ved NTNU i Trondheim forsker på hvordan trær overlever vinter og lave temperaturer. – De sterke rødfargene i antocyaninene blir ofte omtalt som solfaktor for plantene. Men min erfaring er at de produseres sent på sommeren, sannsynligvis på grunn av stress, slik som tørke eller mye sollys. I mange arter dukker de dessuten opp på undersiden av bladene, mens det er på oversiden en eventuell solbeskyttelse ville hatt virkning, forklarer Strimbeck. Noen ganger fører næringsmangel til synlige fargeforandringer på bladene. – Mangel på fosfor gir alltid rødfarge på undersiden av bladet, forteller Strimbeck.



Antocyaninene, som det er veldig mye av i blåbær, er også antioksidanter, og de kalles ofte for plantenes solbeskyttelse.

Foto: Dan Aamlid, NIBIO



Rødfargen som mange blader smykker seg med om høsten, ikke minst når nettene er kalde og klare, forårsakes av antocyanin. Antocyanin varierer i farge fra rødt til blått, litt avhengig av pH og andre faktorer. Foto: Dan Aamlid, NIBIO

Evig grønn krever gult

De trærne som ikke feller bladene eller rettere sagt nålene, hvert år kalles eviggrønne. Hos furu sitter nålene på i 2–4 år, mens gran-nåler kan sitte på i 8–10 år før de faller av. Hvordan kan det ha seg at nålene er grønne året rundt? Hvordan klarer bartrærne å beholde det grønne klorofyllet i nålene gjennom vinteren? Strimbeck forklarer at deler av svaret er de gule karotenoidene. De utgjør et system for å fange opp eller absorbere energi som er permanent skrudd på om vinteren, mens det på sommeren kan reguleres opp eller ned etter behov.

Forsker på ospebladets alderdom

Stefan Jansson er professor i plantefysiologi ved Universitetet i Umeå i Nord-Sverige, og han har viet sin forskerkarriere til studiet av fotosyntesen. De siste årene har han imidlertid også begynt å interessere seg for aldringsprosesser i trær, nærmere bestemt i osp. Mye av forskningen foregår i laboratoriet, men et enslig ospetre utenfor kontorbygningen til Umeå Plant Science Center har etter hvert blitt en favoritt. Hver høst i over ti år har nemlig forskergruppen samlet ospeblader og undersøkt hvordan ulike gener, proteiner og ikke minst fargestoffer endrer seg fra bladene er grønne og aktive i midten av september, til de dør og faller av i midten av oktober.

I tillegg til treet på campus har forskergruppen kartlagt hele genomet (den samlede arvemassen) til over 100 ulike ospetrær i hele Sverige. Resultatene fra kartleggingen viser at det er enorm variasjon mellom ulike ospetrær. Men felles for dem alle er at et «felles utviklingsprogram» slås på i bladene når høsten nærmer seg. Og at det sannsynligvis skjer for å resirkulere og ta vare på nitrogen og fosfor.

De gulfargede karotenoidene spiller en viktig rolle i å beskytte ospebladet mot oksygen under aldringsprosessen, når klorofyllmolekylene brytes ned. – Man kan ha karotenoider i bladet uten at klorofyll er til stede. Men ikke motsatt – det er ikke klorofyll uten at det samtidig er karotenoider, forklarer Jansson.

Når det gjelder rødfargen på ospebladene, viser Umeå-gruppens studier at den bare oppstår etter at aldringsprogrammet er skrudd på. – Osp eldes alltid samtidig, mens andre arter, slik som for eksempel lønn, kan ha mer lokal variasjon, forteller Jansson.

Gule blader i juli

Halvor Solheim er seniorforsker og soppeksperter ved NIBIO, tidligere Norsk institutt for skog og landskap på Ås. Han forsker på hvordan ulike arter og stadier av sopper kan gjøre skade på trær. En sommer la han merke til at det var mange observasjoner av gule trær, særlig bjørketrær, selv midt på sommeren. – Årsaken var ikke en tidlig høst, men varme og tørkestress. Soppsykdommer kan også gi gule blader på bjørketrær særlig i høyereliggende strøk, forklarer Solheim. – Da er det som regel soppen bjørkerust som er årsaken til de gule bladene. Det finnes rustsopper på osp og selje også, men de mest iøynefallende gule bladene er nok forårsaket av bjørkerustsoppen. I fjor sommer var den veldig synlig, og vi fikk mange innrapporterte observasjoner, spesielt fra nordlige deler av Hedmark og Oppland, og i Trøndelag, for eksempel på Oppdal, forteller han.

Solheim forklarer hvordan det kan virke som om rustsoppen forårsaker noe av de samme reaksjoner som når bladene eldes og dør på høsten. Gradvis mister bladene grønnfargen, blir gule og til slutt faller de av.

Det er med andre ord flere grunner til at de grønne bladene får andre farger, selv på sommeren og tidlig høst. Det skyldes både at bladene eldes og dør og at de angripes av sopp.



En forklaring på at klorofyllet brytes ned og bladene blir gule på høsten er at bladene skal beskytte seg mot overbelastning av solenergi – ikke som solkrem, men mer som en støtdemper som tar opp overskuddsenergi som ellers ville gitt skadelige oksygenradikaler. Foto: Dan Aamlid, NIBIO

FOTOSYNTESE



Fra foton til karbon

Fotosyntesens historie startet da noen bitte små organismer begynte å fange lyset for å lage sukker, og heldigvis for oss var oksygen et biprodukt. I dag er det planktonalgene som står for halvparten av primærproduksjonen på jorda.

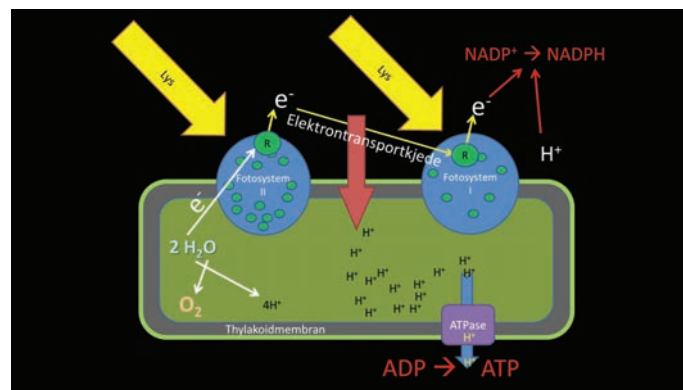
Hva er egentlig fotosyntese?

Fotosyntesen er prosessen hvor alger og planter omdanner karbondioksid, CO_2 , fra omgivelsene til sukker ved hjelp av lysenergi og vann. Ordet fotosyntese betyr faktisk å «sette sammen ved hjelp av lys». Organismer som driver fotosyntese, kaller vi for *fotoautotrofe*, som betyr at de lager sin egen mat.

De første organismene som drev fotosyntese oppsto trolig for mellom 3,5 og 2,5 milliarder år siden. Dette var primitive organismer i havet som liknet på det vi i dag kjenner som blågrønnalger, blågrønnbakterier eller cyanobakterier. Det høres kanskje uvirkelig ut, men på sett og vis lever disse encellede «ur-autotrofe» videre i alle nålevende alger og planter. I følge endosymbioseteorien oppsto nemlig kloroplasten – organellen hvor fotosyntesen foregår – ved at en encellet eukaryot organisme «slukket» en cyanobakterie og inngikk et biologisk samliv med den. Denne teorien ble fremsatt av Lynn Margulis i 1967 og er i dag allment akseptert blant biologer. Cyanobakterien levde videre inni den eukaryote cellen slik at denne cellen fikk evne til å drive fotosyntese. Et av flere sterke bevis for endosymbioseteorien er at alle kloroplaster i dag har sitt eget sirkulære DNA-molekyl. Dette er atskilt fra DNAet i kjernen og likner på det DNAet vi finner hos cyanobakterier. Fenomenet har skjedd flere ganger opp gjennom historien og har gitt opphav til mange ulike grupper av alger. En av disse gruppene var grønnalgene, som landplantene utviklet seg fra for rundt 450 millioner år siden.

Alle fotoautotrofe organismer, enten det er encellede alger, tang og tare eller bartrær, trenger de samme grunnleggende ressursene for å drive fotosyntese. Disse er lys, CO_2 , vann og uorganiske

næringsstoffer. For å forstå funksjonen til disse ressursene må vi se nærmere på selve fotosynteseprosessen, som vi deler inn i lysreaksjonen og mørkereaksjonen. Vi skal her se nærmere på lysreaksjonen, som foregår i membransekker inne i kloroplastene (se figuren under).



Skjematisk tegning av lysreaksjonen. Den grønne boksen representerer en membransekk inni kloroplasten. I membranen sitter antennenpigmenter – tegnet som små grønne prikker – og reaksjonscenterene (R) samlet i fotosystem II og I. Lys absorberes av antennenpigmentene i fotosystem II og I, som sender lysenergien videre til reaksjonscenterne hvor et elektron i klorofyll a eksiteres.

Visste du at ...

- noen autotrofe organismer bruker f. eks. hydrogen-sulfid (H_2S) i stedet for vann til fotosyntesen?



FOTOSYNTESE

Hva skjer i lysreaksjonen?

I membranene inni kloroplastene sitter det mange pigmenter som absorberer lys. Pigmentene deles grovt sett inn i karotenoider og klorofyller. Blant karotenoidene finner vi bl.a. betakaroten som gir gulroten oransje farge, og lykopen som gir tomater rød farge. De har som funksjon både å absorbere lys til fotosyntesen (de er «lyshøstende») og å beskytte individet mot overflødig lys (de er «lysbeskyttende»). Klorofyllene derimot, er bare lyshøstende. Blant disse er det mest kjente pigmentet klorofyll *a*, som er til stede i alle alger og planter, og også i cyanobakteriene.



Betakaroten i gulrøtter og lykopen i tomater er eksempler på karotenoider. Illustrasjonsfoto: colourbox.com

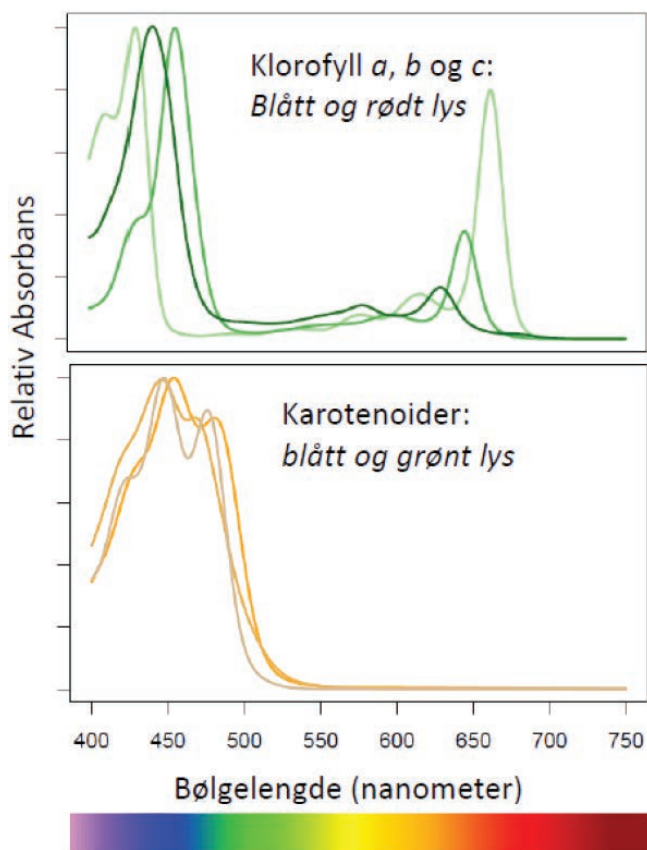
De fleste pigmentene i en kloroplast er «antennepigmenter», det vil si at de absorberer lys, men sender lysenergien videre – fra pigmentmolekyl til pigmentmolekyl – til den til slutt ender opp i såkalte reaksjonssentere. Reaksjonssentrene, sammen med sine respektive antennepigmenter, er samlet i to «klynger» kalt fotosystem I og II. Fotosystem II kan sammenliknes med en trakt. Vi kan se for oss at antennepigmentene representerer den store åpningen på trakten hvor lyset fanges opp. Den absorberte lysenergien flommer så via trakten og ut den smale åpningen, som representeres av reaksjonssenteret. Reaksjonssenteret mottar altså en jevn strøm av absorbert lysenergi fra antennepigmentene. I hvert reaksjonssenter sitter det et spesielt klorofyll *a*-molekyl. Den absorberte lysenergien får et elektron i dette klorofyllet til å hoppe opp i en høyere energitilstand, det eksiteres. Det eksiterte elektronet kan så fanges opp av en elektronakseptor, og vandre nedover en elektrontransportkjede før det når fotosystem I. I denne prosessen transporteres H^+ -ioner inn i membransekken slik at det blir mange H^+ -ioner – protoner – inni membransekken og få utenfor. Denne elektrokjemiske *protongradienten* utnyttes til å omdanne ADP (adenosindifosfat) til det energirike molekylet ATP (adenosintrifosfat).

I fotosyntesen transporteres elektroner fra vann til organisk karbon ved hjelp av klorofyll *a*, elektrontransportproteiner og NADPH. Oksygenet som dannes under splittingen av vann er faktisk et rent biprodukt som organismen ikke selv trenger. Derimot har oksygen hatt enorme konsekvenser for livet ellers på jorda. På tiden da fotosyntesen utviklet seg – for minst 2,5 milliarder år siden – var det ikke oksygen i atmosfæren, så de første autotrofe organismene var anaerobe, det vil si at de hadde en metabolisme som ikke krevde oksygen, faktisk var oksygen giftig for dem. Oksygenet fra de encellede fotoautotrofe organismene som levde og vokste i havet, spredte seg etter hvert ut i atmosfæren. Der hopet det seg gradvis opp og la grunnlaget for utviklingen av organismer som trenger oksygen. Plantene begynte å dukke opp på land for ca. 450 millioner år siden, og det bidro til videre oksygenproduksjon. I dag ligger atmosfærens oksygeninnhold på ca. 21 %, men det har tidligere vært oppe i hele 35 %.

Hvilket lys brukes i fotosyntesen?

Fotosyntesen omdanner sollys til kjemisk energi som algene og plantene kan bruke selv, og som de benytter til å bygge sin egen biomasse. De er dermed primærprodusenter og produserer den biomassen som alle andre organismer på jorda – med unntak av enkelte bakterier – er avhengige av for å leve og vokse. Vi skulle kanskje tro at fotoautotrofene kunne utnytte hele solspekteret til dette formålet, men det er ikke tilfellet. Solspekteret, altså fordelingen av de ulike typene elektromagnetisk stråling fra sola, inneholder både synlig lys, ultrafiolett lys (UV) og infrarødt lys (IR). UV-lyset har kort bølgelengde og høy energi, faktisk så høy energi at det kan ødelegge kjemiske bindinger og skade organismen. Dette lyset utnyttes derfor ikke i noe særlig grad til fotosyntese. Infrarødt lys har relativt lang bølgelengde og lav energi. Energien er for lav til å kunne eksitere elektroner i klorofyll til et høyere energinivå og kan derfor ikke brukes til fotosyntese. Det synlige lyset derimot, har en bølgelengde som ligger mellom UV og IR. Det inneholder akkurat passe mengde energi til å eksitere klorofyll *a*, men ikke så mye at det blir skadelig. Det er altså dette lyset som utnyttes til fotosyntese, men ikke alt dette lyset utnyttes like effektivt (se figur på neste side). Klorofyllene absorberer mest blått og rødt lys, men lite grønt. Karotenoidene absorberer mest blått og blågrønt lys. Dette er årsaken til at de fleste alger og planter ser grønne ut; de fanger det blå og røde lyset og lar det grønne slippe gjennom eller reflekteres.

FOTOSYNTESE



Absorpsjonsspektrer for tre ulike klorofyller (øverst) og tre ulike karotenoider (nederst). Verdien på y-aksen sier noe om hvor effektivt lyset på en gitt bølgelengde absorberes av pigmentet. Klorofyllene har absorpsjonstopper i den blå og røde delen av spekteret, mens karotenoidene absorberer sterkest i den blå og blågrønne delen av spekteret. De fleste pigmentene absorberer lite i den grønne og gule delen av spekteret.

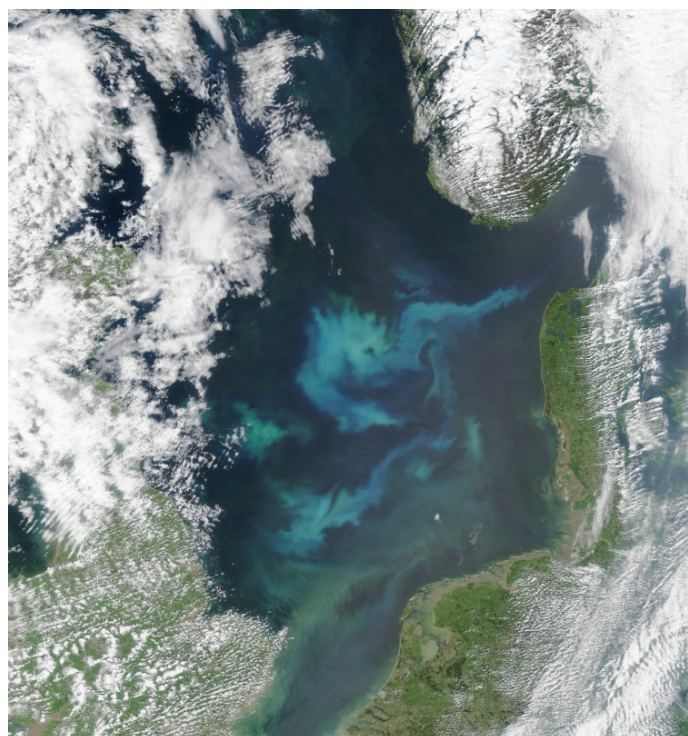
Lys kan skade

Dersom alger eller planter utsettes for mye lys for lenge, kan det øke dannelsen av frie radikaler, som reaktivt oksygen. Dette er skadelig for cellenes fotosyntese. Heldigvis er fotosyntetiserende organismer svært gode til å tilpasse seg til mengden lys. For eksempel kan de raskt nedregulere pigmentmengden i cellene for å redusere mengden absorbert lys. Denne prosessen kan også gå

andre veien – de kan oppregulere konsentrasjonen dersom de får for lite lys. Det er også forskjeller mellom ulike plantearter når det gjelder pigmentmengden, noe vi enkelt kan observere hvis vi studerer forskjellen i «grønnhet» mellom skyggeplanter og planter som er tilpasset mye lys. En annen måte organismene kan tilpasse seg lysforhold på er å omorganisere kloroplastene. Ti kloroplaster som er stablet under hverandre vil absorbere mindre lys per areal enn ti kloroplaster som er spredt jevnt utover i cellen.

Fjernmåling av alger og planter

Algene og plantenes selektive lysabsorpsjon gjør at de ganske enkelt kan observeres og kvantifiseres ved hjelp av fjernmåling. Fjernmåling utføres av sensorer på satellitter som måler lyset som reflekteres tilbake til atmosfæren fra hav eller land. Lyset avhenger



Algeoppblomstringer i Nordsjøen sett fra satellitt. Det blågrønne området i senter av bildet er oppblomstring av en kalkflagellat (*Emiliania huxleyi*), mens de grønne områdene nedenfor skyldes en annen type planktonalger, trolig kiselalger. Se også bildet på forsida av dette bladet. Foto: NASA

FOTOSYNTESE



Oppblomstring av dinoflagellater (en type planktonalger) utenfor kysten av California, USA. Her skyldes rødfargen det lyshøstende karotenoidet peridinin.

av hva som reflekterte det i utgangspunktet; for eksempel vil en alge reflektere mest grønt lys, fordi det blå og røde ble absorbert. Rent vann vil derimot reflektere mest blått lys, og reflektert lys fra vann kan dermed skilles fra reflektert lys fra alger. Slik fjernmåling er svært nyttig hvis vi ønsker å si noe om den globale primærproduksjonen, fordi satellitter kan sveipe over enorme områder – både i havet og på land – på relativt kort tid.

Overslag på autotrof biomasse og primærproduksjon ved hjelp av satellittbilder er viktige for å lage klimamodeller og modeller for hvor mye vi kan høste av for eksempel fiskebestander i havet. Den globale netto primærproduksjonen er trolig rundt 105 milliarder tonn karbon per år. Denne produksjonen er fordelt omtrent 50/50 mellom planktonalger i havet og planter på land, kanskje noe uventet siden biomassen av landplanter er enormt mye større enn algenes. Biomassen av planktonalger er ca. én milliard tonn karbon, som er ca. 1/50 av den totale biomassen de produserer hvert år. Dette betyr at planteplanktonbiomassen i havet fornyes omtrent en gang per uke – i stor kontrast til de enorme biomassene av skog, som gjerne bruker en menneskealder på å fornyes. Planktonalgene er spesielt viktige i et klimaperspektiv fordi deler av planktonbiomassen synker ned i dyphavet og dermed bidrar til at CO₂ fjernes fra atmosfæren i lengre tid. Uten denne effekten, som kalles den biologiske karbonpumpen, ville CO₂-nivået i atmosfæren være høyere enn det er i dag.

Visste du at ...

... ikke alle alger er grønne? Noen er brune, blågrønne, eller til og med røde.

På fjellet kan vi noen ganger oppleve snø med røde flekker, et fenomen som gjerne kalles for «**rød snø**» (se bilde under). Dette er den encellede grønnalgen *Chlamydomonas nivalis*, som inneholder store mengder av pigmentet astaxanthin – et karotenoid. Dette pigmentet absorberer sterkt blått og grønt lys, som gjør at algen ser rød ut, og er trolig en mekanisme for å beskytte seg mot potensielt skadelig høyfjellssol. Astaxanthin er faktisk pigmentet som også farger kjøttet på laksefisk rødt.

Et annet fargerikt fenomen er såkalte «**red tides**» (se bilde til venstre). Når havvann noen steder farges mursteinsrødt, skyldes det ofte oppblomstring av dinoflagellater – en type planktonalger. Disse algene har et spesielt karotenoid-pigment (peridinin) som sitt viktigste lyshøstende pigment. Det absorberer hovedsakelig blått og grønt lys, og lar det røde reflekteres tilbake mot oss som ser på.



Ansamlinger av den encellede grønnalgen *Chlamydomonas nivalis* («rød snø»). Rødfargen skyldes karotenoidet astaxanthin som beskytter cellene mot kortbølget sollys.

Foto: Will Beback, CC BY-SA 3.0

FOTOSYNTESE



Fotosynteseforsøk: Hva fungerer?

Det er vanlig å gjøre fotosynteseforsøk i biologi 2. Men resultatene blir ikke alltid slik vi ønsker. I denne artikkelen får du noen tips om hvordan fotosynteseforsøk kan gjennomføres i skolen.

Planter eller alger er ofte førstevalg når vi ønsker å gjøre undersøkelser av levende organismer på skolelaboratoriet. De er normalt lette å få tak i og lette å holde i live.

I programfaget biologi 2 på videregående skole skal elevene «gjøre greie for hvordan ytre faktorer virker inn på fotosyntesen». I faget er det også en forventning om at elevene har kunnskaper om, og kan gjennomføre, systematiske undersøkelser i laboratoriet. Denne kombinasjonen av læreplankrav gjør nok at mange gjennomfører fotosynteseforsøk i biologi 2.

Men, selv med vanligvis forutsigbare planter, kan vi fort havne i ubehagelige situasjoner der mye oppmerksomhet etter en laboratorieøvelse handler om å forklare «gale» resultater. Det gjelder derfor å velge robuste forsøk, slik at sannsynligheten for å oppnå gode resultater blir så stor som mulig.

Hvilke organismer er gunstige å bruke?

Akvarieplanter er generelt godt egnet som forsøksorganisme ved fotosynteseforsøk. Forsøk med vasspest (*Elodea* sp.) er presentert i mange lærebøker. Vær oppmerksom på at salg, oppbevaring og bruk av de to viltlevende vasspestarten *E. canadensis* og *E. nuttalli* er forbudt ved lov! Vasspest som selges i akvariebutikker er *Egeria densa* (benevnes også som *Elodea densa*) og lovlig å bruke. Andre egnede akvarieplanter kan være *Cabomba* sp., *Limnophila* sp. og *Hygrophila* sp. Fordelen med akvarieplanter er at de er tilgjengelige i akvariebutikker hele året. Dersom dere har anledning, kan plantene holdes i skolens akvarium til neste gang.

En gammel klassiker i lærebøkene er å bruke jod til å påvise stivelse som et indirekte mål på fotosynteseaktivitet i bladene til van-

lige landplanter. Forsøket fungerer fint, men er ikke godt egnet til en kvantitativ måling av fotosyntese. For kvantitative målinger av fotosyntese på landplanter kan forsøket som kalles spinatkonfetti på naturfag.no anbefales. I forsøket brukes spinatblader som du kan kjøpe i grønnsaksdisken på butikken hele året.

Encellede grønnalger, som *Scenedesmus quadricauda*, er også takknemlige å jobbe med. Med utgangspunkt i algestammer som kan kjøpes fra læremiddelfirmaer, kan grønnalgene dyrkes opp i store mengder i løpet av to-tre uker. Om du vil, kan selve oppdyrkingen også være en del av undervisningen ved å variere mengden plantenæring, lysmengden eller temperaturen som algene får til rådighet. Når algene først er dyrket opp, kan de med en enkel og fascinerende teknikk støpes inn i alginat. Deretter er de enkelt håndterbare i forsøkssammenheng (les mer på naturfag.no/algeballer).

Aktuelle kompetansemål

Biologi 2

Den unge biologen

- planleggje og gjennomføre undersøkingar i laboratorium frå alle hovudområda, rapportere frå arbeida med og utan digitale verktøy og peike på feilkjelder i undersøkingane

Energjomsetning

- forklare korleis lysenergi kan overførast til kjemisk bunden energi i fotosyntesen, og korleis energien blir brukt til å produsere glukose
- gjere greie for korleis ytre faktorar verkar inn på fotosyntesen

FOTOSYNTESE



Limnophila aquatica. Foto: Andreus Felipen, CC BY-SA 3.0

Hvilke ytre faktorer er egnet til å undersøke?

Hovedpoenget med fotosyntesen er at plantene omformer lysenergien til kjemisk energi i organiske molekyler. Denne energien har plantene først og fremst nytte av selv, men energien kommer også forbrukerne og nedbryterne til gode gjennom næringskjedene. I biologi 2 lærer elevene gjennom teori at noen av de viktigste ytre faktorene for fotosyntesen i planter er lysstyrke, bølgelengden på lyset, CO_2 -mengden og temperaturen.

Hvordan kan vi måle fotosyntesehastighet?

I fotosyntesen blir karbondioksid og vann omdannet til sukker og oksyngass ved hjelp av energien fra lys. Sukkeret blir i neste omgang brukt som energikilde og som råstoff til å bygge opp nye



Spinatkonfetti kan brukes til fotosynteseforsøk.

Foto: Gunvor Berge

molekyler av forskjellig slag når planten vokser. Oksygenet er et biprodukt ved prosessen, og blir sluppet ut til omgivelsene.

I skolesammenheng er opptak av karbondioksid eller produksjon av oksygen de mest aktuelle mål på fotosynteseaktivitet i plantene. Økning i plantens biomasse eller vekst kan også være relevante mål på plantens aktivitet, men ettersom dette tar lang tid, er nok disse mindre brukt i skolesammenheng.

Måling av oksygenproduksjon

Det mest aktuelle målet på fotosyntese er oksygenproduksjon i vannplanter. Med vanlig laboratorieutstyr som begerglass, trakt

FOTOSYNTESE

og reagensglass kan elevene enkelt rigge til gassoppsamling (se bildet under til venstre). I løpet av et par døgn vil plantene produsere målbare mengder med oksygen-gass.

En enda enklere og raskere metode er å telle gassbobler som slipper ut fra stengelen til en akvarieplante (se bildet under til høyre). Med denne metoden kan elevene gjennomføre målinger i løpet av minutter.



Til venstre: Gassoppsamling ved hjelp av begerglass, trakt og reagensglass. Til høyre: Telling av gassbobler som slipper ut av stengelen.

Måling av karbondioksidforbruk

Karbondioksid reagerer med vann og danner karbonsyre (kullsyre). Jo mer karbondioksid som er løst i vann, jo surere er løsningen. Den vanligste metoden for å måle endring i CO_2 -mengde i vann skjer indirekte ved å måle pH i vannet der plantene befinner seg.

Når plantene forbruker karbondioksid ved fotosyntesen, avtar mengden karbonsyre og dermed stiger pH. Endringer i løsningens surhet kan vi måle med pH-meter eller ved å bruke følsomme hydrogenkarbonat-indikatorer.

Noen konkrete erfaringer og tips

Ved fotosynteseforsøk ønsker vi gjerne å undersøke betydningen av en eller flere ytre faktorer, som lysstyrke, bølgelengden på lyset, karbondioksidkonsentrasjon eller temperatur. Selv med godt egnede alger eller planter er det en god del mulige fallgruver vi bør ta hensyn til før vi setter i gang forsøket om vi skal få best mulig resultater.

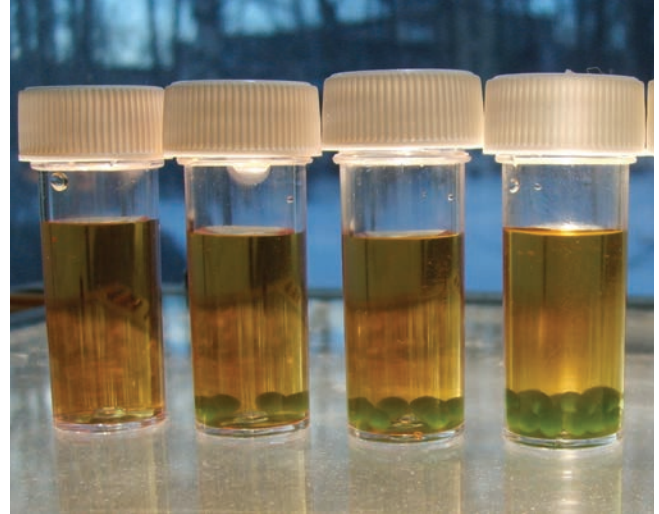
Lyskilde

- Mange alger og vannplanter er tilpasset liv i svakt lys. Ved fotosynteseforsøk kan vi oppleve at det er vanskelig å bestemme lysmetningsstyrken rett og slett fordi vi tilfører plantene for mye lys.
- Lyskilder avgir ofte mye varmeenergi i tillegg til lys. Dette kan lett føre til en oppvarming av «forsøksvannet».
- Når vi undersøker effekten av lysstyrke, varierer vi gjerne avstanden mellom lyskilde og planta. I så fall vil oppvarmingen også variere mellom prøvene.
- I butikken finnes det nå uoversiktlig mange lyspærer. Vi kan med fordel velge pærer som gir hvitt lys; en blanding av alle bølgelengder.
- Anbefaling: Kompakte, fluoriserende pærer (10–20 W). Disse pærene gir brukbar lysintensitet og avgir lite varme.
- Gratis lysmålerapper kan lastes ned på telefonen. De fleste av disse er luxmålere. De gir enkelt en indikasjon om lysmengden (egentlig belyningsstyrke), men gir ikke absolutte verdier av fotosyntetisk aktivt lys.
- Mange akvarieplanter gir brukbare resultater i området fra 10 000 til 1000 lux når vi undersøker belyningsstyrkens betydning for fotosyntesen.
- Skal vi undersøke effekten av andre ytre faktorer enn belyningsstyrken, kan det være passe med en fast lysmengde på om lag 5000 lux.

Lysfarge

Det er ikke lett å gjøre forsøk der vi får fram resultater som demonstrer absorpsjonsspekteret til klorofyll a, eller aksjonsspekteret til en plante. Årsaken til dette er at lyskilder av ulike farger eller

FOTOSYNTESE



Fra venstre: Dyrking av grønnalger, støping av algeballer og undersøkelse av effekten av antall algeballer. Se naturfag.no/algeballer.

fargefiltre som kan plasseres foran en lyskilde, som oftest ikke er monokromatiske. De gir planten lys med mange forskjellige bølgelengder. Dessuten slipper de gjennom ulik mengde lys slik at intensiteten varierer i tillegg til bølgelengden. Ved forsøk av denne typen må du være forberedt på en diskusjon om hvorfor resultatene avviker fra forventningene.

Temperatur

- Skal vi sjekke temperaturens innvirkning på fotosyntesen, kan vi med fordel legge de fleste målepunktene i toleranseområdet for planten vi bruker. Temperaturtoleransen til akvarieplanter er vanligvis angitt på informasjonen som følger med planten. Går dere ut over toleranseområdet, er det lurt å ligge rett over, eller rett under.
- For å få raskest mulig fotosyntese bør temperaturen holdes i øvre del av toleranseområdet.
- *Scenedesmus quadricauda* trives og vokser godt ved romtemperatur.
- Det kan være en utfordring å holde temperaturen konstant ved fotosynteseforsøk. Temperaturøkning i forsøksglasset kan reduseres ved å plassere et beger eller kar med kaldt vann mellom lyskilden og planten. En annen mulighet for å redusere problemet er å bruke stort vannvolum og korte måleintervaller, som for eksempel ved telling av oksygenbobler fra stengelen til akvarieplanter i ett minutt.

Karbondioksidmengde

- Akvarieplantene trenger CO_2 i vannet for å drive fotosyntese. Vi kan tilføre forsøksvannet karbondioksid ved å tilsette litt natriumhydrogenkarbonat, som vi kanskje finner i skolen kjemikalieskap. Natron og bakepulver kjøpt på butikken inneholder også NaHCO_3 . Vær oppmerksom på at bakepulver også inneholder litt stivelse, og dermed vil gjøre vannet litt grumsete.
- Vil dere undersøke effekten av karbondioksidmengden i vannet, er det greit å starte med nylig kokt, avkjølt vann, der karbondioksid er boblet ut. Bruk dette vannet for å lage en serie med ulike karbondioksidkonsentrasjoner.
- Det er ikke mulig å undersøke karbondioksidmengdens betydning for fotosyntese med forsøksoppsett som baserer seg på endring i pH. Årsaken er at karbondioksid reagerer med vann og danner karbonsyre som i seg selv vil forandre pH i løsningsen.

Fotosynteseforsøk med alger eller planter gir mulighet for å drive systematiske undersøkelser på laboratoriet. Med noe tilpasning av biologisk materiale og utstyr ligger alt til rette for å få gode, illustrerende resultater. Gjennom styrte forsøk får elevene metodekunnskap som de kan anvende ved planlegging og gjennomføring av mer åpne undersøkelser.



FOTOSYNTESE

Viten-programmet Fotosyntese

Fotosyntese er eit vanskeleg tema for mange elevar. Visualiseringar og animasjonar kan derfor gjere det enklare for elevane å forstå kva som skjer. På viten.no finn du eit nettbasert undervisningsopplegg for programfaget biologi med animasjonar og interaktive oppgåver. Vi har også eit Viten-objekt for ungdomstrinnet.

Kloroplast

kloroplast

lumen

tylakoidmembran

stroma

granum

Fotosyntesen foregår i kloroplastene. Lysreaksjonen foregår i tylakoidmembranen og Calvin-syklusen foregår i stroma.

1 2 3 4 5 6

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / Ukt / Share

Dannelse av ATP

lumen

stroma

ATP

Dannelse av ATP

ATP-syntase er et proteinkompleks (enzym) i tylakoidmembranen.

Tre faktorer i lysreaksjonen er med på å danne en konsentrasjonsforskjell av H^+ (protongradient) over membranene:

- H^+ blir transportert fra stroma til lumen
- H_2O blir spaltet til $2H^+$, $1/2O_2$ og $2e^-$ i lumen
- NADPH blir dannet fra NADP og H^+ i stroma

På grunn av protongradienten, diffunderer H^+ ut gjennom ATP-syntase i membranene og gjør at ATP-syntase kan katalysere dannelsen av ATP. Minst $3H^+$ må diffundere igjennom ATP-syntase, for å danne 1 ATP fra $ADP + P$.

1 2 3 4 5 6

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / Ukt / Share

stroma

lumen

FS2

FS1

elektron-transportkjede

elektron-transportkjede

ATP-syntase

ADP P

tylakoidmembran

Lysreaksjonen

I lysreaksjonen blir lysenergi brukt til å omdanne ADP til ATP og redusere $NADP^+$ til $NADPH + H^+$. H_2O blir spaltet, og O_2 dannet. Animasjonen viser bare ett elektron om gangen. I virkeligheten skjer dette kontinuerlig når det er lys.

1 2 3 4 5 6

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / Ukt / Share

Viten-programmet Fotosyntese

På nynorsk: viten.no/fotosyntese/nynorsk
På bokmål: viten.no/fotosyntese



FOTOSYNTESE

Programmet består av følgende delar:

- fotosyntese: lysreaksjon og Calvin-syklus (syntesedelen)
- C3-, C4- og CAM-planter
- spalteopningar

I programmet finn du animasjonar som viser korleis kloroplasten er bygd opp, kva som skjer i lysreaksjonen, Calvin-syklusen og korleis C3, C4 og CAM-planter har ulike måtar å binde CO₂ på. Programmet har òg ein videosnutt som viser korleis det å blåse opp to ballongar kan vere ein modell på spalteopningane. Undervegs i programmet er det oppgåver som er laga med utgangspunkt i gamle 3Bi-oppgåver. Programmet er relativt kort. Lærarrettleiing finn du inne i programmet når du er logga inn som lærar.

Aktuelle kompetansemål

Biologi 1

Funksjon og tilpassing

- forklare korleis opptak og transport av vatn og oppløyste stoff skjer hos planter, og diskutere kva slag tilpassing planter kan ha til ulike levevilkår

Biologi 2

Den unge biologen

- bruke animasjonar og simuleringsprogram til å vise fenomen og biologiske samanhengar

Energiomsetning

- forklare korleis lysenergi kan overførast til kjemisk bunden energi i fotosyntesen, og korleis energien blir brukt til å produsere glukose
- gjere greie for korleis ytre faktorar verkar inn på fotosyntesen



viten.no tilbyr gratis nettbaserte undervisningsopplegg i naturfag. For å lagre svar og kommentarar må elevar og lærarar registrere seg. Det er også mogleg å bruke enkelt-element frå opplegga.

Grunnleggande om fotosyntesen

På viten.no finn du også eit eige objekt med tekst, animasjonar og interaktive oppgåver som tek for seg fotosyntesen på eit grunnleggande nivå. Dette objektet er henta frå Viten-programmet Planter i rommet (viten.no/planter-i-rommet (BM), viten.no/plantar-i-rommet (NN)) der elevane får bryne seg på korleis planter kan bli dyrka i verdsrommet for å forsyne astronautane med mat på romferder. Elevane skal bygge vekstammer til eit romfartøy og designe ein romplante. På veggen lærer dei om fotosyntese, celleanding, formeiring hos planter og romfart.

Aktuelle kompetansemål

Etter 10. årstrinn

Mangfold i naturen

- beskrive oppbyggingen av dyre- og planteceller og forklare hovedtrekkene i fotosyntese og celleånding

Fotosyntesen: Verdens viktigste prosess Nasjonalt senter for naturfag i opplæringsvesen

SIDOVERSIKT

1	Verdens viktigste prosess
2	Flytt stikkordene i riktig boks
3	Fotosyntesen – trinn for trinn
4	Planter lager sin egen næring

Fotosyntese

– verdens viktigste prosess

Alle levende organismer må skaffe seg energi og byggemateriale for å vokse og leve. Mens vi spiser for å skaffe oss energirike stoffer, klarer plantene å skaffe dette på en helt annerledes og unik måte. De har fotosyntese!

VITEN Om ressursen
Om rettigheter
Gi tilbakemelding
<- Embed / URI / Share

Viten-objektet om fotosyntesen

På nynorsk: viten.no/?fotosyntese_grunnleggende_nn

På bokmål: viten.no/?fotosyntese_grunnleggende

NORDLYS



Varsling av nordlys – noe for klasserommet?

Partikler fra sola gir oss et av de mest fantastiske naturfenomener vi kan observere på natten: nordlyset. Hvordan er det mulig å varsle dette vakre skue, og hvordan kan vi legge opp til en spennende og lærerik klasseromsaktivitet om nordlys?



Nordlys sett fra Saltstraumen, september 2015. Foto: Synne Marie Solstad Tømmerberg

De aller fleste har hørt om nordlys. Veldig mange har hørt om solflekker. Og det er slett ikke få som har hørt at antallet av disse solflekkenes varierer i tid. Selv om vi tror at sammenhengen ikke er helt klar for folk flest, så er uttrykket solaktivitet nevnt i media med jevne mellomrom. I sammenheng med dette er det ofte snakk om solstormer som har potensiale til å ødelegge satellitter eller å føre til strømbrudd her på jorda. Kraftige solvinder påvirker og kan også ødelegge elektroniske apparater som vi bruker her på jorda. Astronauter og kosmonauter må i hvert fall passe seg for effektene av den såkalte solvinden. Derfor har nordlysvarsling blitt viktig.

Solaktivitet er knyttet til solas magnetfelt. Det oppfører seg nokså forskjellig fra jordas magnetfelt. Mens jordas magnetfelt varierer meget langsomt med tiden, er solas magnetfelt under konstant forandring. Dette skyldes i all hovedsak at sola består av ionisert gasser. Dette fører til at sola bruker 25 dager på å rotere én gang rundt sin egen akse ved ekvator, mens den bruker opptil 35 dager på en rotasjon ved polene. Denne forskjellen i rotasjonshastighet fører til at magnetfeltet vikler seg inn i seg selv etter hvert. Det oppstår sløyfer av solmateriale som følger med magnetfeltlinjene utover i den synlige overflaten til sola (fotosfæren). Det er forholdsvis enkelt å se stedene dette skjer. Disse stedene kalles for solflekker.

Solflekker og solvind

Solflekker er mørke regioner i solas fotosfære som ofte har større diameter enn jorda. Flekkene ser mørke ut fordi de stråler ut mindre energi enn resten av fotosfæren. En stor solflekk kan ha en temperatur på rundt 4000 °C. Dette er omtrent 2000 °C lavere enn resten av fotosfæren har. Bildet under viser hvordan solflek-kantallet har endret seg per år. Svingningene gjengir solas akti-

Mer informasjon om sola og solvinden finner du på www.sarepta.org/folder.php?aid=62.

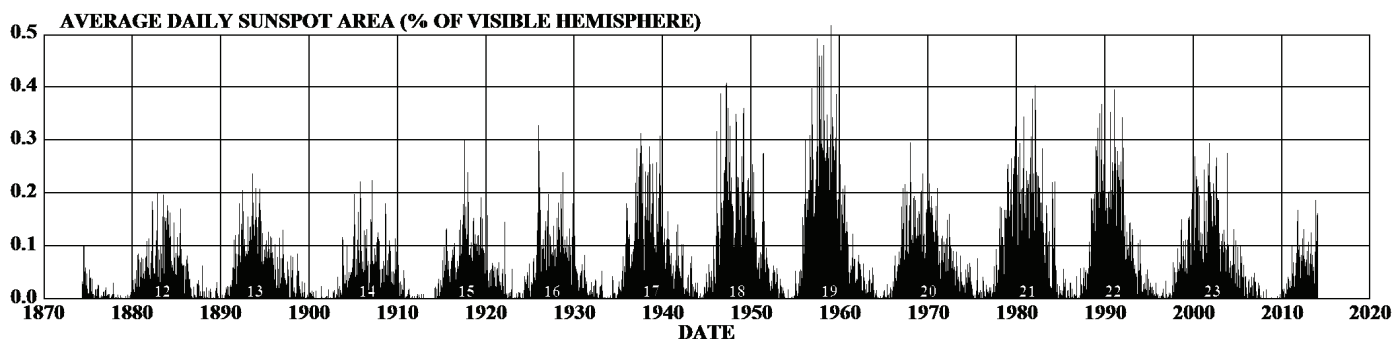
vitetsyklus eller solsyklus. Vi ser her at solsyklusen ikke er helt regelmessig, og at det er endring fra gang til gang i intensiteten av et solmaksimum. I tillegg kan det ta 10–13 år for solflekktallet å svinge fram og tilbake.

Hvis innviklingen i magnetfeltet ved solflekkenes blir for stor, så blir sløyfen brutt og partikler (elektroner og ioner) kastes ut i verdensrommet. Når dette skjer, får vi en solstorm. Det er ikke bare ved en solstorm at sola kaster ut materiale. Solvinden er alltid til stede og den frakter også materialer fra sola.

Og så, hvis partiklene fra sola treffer jordas magnetfelt, kan nordlys oppstå. Varsling av nordlys bygger på observasjoner og måling av solvinden.

Bak nordlysvarsel – Advanced Composition Explorer

I dag finnes det en hel rekke nordlysvarslingstjenester på nettet som fungerer veldig godt. Hovedverktøyet til disse tjenestene er ACE-satellitten (Advanced Composition Explorer). ACE-satellitten er en amerikansk satellitt som har som hovedformål å måle solvinden. Den er plassert i bane rundt et punkt mellom jorda og sola. Punktet ligger ca. 240 jordradier eller 1,5 mill. km fra jorda og er et av fem punkter hvor tyngdekraftene fra jorda og sola og sentripetalkraften oppveier hverandre. Dermed kan et romfartøy holde seg her med minimal bruk av drivstoff. Dette punktet kalles



Figuren viser tydelig hvordan intensiteten for hver solmaksimum varierer. Kilde: NASA

NORDLYS

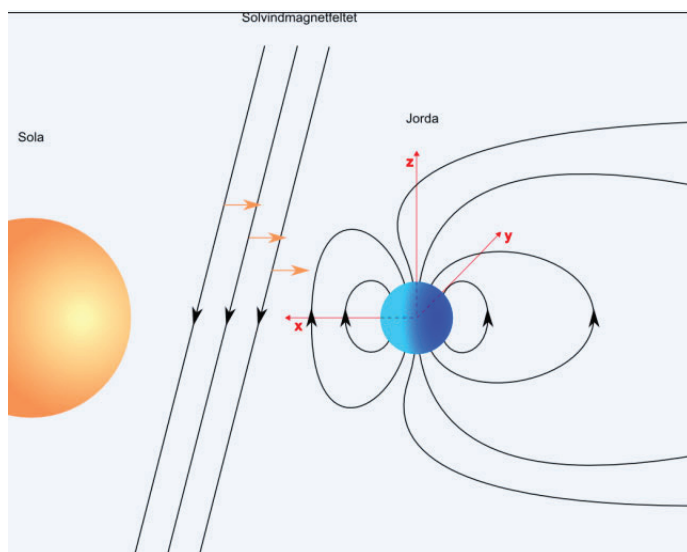
Lagrangepunktet. Satellitten måler ulike parametere i solvinden. Parametere i solvinden som brukes for å lage et nordlysvarsel er:

- magnetfeltet
- partikkeltettheten
- partikkelhastigheten
- temperaturen

Hva måler ACE-satellitten?

ACE måler magnetfeltet i tre forskjellige retninger og oppgir målingene i et koordinatsystem som heter GSM (Geocentric Solar Magnetospheric). Dette koordinatsystemet har nullpunktet i midten av jorda, x-aksen peker rett mot sola, z-aksen peker nordover og ligger langs den magnetiske aksen til jorda, mens y-aksen peker til siden for jorda slik at det er 90° mellom alle aksene.

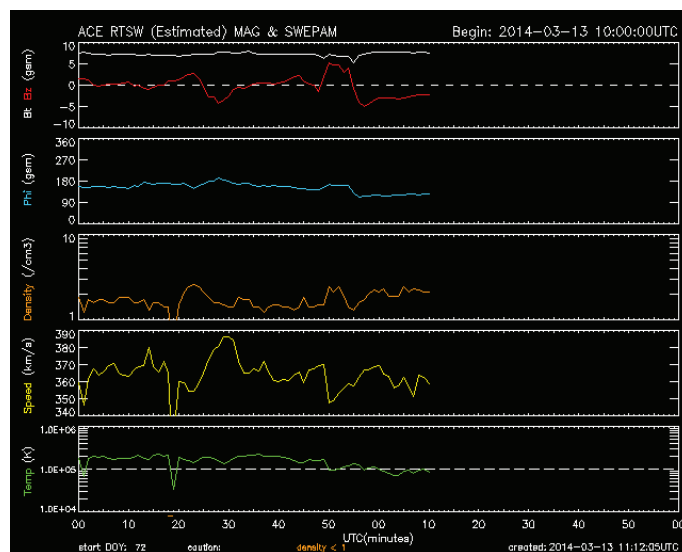
Bildet under viser jorda og sola med GSM-koordinatsystemet tegnet inn med rødt. X-aksen peker mot sola, og z-aksen peker nordover. De svarte linjene representerer et tverrsnittbilde av jordas magnetfelt og magnetfeltet i solvinden. Vi ser at jordas magnetfelt er sammentrykt av solvinden på dagsiden (den siden som vender mot sola), mens det er strukket ut på nattsiden. Magnetfeltet i solvinden er her rettet sørover. Vi sier at B_z er negativ.



Oppstilling av solvindens og jordens magnetfelt.

Kilde: www.sarepta.org

Du finner ferske målinger fra ACE på nettstedet www.swpc.noaa.gov/products/ace-real-time-solar-wind. Når vi velger *Magnetic Field & Solar Wind Electron Proton Alpha Monitor (SWEAPM)* i høyre kolonne, kommer vi fram til det nåtidsoppdaterte plottet. Bildet under viser et eksempel på et slikt plot. Den hvite linjen i første graf viser det totale solvindmagnetfeltet. Graf nummer to viser vinkelen phi. Dette er vinkelen mellom x-aksen og komponenten av solvindmagnetfeltet i xy-planet. De tre siste grafene viser tetthet, fart og temperatur. Alle disse parametere påvirker hvor mye energi som finnes i solvinden.



Et typisk plot fra Advanced Composition Explorer (ACE).

Kilde: NASA

Dataanalyse på en enkel måte

Det viser seg at for at flest mulige partikler skal overføres fra solvinden til jordas atmosfære, er det viktig at solvindens magnetfelt peker mest mulig i negativ z-retning, dvs. sørover (som vist på bildet). Vi sier da at B_z (z-komponenten av solvindmagnetfeltet) er negativ. Når B_z er positiv, merker vi ikke så mye til solvinden her på jorda, selv om vi fortsatt kan måle forstyrrelsen i magnetfeltet. Men når den er negativ, kommer det en mengde ladde partikler fra solvinden inn i jordas magnetfelt.

Både høy tetthet, høy temperatur og høy hastighet er bra for å få mye nordlys, men det kan bli nordlys selv om ikke alle parame-



terne er veldig høye. Plutselige forandringer kan bety at noe er i ferd med å skje. Av og til kan det også komme nordlys uten at det er noen store endringer i solvinden.

Nordlysvarsling i klasserommet

Deler av de dataene som er beskrevet ovenfor, benyttes av profesjonelle nordlysvarseltjenester. Det kan også lett settes opp en klasseromsøvelse for å illustrere både solaktivitet og prosessen bak hvordan nordlys oppstår.

sdo.gsfc.nasa.gov er nettstedet til satellitten Solar Dynamic Observatory (SDO) som observerer sola. Her finner du data både i bilde- og videoform under «Data» i toppmenyen. Nettstedet eger seg ypperlig til å lære om solstråling, solas oppbygging og ikke minst dens magnetfelt og solaktivitet. Her kan dere prøve å finne fram til en dato der solflekker er synlige i fotosfæren og sammenligne data fra SDO og ACE. Er det en sammenheng med solflekkenes og solvindstyrken som ACE måler? Ved å la elevene følge med på om det faktisk var nordlys, for eksempel ved å finne data på nettste-



Skjermdump av sdo.gsfc.nasa.gov. Dette er nettstedet til satellitten Solar Dynamic Observatory (SDO) som observerer sola.

det flux.phys.uit.no/Last24, får de en forståelse for betingelsene som trengs for at nordlys skal oppstå.

Nå skal dere kunne lage deres eget nordlysvarsel gjennom å se direkte på satellittdata. Erfaringen fra vår undervisning ved Nasjonalt senter for romrelatert opplæring (NAROM) viser at ACE-plottene er noe alle kan skjønne og bruke. Satellittdata trenger verken å være kompliserte eller uforståelige.

Noen av de profesjonelle nordlysvarseltjenestene velger bare å se på energien som er knyttet til solvinden når de skal forutsi et nordlysutbrudd, og retningen til solvindens magnetfelt blir like ofte ignorert som den er tatt med i det utarbeidede varselet. Men det er enkelt å ta med retningen til solvinden i et varsel; $B_z < 0$ betyr at muligheten for nordlys er prinsipielt tilstede, $B_z > 0$ betyr det motsatte. Derfor går det an å si at et nordlysvarsel vi kan utvikle i eget klasserom, kan bli bedre og mer korrekt enn enkelte av de varslene som blir gitt via profesjonelle tjenester.

Aktuelle kompetansemål

Naturfag Vg1

Stråling og radioaktivitet

- forklare hvordan nordlys oppstår, og gi eksempler på hvordan Norge har vært og er et viktig land i forskningen på dette feltet

Se hele aktiviteten på

www.narom.no/bilder/bilde2_20150528133404.pdf

Ved Andøya Space Center kan du ta en tur til Romskipet Aurora (se romskipetaurora.no).

NORDLYS



Viten-programmet Nordlys

Viten-programmet Nordlys tek for seg korleis nordlys oppstår, kvar og når nordlys kan bli observert, og korleis Noreg har vore og er eit viktig land i forskinga på dette feltet.

Nordlys som opptrer ei stjerneklar vinternatt er eit fascinerande syn, med sitt gulgrøne fargespel og sine blafrande former som breier seg over himmelen. Nordlys har vekt interesse blant den allmenne befolkninga, kunstnarar og forskarar gjennom hundreår. Forklaringane har vore mange og segnene har floret.

Viten-programmet startar med bilete og videoar av nordlys. Det er ikkje alle elevar som har sett nordlys live. Forklaringa på korleis nordlys oppstår er like fascinerande som å sjå fenomenet sjølv. Sola sender ladde partiklar ut i verdsrommet. Partiklane blir fanga opp av magnetfeltet til jorda og styrt inn mot atmosfæren til jorda. Når dei ladde solpartiklane kolliderer med atom og molekyl i atmosfæren, oppstår mange millionar lysglimt som til saman dannar nordlys. I Viten-programmet er animasjonar eit viktig hjelpemiddel for å forklare korleis nordlys oppstår og kvar vi kan sjå nordlys. Undervegs får elevane mange oppfølgande spørsmål og interaktive oppgåver, som skal hjelpe dei med å bearbeide fagstoff og reflektere.

Programmet er bygd opp av følgande delar:

- Nordlys i form og farger
- Korleis oppstår nordlys?
- Kvar og når kan vi sjå nordlys?
- Nordlysforskning
- Kunst, myter og folketro

Lærarrettleiing finn du inne i programmet når du er logga inn som lærar.

På 200-kronesetelen er nordlys tema.



viten.no tilbyr gratis nettbaserte undervisningsopplegg i naturfag. For å lagre svar og kommentarar må elevar og lærarar registrere seg. Det er også mogleg å bruke enkelt-element frå opplegga.

NORDLYS

Hvor og når kan vi se nordlys?

Magnetfeltet og atmosfæren avgjør hvor på jorda vi kan observere nordlys. Solaktiviteten avgjør hyppigheten og intensiteten av nordlys.

SIDEOVERSIKT	
1	Introduksjon
2	Nordlys og sydlys
3	Nordlysovalen
4	Finn ut hvor ofte det er nordlys
5	Den magnetiske polen flytter seg
6	De viktigste tidsvariasjonene

Foto: Jokkmokk, Jp

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / LM / Share

Nordlysovalen

Nordlyset opptrer i en oval rundt jorda magnetiske pol og roterer rundt med denne. Sammenstøtet mellom solvinden og Jordmagnetfeltet fører til at ovalen blir presset over mot nattsiden av jorda.

Jorda roterer rundt den geografiske nordpolen og fører ulike steder under nordlysovalen til ulike tider.

På hvilken tid av døgnet ligger nordlysovalen over kysten av Troms og Finnmark? Når ligger nordlysovalen over Svalbard?

● magnetisk pol
+ geografisk nordpol
○ nordlysovalen

Animasjonen viser jorda om høsten eller våren, når dag og natt er like lange.

00:00 06:00 12:00 18:00 24:00

Slik ser nordlyset ut fra rommet
Nordlysovalen akkurat nå

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / LM / Share

Dette skjer på nattsiden

Magnetfeltet til solvinden og jorda blir koblet sammen og bretter seg rundt jorda og danner en lang hale bak nattsiden av jorda. Partiklene i solvinden strømmer i en støyfe bak jorda og kommer inn mot nattsiden av jorda.

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / LM / Share

Sett rett navn på rett bilde

bue med stråler
bånd med stråler
homogen bue
krone
stråler
homogent bånd

Vis retting
Start på nytt

Oppgavestatus:
Ikke påbegynt

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding <-> Embed / LM / Share

Aktuelt kompetansemål

Naturfag Vg1

Stråling og radioaktivitet

- beskrive hvordan nordlys oppstår, og hvordan Norge har vært og er et viktig land i forskningen på dette feltet

Viten-programmet Nordlys

viten.no/nordlys/nynorsk (nynorsk)
viten.no/nordlys (bokmål)

FARGER



Fargede skygger og blanding av farget lys

Denne artikkelen ser nærmere på blanding av lys med ulik farge og fargede skygger. Ved hjelp av lyskilder og fargefiltre kan vi gjenskape enkle varianter av fargede skygger.

Newtons oppdagelse

I 1665 skaffet Isaac Newton (1642–1726) seg et glassprisme og gjorde sitt kjente forsøk hvor han slapp en smal lysstripe inn på prismet og fikk et avlangt fargespekter på veggen. Først ble han forundret over spekterets langstrakte form, men skjønte etter hvert at dette skyldtes at det hvite lyset ble spaltet opp i sine enkelte fargekomponenter som ble ulikt avbøyd. Siden det røde lyset ble avbøyd minst og det fiolette lyset avbøyd mest, fikk spekteret den langstrakte formen. Newton hadde en forestilling om at lys var partikler med masse. De «røde» partiklene hadde størst masse og ble derfor avbøyd minst, mens de fiolette hadde minst masse og ble dermed avbøyd mest. Noe som harmonerte godt med hans mekaniske verdensbilde.

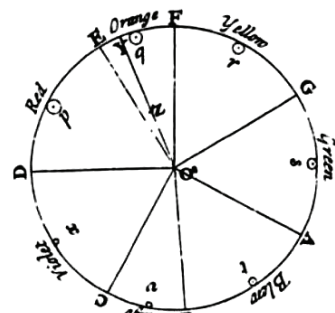


Newtons spekter, D'Agoty, 1752.

Siden sju var et hellig tall, slo han fast at spekteret inneholdt sju farger (rødt, oransje, gult, grønt, blått, indigo og fiolett). Han forsøkte også å spalte opp lyset ytterligere ved å sende én av fargene i spekteret inn på et nytt prisme for så å se hva han da fikk, men enkeltfargene lot seg ikke ytterligere spalte opp så langt han kunne se. Han kom derfor fram til at hvitt lys består av de nevnte sju fargene og at alle sju måtte være tilstede for å gi et rent hvitt lys. Med

utgangspunkt i denne kunnskapen organiserte han fargene i en fargesirkel (se figur til høyre). Han så for seg at der alle fargene møttes i midten, oppsto hvitt.

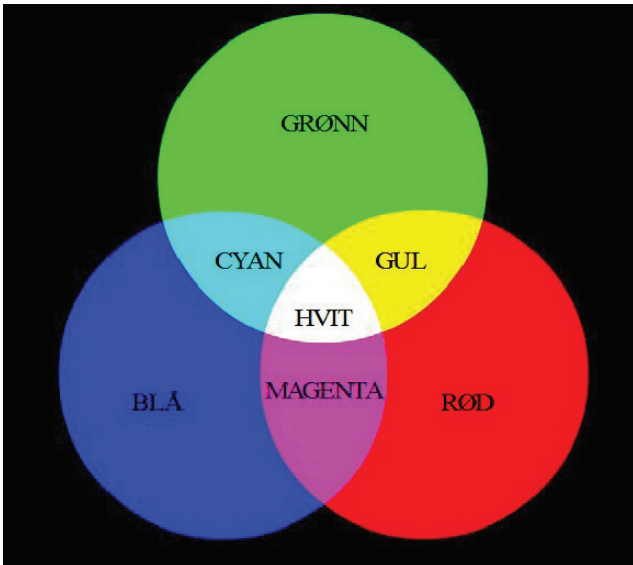
Det tok ikke lang tid etter at Newton hadde publisert sine funn i 1671, før han ble kontaktet av den nederlandske fysikeren Christian Huygens (1629–1695) som påsto at han bare trengte to farger for å få hvitt lys. Dette falt Newton tungt for hjertet, og han skrev tilbake at man aldri kunne få ordentlig hvitt lys med mindre man hadde alle sju fargene tilstede. Likevel modererte han seg noe mot slutten av livet og var ikke så skrāsikker lenger.



Newtons organisering av fargene i en fargesirkel, Newton, 1704.

Additiv fargeblanding

I dag bruker vi de tre lysfargene rød, grønn og blå for å blande oss fram til nesten alle tenkelige farger. Dette forutsetter at vi fritt kan endre intensiteten i de tre fargenes kulør (høy metning betyr at fargen har et skarpt og klart preg). Disse tre fargene kalles *primærfargene for additiv fargeblanding*, eller blanding av farget lys. Dersom vi tar en rød, en grønn og en blå lysstråle og lar disse



Overlapping av rød, grønn og blå lysstråle.

overlappe som vist på figuren over, så vil vi få tre blandingsfarger som dannes av grønt og blått, rødt og blått og rødt og grønt. Disse kalles *sekundærfargene for additiv fargeblanding* og har fått navnene *cyan*, *magenta* og *gul*. (Cyan, magenta og gul regnes som primærfargene for blanding av pigmenter (maling).) Vi legger også merke til at vi får hvitt når vi blander alle tre. Vi skal nå vise tre måter å lage additiv fargeblanding på i klasserommet.

Lykt

En del små, kraftige LED-lykter har den egenskapen at lysstrålen fra lykta kan samles i en relativt jevnt belyst lyssirkel med skarpe kanter. Normalt leverer lykta hvitt lys, men det er lett å skru av fronten og legge inn et fargefilter av den typen du for eksempel



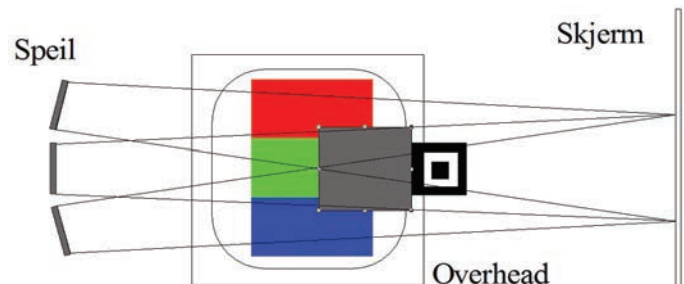
Eksempel på en kraftig LED-lykt der rødt, grønt og blått filter viser blandingsfargene.



kan kjøpe hos et læremiddelfirma. Bildet nederst til venstre viser lyset fra tre LED-lykter med henholdsvis rødt, grønt og blått filter. Bildet er tatt mot døra på en fryseboks i et mørkt rom. Bildet gir ikke blandingsfargene full rettferdighet. Merk at det er forskjell på hvor skarpe kanter ulike lykter gir.

Overhead

En meget billig og enkel måte å eksperimentere med additiv fargeblanding på er å bruke en gammeldags overhead-projektor. Lag en overhead-transparent på datamaskinen med store fargede felter i rødt, grønt og blått. Skriv ut transparenten på en fargeskriver og legg den på overhead-projektoren. Snu projektoren mot klassen og gi tre elever i oppgave å «fange» hver sin farge med et speil slik at speilbildet av «sin» farge vises på en hvit vegg eller en white board. La speilbilder med forskjellige farger overlape slik at fargene blandes.



En transparent med rødt, grønt og blått felt på en overhead kan brukes til å vise fargeblanding. Hver farge «fanges» av et speil, slik at speilbildet vises på skjermen.

RGBH-lykt

En RGBH-lykt består av fire lysdioder med fargene rød, grønn, blå og hvit. Lysdiodene orienteres slik at de overlapper. På den måten kan vi se blandingsfargene cyan, magenta og gul når fargene blandes to og to. Ved hjelp av lykta kan vi framkalle skygger med sekundærfargene (se bilde på neste side). Siden lysdiodene er plassert til side for hverandre, så vil det oppstå ulike blandinger.

- Det *hvite området* er der hvor vi ikke har noen skygger, der overlapper alle tre primærfargene.
- I det *svarte området* skygger fingrene for lyset fra alle fargene, rød, grønn og blå.
- Der fingrene skygger for rødt og blått lys får vi en *grønn skygge*.
- Der fingrene skygger for blått og grønt lys får vi en *rød skygge*.

FARGER

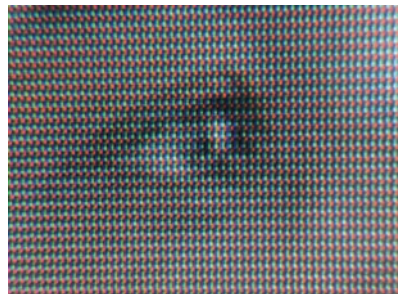
- Der fingrene skygger for rødt og grønt lys ser vi en *blå skygge*.
- Der fingrene bare skygger for rødt lys får vi en *cyanfarget skygge* som er en blanding av blå og grønn.
- Der fingrene bare skygger for blått lys får vi en *gul skygge* som er blanding av rød og grønn.
- Der fingrene bare skygger for grønt lys får vi en *magentafarget skygge* som er en blanding av blå og rød.



Ved hjelp av en RGBH-lykt kan vi framkalle skygger med sekundærfargene. Siden lysdiodene er plassert til side for hverandre, så vil det oppstå ulike blandinger.

Additiv fargeblanding får vi når vi blander lysfarger. Utgangspunktet er en ubelyst vegg som vil oppfattes svart. Dersom vi legger til (adderer) lys med de tre primærfargene rød, grønn og blå, vil vi etter hvert få hvitt. Vi trenger derfor ikke alle regnbuens farger for

å få hvitt. Vi trenger heller ikke Newtons sju farger for å få hvitt. Vi trenger bare mettede farger av rød, grønn og blå. Dersom vi reduserer metningen i de tre primærfargene vil vi kunne blande oss fram til de fleste fargene. Det er dette vi utnytter i fargeskjermer på PC-er og TV-er, hvor hvert bildepunkt er satt sammen av røde, grønne og blå (RGB-) felter med variabel lysstyrke (se bildet over).



I en fargeskjerm er hvert bildepunkt satt sammen av røde, grønne og blå felter med variabel lysstyrke.

Komplementære farger

Huygens påsto at han klarte å lage hvitt lys *ved hjelp av bare to farger*. For å forstå hva Huygens gjorde, må vi se på de tre kryssende fargesirkulene. Her ser vi at gult og blått lys gir hvitt lys. Men gult er satt sammen av rødt og grønt, vil noen si, hvilket er riktig. Men gul kan også eksistere som en ren farge som ikke er blandet (monokromatisk gul). Når to lysfarger blandes og vi *ser hvitt*, så sier vi at disse fargene er *komplementære*. Fra figuren på forrige side ser vi at også grønn og magenta er komplementære farger, likeså rød og cyan. Alle disse danner hvitt lys når de blandes. Det er faktisk øyet vårt som definerer hva som er komplementære farger.

Kanskje har vi alle litt forskjellige komplementære fargepar, bestemt av egenskapene til øyet vårt. Hvem vet?

Referanser

Rossing, N.K. (2012). Illusjoner – du tror det ikke når du har sett det, ViT forlag 2012

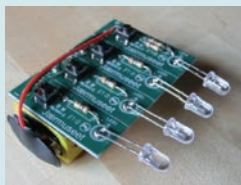
Newton, I (1704). Optics, 1704

D'Agoty, G. (1752). Observations l'Histoire Naturelle, 1752

PCCL (2005–2015). Physics and Chemistry by Clear Learning, www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/optics_interactive/additive_color_model_mixing_synthesis.htm

RGBH-lykt

Les hvordan du kan lage en enkel LED-lykt med rød, grønn, blå og hvit lysdiode på www.naturfag.no/RGBH-lykt



Se grubleoppgave om fargeblanding på www.naturfag.no/fargeblanding



FARGER

Goethes «fysiologiske farger» – induserte farger

Selv Newton var klar over at lys i seg selv ikke har farger, men at farger er noe som oppstår inne i hodene våre. Men de færreste er klar over hvor mange andre faktorer enn bølgelengden som har noe å si for hvilken farge vi ser. I denne artikkelen skal vi studere hvordan farger gjensidig påvirker hverandre.

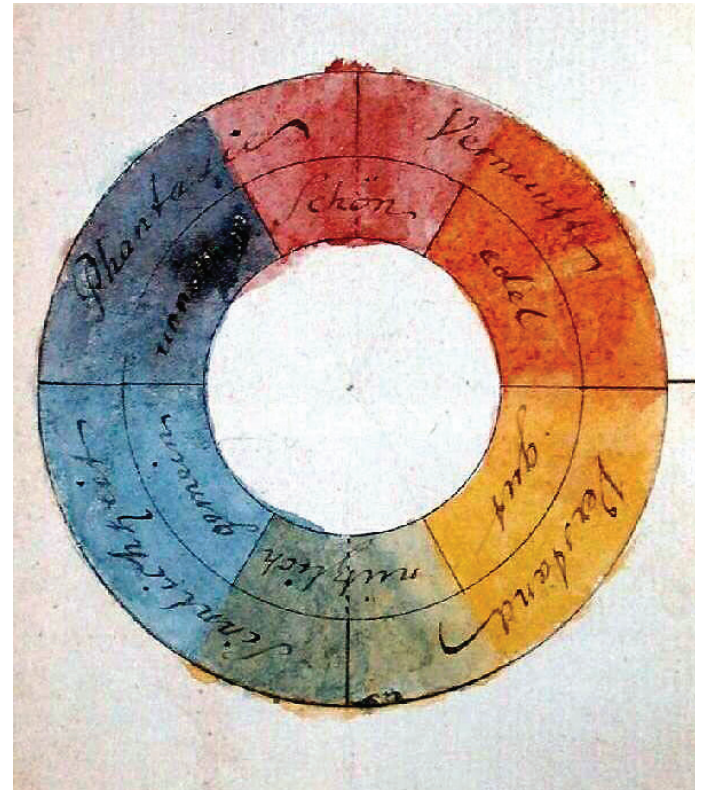
Goethes oppdagelse

Selv om Goethe for de fleste er kjent for sine litterære verk, så anså han selv *Fargelæren* som sitt hovedverk. Goethes fargelære består av tre bind som kom ut ca. 1810. Det første bindet handler om Goethes observasjoner. I det andre bindet argumenterer han mot Newtons farge teori, mens han i det tredje gir en oversikt over fargens historie. Her skal vi bare se på det Goethe kalte *fysiologiske farger*.

Goethe delte fargene inn i tre kategorier: De *kjemiske fargene*, som er farger slik vi finner dem på gjenstander av ulike slag. Disse fargene består gjerne av fargepigmenter, som vi bl.a. har i maling. Den neste kategorien omfatter de *fysiske fargene* slik vi for eksempel ser dem på himmelen eller hos gjenstander som stråler ut lys. Den siste kategorien kalte Goethe de *fysiologiske fargene*. Dette er farger som er nært knyttet til synssansen og kan betraktes som en tolkning av et fargeinntrykk. Det viser seg at en slik tolkning ikke bare avhenger av en isolert farge, men vel så mye av i hvilken sammenheng vi ser den. I dag kaller vi disse fargene for *induserte farger*. Det at vi tolker en farge inn i en sammenheng kalles ofte *simultankontrast*.

La oss se hvordan Goethe beskriver oppdagelsen av «fysiologiske farger». Han skriver i sin fargelære (Goethe, J.W.v. (2006)):

63. Når solen kaster skygge på en hvit flate, har vi ingen fornemmelse av farve så lenge solen virker med sin fulle kraft. Skyggen viser seg svart, og hvis et motlys kommer til, svekkes



Goethes fargesirkel.

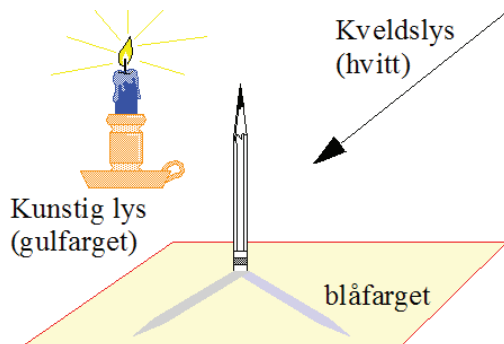
FARGER

den og viser seg grå.

64. De farvede skygger er avhengig av to betingelser: For det første at et lys på en eller annen måte farver den hvite flaten, for det annet at en skygge opplyses av et motlys.

65. I skumringen stiller vi et lite vokslys på et hvitt papir. Mellom lyset og det avtagende dagslyset stiller vi en blyant på høykant. Dagslyset vil da opplyse, men ikke oppheve skyggen fra vokslyset, og denne viser seg med en herlig blå farge.

66. At denne farven er blå merker vi straks, men vi må se nøye etter for å bli sikre på at det hvite papiret har en rødgul farve som kan fremkalle blått i skyggen.



Det Goethe ser, er at skyggen som oppstår fordi blyanten sperrer for lyset fra stearinlyset, oppfattes som «herlig blå», til tross for at den bare belyses av det hvite lyset fra sola. Dersom vi isolerer den nevnte skyggen vil vi se at den egentlig er grå. Dette var for Goethe en skjellsettende observasjon som var med på å forme hans farge lære.

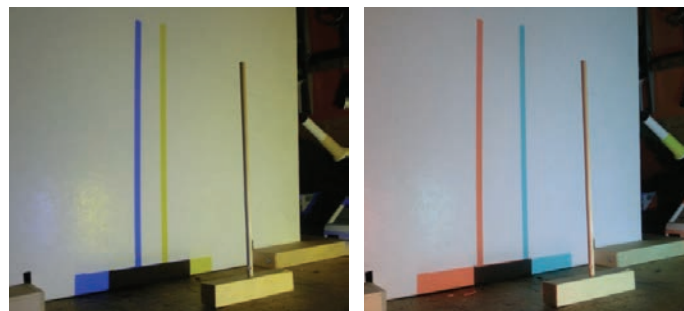
For å bli så fascinert som Goethe ble, må vi gjenta forsøket. Til dette forsøket trenger vi hvitt lys i tillegg til rødt, grønt og blått lys.

Fremgangsmåte:

1. Hvis du bruker ei RGBH-lykt (se faktaboks), må du sørge for at lyspunktene fra lysdiodene belyser det samme området på en skjerm eller en hvit vegg, men fra litt forskjellig vinkel. Du kan også bruke fargefiltre foran to like sterke lommelykter eller fargefiltre på en overhead. Tenn det hvite og det blå lyset.
2. Hold opp en blyant eller penn mellom lyskilden og skjermen slik at det oppstår to skygger.
3. Undersøk hvilke farger de to skyggene har.
4. Gjør det samme med hvitt og grønt lys, og hvitt og rødt lys.

På bildene under har vi også brukt lysdioder, men noe kraftigere enn de i RGBH-lykta.

Hvis vi bruker hvitt og blått lys, vil vi få én blå og én tydelig gul skygge. Den blå skyggen er skyggen av staven fra det hvite lyset. Denne skyggen blir blå fordi den belyses av den blå lysdioden. Den tilsynelatende gule skyggen er skyggen av det blå lyset. Denne dempes ved at den belyses av det hvite lyset og er i virkeligheten grå. Den gule skyggen er en *indusert farge som skyldes at vi ser den grå skyggen på en blå bakgrunn. Sett i denne sammenhengen vil en grå skygge oppfattes som gul – komplementærfargen til blå.*



Når vi bruker hvitt og blått lys (til venstre), får vi en blå og en tilsynelatende gul skygge. Med hvitt og rødt lys (til høyre) blir det en rød og en tilsynelatende cyanfarget skygge.

Tilsvarende vil vi se en rød og en cyanfarget skygge når vi belyser staven med hvitt og rødt lys. Den grå skyggen vil oppfattes som cyanfarget siden vi ser den mot en rød bakgrunn. Grått ser cyanfarget ut mot den røde bakgrunnen. På samme måte vil vi få induert en sterk magentafarget skygge når vi belyser staven med hvitt og grønt lys. Selv om bølgelengden til lyset som treffer netthinna har betydning for hvilken farge vi ser, så skjønner vi at dette ikke er det eneste som bestemmer hva vi ser. Dette gjelder både sort/hvitt-motiver og motiver med farger.

RGBH-lykt

Les hvordan du kan lage en enkel LED-lykt med rødt, grønt, blå og hvit lysdiode på www.naturfag.no/RGBH-lykt

Simultankontrast

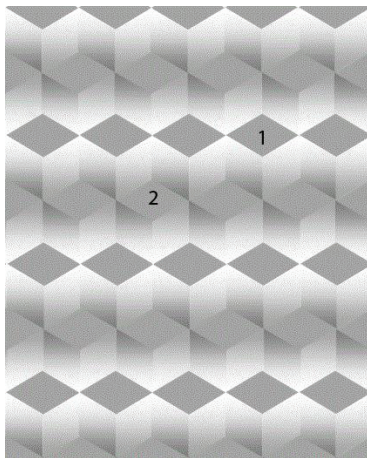
På figuren under ser du hvordan flater synes å endre gråtoner bare ved å sette dem inn i ulike sammenhenger.



Koffkas ringer viser hvordan flater synes å endre gråtonenyanser bare ved å sette dem inn i ulike sammenhenger. Det ser ut som de to halvsirkelene til høyre har forskjellig gråtone, selv om gråtonen fortsatt er den samme. Fenomenet kalles simultankontrast.

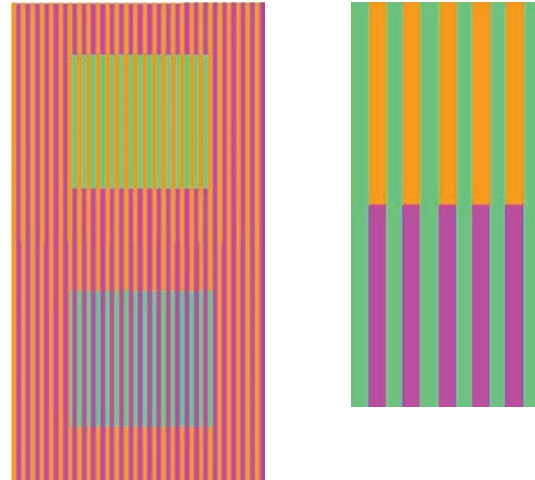
Koffkas ringer illustrerer at ringen endrer gråtone når vi deler den og flytter de to halvpartene fra hverandre (bildet i midten). Effekten forsterkes når vi forskyver venstre halvdel av bildet ned slik at de to ringene former to «kroker» som griper inn i hverandre. Forventninger om sammenhenger i bildet gjør at vår oppfatning av gråtonene endres.

Enda sterkere blir effekten i *Logvinenkos illusjon* som vist til høyre. Her har de tilsynelatende mørke (1) rommene samme gråtone som de rommene som ser lysere ut (2). Grunnen til at vi opplever dem så forskjellige, skyldes forskjeller i omgivelsene til de «lyse» og de «mørke» rommene. For å bli overbevist om at de har samme gråtone kan du lage to hull i et papir og plassere hullene slik at det ene ligger over den «mørke» rommen, og det andre over den «lyse».



Logvinenkos illusjon.

Da vil du se at de er like. Den samme effekten finner vi også med farger (se figurene oppe til venstre).



Til venstre ser du to kvadrater, tilsynelatende et lysegrønt bak et oransje gitter (øverst) og et lyseblått bak et purpurfarget gitter (nederst). Imidlertid er den lysegrønne og den lyseblå fargen begge egentlig turkise. Dette er vi ikke i stand til å se før et utsnitt av de to kvadratene isoleres som vist til høyre for figuren. Ideen til denne illusjonen er hentet fra den japanske psykologen Akiyoshi Kitaoka (Kitaoka 2009).

Ut fra dette kan vi konkludere med at øyet er et elendig måleinstrument for objektivt å «måle» lys- og fargenyanser. Det egner seg derimot ypperlig til å oppdage kontraster, noe som er helt avgjørende for å skille forgrunnsfigurer fra bakgrunnen. Dette kan være avgjørende for å oppdage en fare.

Referanser

- Rossing, N.K. (2012). *Illusjoner – du tror det ikke når du har sett det*, ViT forlag 2012
- Goethe, J.W.v. (2006). *Theory of Colours*, Dover Publications, Inc. New York 2006
- Kitaoka, A. (2009). *Color illusion 12*, www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-e.html
- Adelson, E., *Koffkas ringer*, web.mit.edu/persci/gaz/gaz-teaching/flash/koffka-movie.swf

SKYGGE



Skyggeteater i 3D

De fleste har laget skyggebilder bak et laken som er 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 at vi har to øyne som avbilder omgivelsene fra litt forskjellig vinkel. Når disse to bildene smelter sammen et sted i synssenteret i hjernen, 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*. Selv om dette er en viktig faktor for dybdesyn, så er det en rekke andre faktorer som også 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.

• Blokkering

Hvordan nære gjenstander hindrer utsikten til fjerne gjenstander.

• Stereoskopisk syn

Hvordan hjernen kombinerer inntrykkene fra høyre og venstre øye til et tredimensjonalt bilde.

I vårt 3D-skyggeteater skal vi utnytte det stereoskopiske synet. Vi må imidlertid være klar over at siden teateret vårt mangler de fleste andre faktorene for å se tredimensjonalt, 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 maleriene hans aldri kunne gi det samme inntrykket til en observatør som det virkelige objektet, fordi begge øynene så eksakt det samme bildet (Wheatstone, 1838). Dette til tross for at Leonardo var en mester med perspektiv.

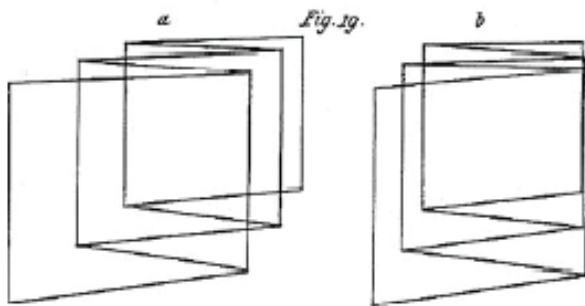
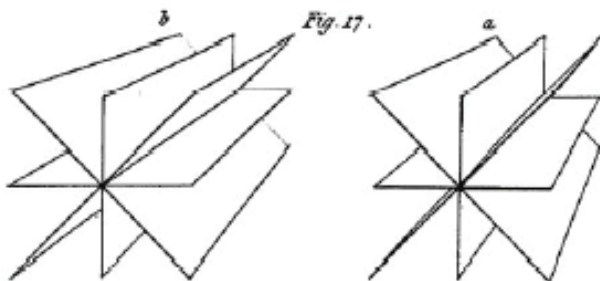
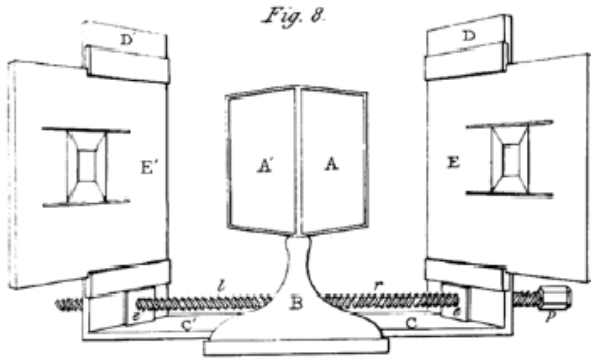
På 1800-tallet gjenopplaget og utdypet den engelske fysikeren Charles Wheatstone (1802–1875) dette i sin artikkel fra 1838 (Wheatstone, 1838), hvor han beskriver hvordan vi får et inntrykk av dybde når de to øynene ser to litt forskjellige bilder av den romlige gjenstanden som betraktes.



Charles Wheatstone (1802–1875).

Wheatstone lagde enkle stereoskopiske strektegninger (heretter kalt stereoskopiske bildepar) sett fra

litt forskjellige vinkler som gjengitt i figuren på neste side. 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. Et slikt instru-



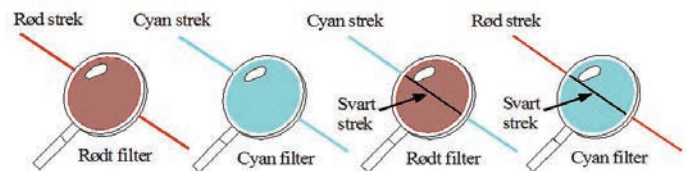
For å kunne studere den tredimensjonale virkningen av tegningene, laget Wheatstone instrumenter, stereoskoper, som gjorde det lettere for ham å oppnå at høyre og venstre øye så hvert sitt bilde. Et slikt instrument er vist på tegningen.

ment er vist på tegningen over. Ved å se inn i speilene A' og A med henholdsvis venstre og høyre øye, vil venstre øye se bildet montert i rammen E' og høyre øye se bildet i rammen E. Betrakter vi de stereoskopiske tegningene over, 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 lettere for øynene våre å 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 (se neste avsnitt). Dagens 3D-kinoer utnytter lysets polarisasjonsegenskaper og krever at vi bruker briller med polariserte glass.

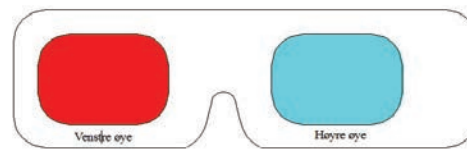
Anaglyf teknikk – bruk av komplementære farger

Anaglyf teknikk utnytter at en cyanfarget (himmelblå) 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 (se tegning under). Dette er egenskaper ved de to komplementære fargene cyan og rødt.



En cyanfarget strek ser svart ut gjennom et rødt filter, men blir usynlig gjennom et cyanfarget filter. En rød strek ser svart ut gjennom et cyanfarget filter, men blir usynlig gjennom et rødt filter

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.



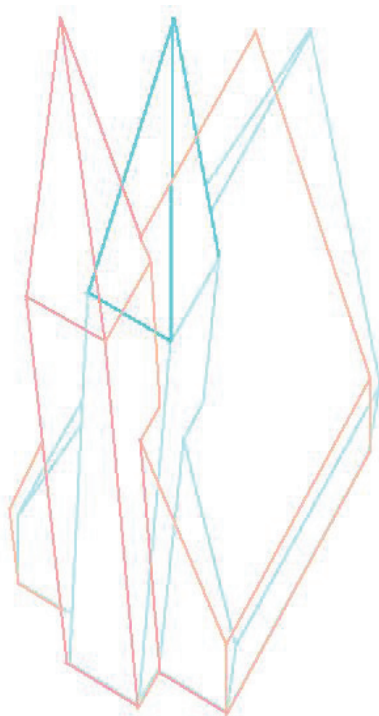
Anaglyfe filterbriller.

Visste du at ...

... ordet *anaglyf* er satt sammen av to greske ord som betyr *igjen* og *skulptur*? Wilhelm Rollman viste i 1853 anaglyfe tredimensjonale tegninger. Han benyttet blå og røde linjer på svart bakgrunn for å få fram effekten.

SKYGGE

Figuren under 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.



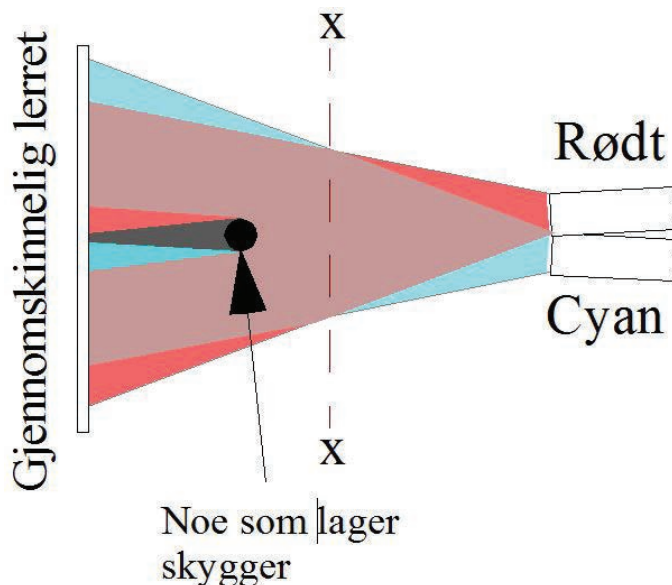
Denne tegningen vil vi tolke som en tredimensjonal kirke hvis vi ser med anaglyfe filterbriller.

Anaglyfe filterbriller kan kjøpes fra en rekke firmaer eller lages ved hjelp av papp og fargete plastikkark (Rossing 2012). Vi kan også ta stereoskopiske bildepar med et vanlig kamera og lage anaglyfe bilder ved hjelp av gratisprogrammet Anabuilder.

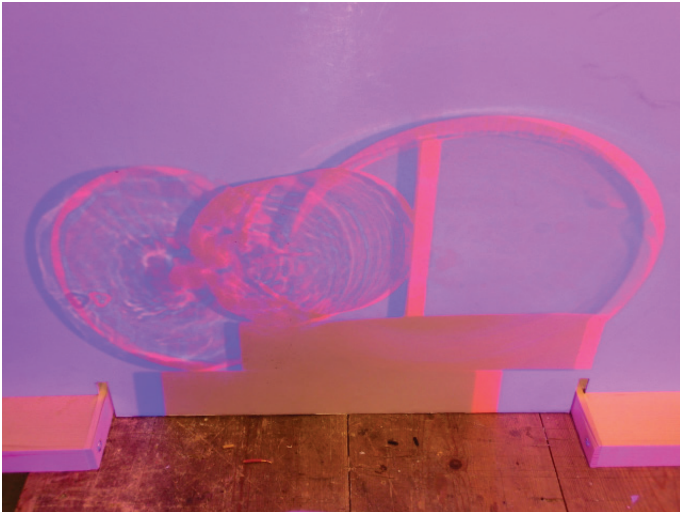
3D-skyggeteater

I 2013 oppdaget vi ved Vitensenteret i Trondheim 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 vi kan benytte kraftige LED-lykter med fargefilter, 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 under. Et laken (gjennomsiktig lerret) henges opp ca. 2–3 meter foran lyskildene. Dersom vi holder opp gjenstander mellom lyskildene og lakenet, oppstår det fargede skygger i rødt, blått og sort. Det blir 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 en magentafarget blandingsfarge av rødt og blått lys. Publikum som sitter på den andre siden av lakenet med anaglyfe briller, vil med litt tilvenning kunne se skyggeteateret utspille seg i 3D. Gjenstander av gjennomsiktig plast egner seg spesielt godt for å lage 3D-skyggeteater.



To kraftige lyskilder med rødt og blått LED-lys vil gi fargede skygger. Det blir røde skygger der gjenstanden dekker for det blå lyset.



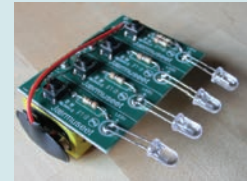
Her ser du de fargede skyggene av et stettglass i plast og en petri-skål. Det er dessverre svært vanskelig å få gjengitt fargene godt på et fotografi. Resultatet sett med anaglyfe briller blir derfor langt bedre når vi betrakter skyggene direkte på lakenet enn når vi ser dem gjengitt på et fotografi.

Ved å øke avstanden mellom lyskildene vil dybdevirkningen bli større, men samtidig mer krevende for 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 benytte ei RGBH-lykt (se www.naturfag.no/RGBH-lykt). Vi oppnår noe av den samme virkningen ved å vise de fargede skyggene opp mot et lerret eller en hvit vegg. I dette tilfellet tenner bare den røde og den blå lysdioden på RGBH-lykta.

RGBH-lykt

Les hvordan du kan lage en enkel LED-lykt med rød, grønn, blå og hvit lysdiode på www.naturfag.no/RGBH-lykt



Elever i faget teknologi i praksis eller teknologi og forskningslære kan selv lage utstyret som skal til for å lage 3D-skyggeteater i stort format. For nærmere opplysninger ta kontakt med artikkelforfatteren.

Referanser

Nils Kr. Rossing (2012). *Illusjoner – du tror det ikke når du har sett det*, ViT forlag.

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. www.stereoscopy.com/library/wheatstone-paper1838.html

Anabuilder: anabuilder.free.fr/welcomeEN.html (program for å lage anaglyfe fotografier)

KOLORIMETER

Kolorimeter av LEGO med LED som lyskilde og detektor

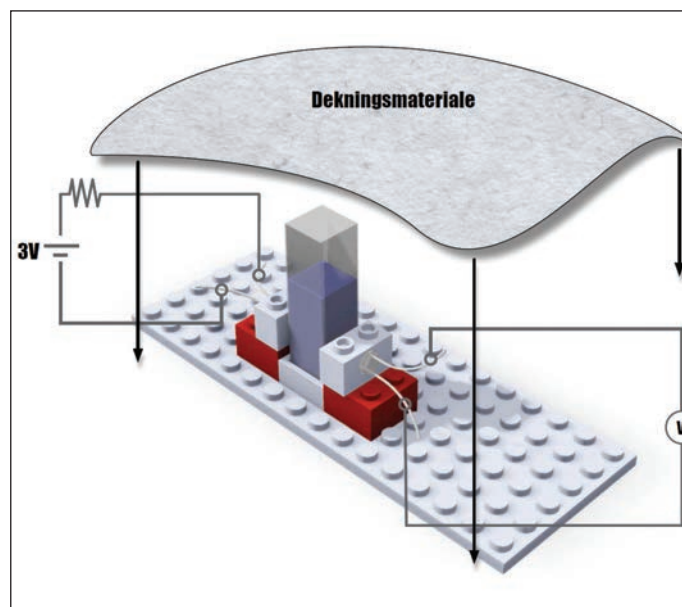
Bygg et enkelt kolorimeter som kan brukes til å vise prinsippene bak spektroskopi og å bestemme konsentrasjonen i en ukjent løsning.

Lys (elektromagnetisk stråling) vekselvirker med stoff, og ulike bølgelengder av lyset gjør dette på forskjellige vis. I spektrofotometri benytter vi oss av dette fenomenet til å gjøre målinger. Dette kalles spektroskopi og instrumentene som brukes kalles spektrofotometre. Instrumentene er nesten alltid kostbare. I tillegg er de lukkede («svarte bokser») og dermed ikke-intuitive.

Kolorimetri er en del av spektroskopien, der vi bare bruker en liten del av det elektromagnetiske spekteret, nemlig det synlige lyset. I kolorimetri skinner vi lys gjennom en farget løsning, og måler hvor mye lys som kommer ut på den andre siden (transmitteres). Dette kan fortelle noe om konsentrasjonen av løsningen lyset passerer igjennom. Vi sier at det lyset som passerer gjennom den fargede løsningen blir transmittert, og den andelen av lyset som ikke passerer igjennom blir absorbert. Hvor mye eller lite lys som absorberes, er avhengig av forbindelsen (molekylene, kompleksene, ionene) lyset går igjennom. Kolorimetri er en intuitiv og enkel måte å lære om de grunnleggende prinsippene innen spektroskopi. I tillegg er det ikke en utdatert metode, den brukes i en rekke analyser også i dag.

I dette forsøket bruker vi lysdioder (LED = light emitting diode) som både lyskilde og detektor. LED varer lenge og sender ut lys over et smalt bølgelengdeområde, typisk bredde er omtrent 20–30 nm rundt toppverdien. Fordi LEDene utstråler lys over et så smalt bølgelengdeområde, kan de brukes i et kolorimeter. Egentlig skulle lyskilden avgi lys ved bare én bestemt bølgelengde.

En LED lyser når strøm sendes igjennom den. Det å bruke en LED som detektor er nok overraskende for mange, men det har vært kjent i flere tiår for de innvidde. En LED vil danne en spenning



Kolorimeteret ser slik ut når det er ferdig.

hvis den utsettes for lys med samme eller lavere bølgelengde enn det lyset den sender ut. Her bruker vi en rød LED som detektor fordi den er følsom for alle farger i det synlige spektrumet. Spenningen vil øke lineært med økende lysstyrke (over et visst område), og dette danner grunnlaget for å bruke den som detektor.

Beer-Lamberts lov oppsummerer sammenhengen mellom lysmengde som blir absorbert i en løsning og konsentrasjonen av lysabsorberende molekyler og veilengden gjennom løsningen. Den matematiske sammenhengen er som følger:

KOLORIMETER

$$A = \epsilon bc \quad (1)$$

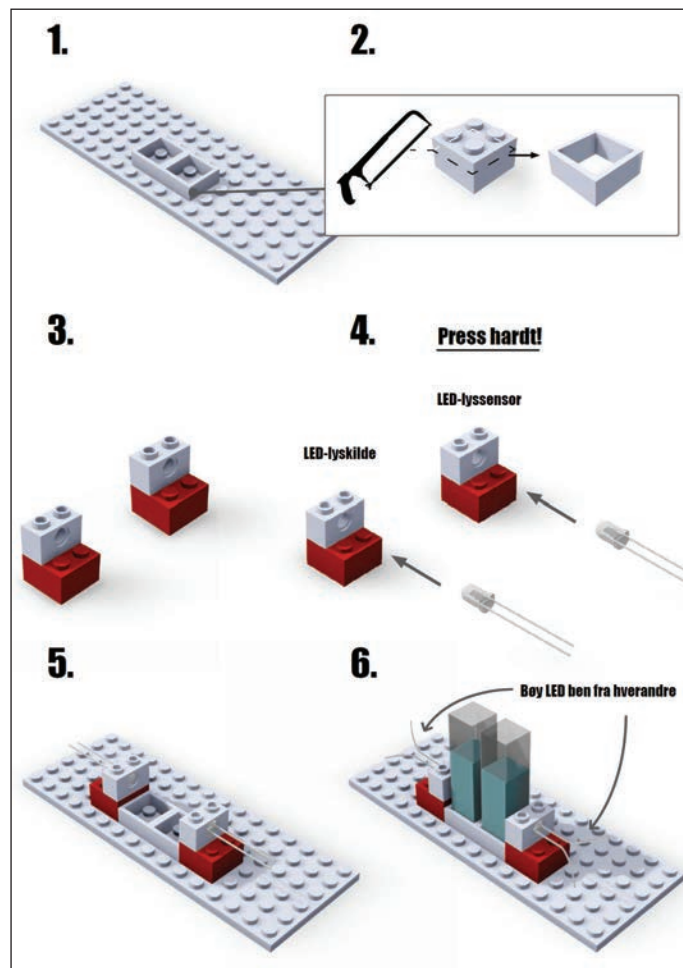
Der A er absorpsjon (uten enhet), ϵ er molar absorpsjonskoeffisient ($M^{-1} \text{ cm}^{-1}$), b er avstand lyset går gjennom løsningen (cm) og c er konsentrasjon (M).

Elevene kobler sammen kolorimeteret som vist i den grafiske bruksanvisningen, med voltmeteret på detektorsiden og batteriet på lyskildesiden.

Deretter lager elevene en standardkurve for stoffets absorpsjon. Til dette trenger de minst 5–6 standardløsninger, dvs. løsninger med kjente konsentrasjoner. Du lager standardløsningene på forhånd. Elevene beregner transmittans, dvs. hvor mye lys som kommer gjennom løsningen sammenlignet med gjennom vann. Deretter beregnes absorpsjon. Kurven, altså standardkurven, for absorpsjon som funksjon av konsentrasjon blir en tilnærmet rett linje.

I tillegg til standardløsningene lager du en løsning med ukjent konsentrasjon. Denne løsningen skal ha en konsentrasjon innen området for standardløsningene. Elevene måler transmittans for denne prøven. Deretter beregner de absorpsjon og leser av på standardkurven konsentrasjonen i den ukjente løsningen.

Til å undersøke absorpsjon som funksjon av veilengden lyset går gjennom løsningen, lages det to kyvetteholdere. Elevene plasserer disse mellom lyskilden og detektoren. Deretter gjør de målingene på nytt, med både én og to kyvetter med samme løsning. For løsningen(e) med høyest konsentrasjon vil det kunne komme for lite lys gjennom for å gjøre gode målinger. Hvorfor det?



Utdrag fra den grafiske bruksanvisningen.

Du finner fullstendig beskrivelse med den grafiske bruksanvisningen som viser hvordan kolorimeteret skal settes sammen, samt redigerbare lærer-/elevveiledninger på:

www.naturfag.no/kolorimeter

Aktuelt kompetansemål

Kjemi 2

analyse

- utføre analyser med kolorimetri og tolke enkle massespektre og $^1\text{H-NMR}$ -spektre

PROGRAMMERING



Programmer eit trafikklys med Arduino

I dette undervisningsopplegget skal elevane beskrive korleis eit lyskryss verkar og deretter bygge og programmere ein elektronisk krets som demonstrerer trafikklys for bilar og fotgjengarar. Opplegget passer godt i teknologi i praksis, eventuelt i teknologi og design. Opplegget krev noko kjennskap til Arduino, men skal vere greitt å komme i gang med for ein teknologiinteressert lærar.

Moglegheitene for å trekke inn programmering i dei ulike kompetansemåla i skolefaga er store, ikkje minst i naturfaga. Men programmering er ikkje nemnd eksplisitt – heller ikkje under beskrivinga av digitale ferdigheiter. Mange har derfor ytra ønske om å få programmering meir tydeleg inn i læreplanen, gjerne som eige fag. Programmering bidreg til å auke forståinga for kva som skjer i ulike datamaskinar og fremmar blant anna kreativitet, logisk tenking, problemløysing og samarbeidsevner. Dessutan: – Behovet for arbeidskraft som både kan forstå koding og drive programmering er aukande, seier Roger Antonsen frå institutt for informatikk ved UiO i Skolemagasinet.

Arduino er ein liten og billig datamaskin (mikrokontrollar) som du kan programmere til å fungere saman med tilkopla komponentar som sensorar, lysdiodar, høgtalarar, knappar, motorar osv. (sjå www.arduino.cc). Merk at det finst mange andre mikrokontrollarar også, for eksempel BeagleBone og Raspberry Pi.

I dette eksempelet bruker vi Arduino saman med lysdiodar (LED) i raudt, gult og grønt for å etterlikne eit lyskryss med fotgjengarovergang. Elevane må programmere lysa til å skifte mellom fargene slik at bilar og fotgjengarar ikkje får grønt lys samstundes. Oppgåva kan bli utvida med at fotgjengaren må trykke på ein knapp for å få «grøn mann» og at det pip i ein høgtalar (standard i alle Arduino-kit) når fotgjengaren kan krysse vegen.

Det kan vere ein fordel for elevane å jobbe to og to saman, men det bør ikkje vere for mange på ein Arduino, det er viktig at alle får

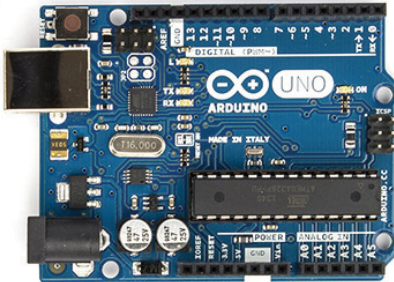


Elevar ved Brundalen skole i Trondheim bygger sin første Arduino-krets. Foto: Vibeke Guttormsgaard

«henda på». Det er ikkje nødvendig at elevane (eller lærar for den del) forstår alt koden gjer, dette kan du tilpasse fag og nivå. Vi har gjort denne oppgåva med elevar heilt ned til 4. trinn.

Dette opplegget kan både bli brukt i teknologi og design i naturfag og som ein innleiande aktivitet i valfaget teknologi i praksis. I dette valfaget skal elevane under hovudområdet *idéutvikling og produksjon* planlegge, framstille og prøve ut egne produkt og kon-

PROGRAMMERING



Arduino er ein mikrokontrollar med ein USB-inngang og eit sett programmerbare elektriske inn- og utgangar, som styrast ved hjelp av eit enkelt programmeringsspråk. Små program blir skrivne i eit eige verktøy og blir overført til Arduinoen.

struksjonar. På nett finst fleire nettstadar der brukarar har lasta opp instruksjonar og kode på det utroligaste. Søk på «arduino» på for eksempel instructables.com! Her finn du raskt ut korleis du kan lage matautomatar for kjøledyr, vatningsautomatar, sykkel-speedometer, vekkarklokker, robotar og automatisk trombone-stemmar (!) – for å nemne noko. Har elevane idear til kva dei vil lage, er sjansen stor for at nokon har laga noko liknande som dei kan jobbe vidare utifrå.

```

Slik kan eit enkelt Arduino-program for eit blinkande raudt lys sjå ut:
const int redPin = 11; // port for straum til raud lysdiode

// setup() køyrast éin gong ved oppstart
void setup(){
  pinMode(redPin, OUTPUT); // aktiver porten
}

// loop() køyrast om att og om att
void loop(){
  digitalWrite(redPin, HIGH); // slå på raudt lys
  delay(2000); // vent 2 sekund (2000 millisekund)
  digitalWrite(redPin, LOW); // slå på raudt lys
  delay(1000); // vent 1 sekund
}
    
```

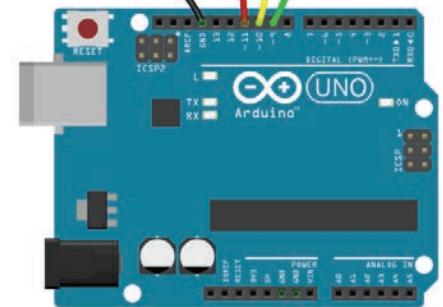
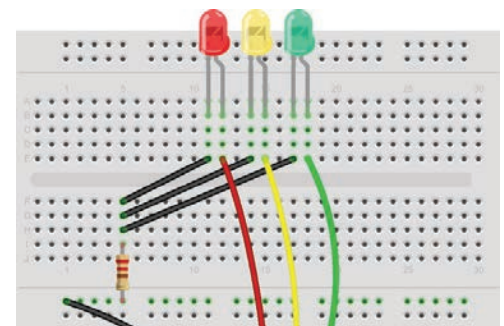
Filer og meir detaljert informasjon om opplegget finn du på:
iktipraksis.iktsenteret.no/content/programmer-et-trafikkryss-med-arduino

Aktuelle kompetansemål Valfaget teknologi i praksis, 8.–10. trinn undersøkingar

- undersøkje teknologiske produkt og dei vala som er gjorde med omsyn til bruk, tekniske løysingar, funksjonalitet og design
- demonstrere riktig bruk av utvalde verktøy
- vurdere teknologiske produkt ut frå brukartilpassing, HMS-krav og miljøtilpassing

Naturfag, etter 10. årstrinn teknologi og design

- utvikle produkter ut fra kravspesifikasjoner og vurdere produktene funksjonalitet, brukervennlighet og livsløp i forhold til bærekraftig utvikling



fritzing

Slik kan ei enkel kopling for trafikkklyset sjå ut. Kretsen er teikna med fritzing – eit gratis program du kan laste ned på fritzing.org.

GRUBLETEIKNINGAR

Kvifor skin månen?

Kva er det eigentleg som gjer at månen lyser?



Fagleg forklaring

Ei vanleg kvardagsførestilling er at månen sender ut sitt eige lys. Slik er det ikkje. Det er berre stjerner (som sola vår) som sender ut sitt eige lys. Ingen planetar eller månar lagar sitt eige lys. Månen vår reflekterer det sollyset som treff måneoverflata. Månen vender alltid den same sida mot oss, fordi han roterer rundt sin eigen akse akkurat like fort som han går rundt jorda.

Praktiske tips

Elevane kan studere månen i ein kikkert for å finne prov for at månen ikkje lagar sitt eige lys. Då vil dei lettare kunne sjå den mørke delen av månen. Dersom månen hadde laga sitt eige lys, ville heile månen lyst og ikkje berre den synlege delen.

Aktuelle kompetansemål

Etter 2. årstrinn

Fenomener og stoffer

- beskrive og illustrere hvordan jorda, månen og sola beveger seg i forhold til hverandre, og fortelle om årstider, døgnet og månefaser

Etter 7. årstrinn

Fenomener og stoffer

- bruke animasjoner og andre modeller til å beskrive planetenes og månens bevegelser, og forklare hvordan årstider og månefaser oppstår

Frø i mørket

Vil frø spire i eit mørkt skap?



Fagleg forklaring

Det er kjent at grønne planter treng lys for å vekse. Derfor er det lett å tru at frø også treng lys for å starte veksten. Dette er ikkje tilfelle. Sjølv om nokre frø (for eksempel salat) treng noko lys for å bryte frøkvila, treng dei fleste frø ikkje lys. Var det slik at dei trong lys for å bryte frøkvila, ville ikkje frøa spire når dei ligg i jorda.

Praktiske tips

Kor mykje lyset har å seie for spiring kan undersøkast ved å bruke frø fra forskjellige artar. Ved slike forsøk må andre krav for frøspiring vere oppfylt (luft, fukt og varme). Lysmengda kan varierast, frå ingenting til sterkt, eller lys kan bli tilført som lysblink i staden for kontinuerleg.

Aktuelle kompetansemål

Etter 7. årstrinn

Mangfold i naturen

- undersøke og diskutere noen faktorer som kan påvirke frøspiring og vekst hos planter

Etter 10. årstrinn

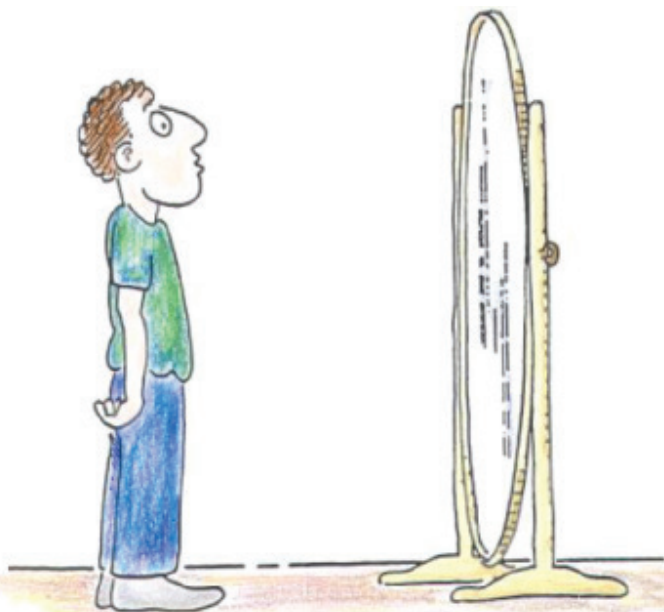
Mangfold i naturen

- undersøke og registrere biotiske og abiotiske faktorer i et økosystem i nærområdet og forklare sammenhenger mellom faktorene

GRUBLEOPPGÅVER

Kor stor spegel?

Kor stor spegel treng du for å kunne sjå heile deg?



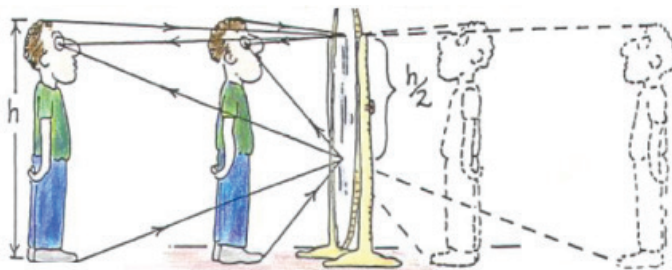
Den minste lengda med ein plan spegel må vere

- a) $\frac{1}{4}$ av høgda di
- b) $\frac{1}{2}$ av høgda di
- c) $\frac{3}{4}$ av høgda di
- d) lik høgda di
- e) det avheng av avstanden din frå spegelen

Fagleg forklaring

Riktig svar: b) $\frac{1}{2}$ av høgda di.

Dersom du ser halvvegs inn og ned i ein plan spegel føre deg, kan du sjå tærne dine, heilt i tråd med refleksjonslova. Dersom du ser inn i ein plan spegel under midtlinja til spegelen, så ser du golvet og ikkje deg sjølv. Ved å sjå rett fram inn i spegelen, ser du auga dine. Dersom du ser inn i området i spegelen som ligg over midtlinja mellom auga dine og toppen av hovudet, ser du toppen av hovudet ditt. Du kan ikkje sjå bildet av deg i spegelen over denne midtlinja. Halvvegs opp og halvvegs ned – det er ein spegel som er halvparten av høgda di. Som du ser av figuren nedanfor: avstanden frå spegelen har ingenting å seie.



Aktuelle kompetansemål

Etter 10. årstrinn

Fenomen og stoffer

- gjennomføre forsøk med lys, syn og farger, og beskrive og forklare resultatene

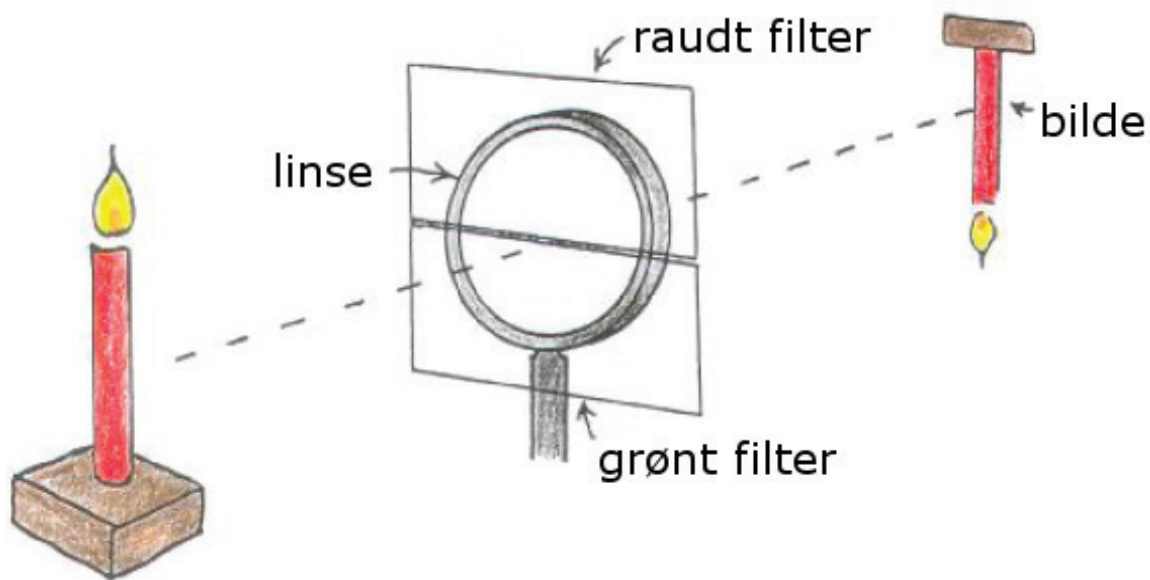
Fysikk 1

Klassisk fysikk

- definere og regne med begrepene frekvens, periode, bølgelengde og bølgefart, og forklare kvalitativt bøyings- og interferensfenomener

Lys i linse

Linsa projiserer eit bilde av det kvite stearinlyset på veggen. Korleis vil bildet endre seg dersom den øvste halvdelen av linsa blir dekt med eit raudt filter og nedre halvdel blir dekt av eit grønt filter?



Fagleg forklaring

Bildet av lyset vil bli gult. Kvart einaste punkt i bildet på vegger blir danna av lys som passerer kvar einaste del av linsa. Det raude og det grøne vil kort sagt overlappe kvarandre og summen vil bli gul.

Aktuelle kompetansemål

Etter 10. årstrinn

Fenomener og stoffer

- gjennomføre forsøk med lys, syn og farger, og beskrive og forklare resultatene

Sjå Hewitt-Drew-it!-film om linser: bit.ly/1KJx82P

Kva hender dersom vi blokkerer for det grøne filteret slik at ikkje noko lys kjem frå den nedre halvdelen av linsa?

Vil bildet bli kvitt dersom vi i staden dekker kvar tredel av linsa med eit raudt, eit grønt og eit blått filter? Kva hender med fargen på bildet dersom det raude filteret blir blokkert? Eller det grøne? Eller det blå?



SMARTTELEFON OG NETTBRETT



Appar og personvern

Korleis skal ein handtere personvernet om ein brukar appar i undervisninga?

Dersom skolen har eigne nettbrett der elevane ikkje loggar inn med personlege kontoar, vil ein kunne unngå at opplysningar som appar lagrar på nett, er knytt til elevane.

Dersom elevane uoppfordra har teke i bruk ein app i undervisninga, så vil ikkje skolen vere ansvarleg for bruken. Men ønsker ein lærar derimot at elevane skal bruke appar der personopplysningar blir lagra på nett, må læraren finne ut om behandlingsansvarleg (skoleeigar, kommune eller fylkeskommune for offentlege skoler) har inngått databehandlaravtale med databehandlar (app-leverandør). Merk at det må foreligge ein avtale med databehandlar sjølv om det er innhenta samtykke frå foreldra.

Når vi skal vurdere ein app i personvern-samanhengen, må vi vere bevisst på kva slags informasjon appen gir tilgang til, og at desse opplysningane er relevante for det formålet vi ønsker å oppnå. Dette leiar igjen inn på ei vurdering av om appen i det heile er eit eigna middel for å nå formålet. Samlar appen inn opplysningar han ikkje treng, eller gir han for vide tilgangar, bør vi ikkje bruke han som eit middel til å nå formålet.

Er elevane under 15 år, må det ligge føre samtykke frå foreldra. I tillegg må ansvar ved uhell (forsikring) vere klarlagt i tilfelle ein mobiltelefon skulle gå i stykker e.l.

Det er viktig at elevane ved bruk av appar får kunnskap om at det å legge ut bilete eller andre personopplysningar, for eksempel på Instagram og Facebook, skal vere frivillig og basert på samtykke. Det vil seie at dei må innhente samtykke for å kunne publisere for eksempel bilete av andre.



Illustrasjonsfoto: colourbox.com

Læraren har eit arbeidsrettsleg ansvar ovanfor sin arbeidsgivar for ikkje å gå utanfor dei rammene som arbeidsgivar har gitt for utføringa av arbeidet. Når det gjeld behandlinga av personopplysningar, er det skoleeigar som har behandlingsansvaret, og såleis har ansvaret for å gjere dei tilsette i skolen kjende med retningslinjer og rammene. Dersom lærarane går utanfor dei rammene dei har fått til å behandle personopplysningar av skoleeigar, så er dette eit arbeidsrettsleg problem mellom arbeidsgivar og den tilsette. Data-tilsynet vil som utgangspunkt halde skoleeigar ansvarleg.

Bruk av smarttelefon og nettbrett i naturfagundervisningen

Det finnes mange gode grunner til å integrere bruk av smarttelefon og nettbrett som digitale verktøy i naturfagundervisningen. De er mobile, elevene har mange verktøy og apper som de allerede behersker og telefonene og nettbrettene er med på å fremme elevenes digitale ferdigheter.

Digitale ferdigheter er en av de fem grunnleggende ferdighetene og skal derfor inngå i naturfagundervisningen. Digitale verktøy vil berike naturfagundervisningen ved å gi gode muligheter for samarbeidslæring, visualisere fenomener og kunne brukes som mobile måleinstrumenter (Strømme & Korsager, 2015). Fra undersøkelser vet vi at mange elever blir motivert av å bruke digitale verktøy, noe som kan heve interessen for faget og påvirke læringsutbyttet positivt (Korsager & Slotta, 2015). I denne artikkelen skal vi se nærmere på bruk av smarttelefoner og nettbrett som digitalt verktøy i naturfagundervisningen.

Mobiltelefoner og nettbrett har blitt stadig mer avanserte og samtidig mer tilgjengelige for alle. Undersøkelsen *Barn og medier 2014* viser at 83 prosent av barn i alderen 9–16 år har en egen smarttelefon, mot 67 prosent for bare to år siden (Medietilsynet, 2014). Smarttelefoner er på mange områder blitt sidestilt med datamaskiner til å gjennomføre mange av oppgavene vi har behov for i hverdagen.

Bruksområder for smarttelefon i naturfag

Ved hjelp av apper kan nettbrett og smarttelefon brukes til å gjøre målinger i forsøk og feltarbeid. Det finnes for eksempel apper som kan måle frekvens og lydstyrke, funksjoner knyttet til vei, fart og tid, og til og med en form for pulsmåler. I tillegg til å gjøre målinger er nettbrett og smarttelefon godt egnet til å gjøre videoopptak. Nyere generasjoner kan også gjøre opptak med 240 bilder per se-



Smarttelefon kan være nyttig som mobilt digitalt verktøy på feltarbeid. Foto: Majken Korsager

kund, noe som kan være nyttig hvis vi skal observere fenomener som skjer raskt. TimeLapse-funksjon kan være et kreativt verktøy dersom vi skal gjøre observasjoner av fysiske forandringer over tid. GPS er også standard etter hvert, og kan være nyttig dersom vi er ute i felt og for eksempel skal gjøre registreringer av artsmangfold. Det finnes store og detaljerte oppslagsverk over planter og dyr via apper som kan lastes ned til smarttelefon. Når du skal ut i felt, slipper du å dra med deg mange forskjellige bøker som i tillegg gjerne må gå på rundgang (Berg, 2014).

SMARTTELEFON OG NETTBRETT

Eksempler på apper som kan brukes i undervisningen

God bruk av smarttelefon og nettbrett i naturfag krever en lærer som har en stødig digital kompetanse, og som ser mulighetene teknologien kan gi. Når det gjelder bruk av apper som kan benyttes i naturfagundervisningen, finnes det en oversikt over ulike apper på www.naturfag.no/apper. Appene er listet opp slik at du kan velge klassetrinn. De ulike appene er også knyttet til kompetansemål.

Solar Walk (Android, Apple)

Denne appen gir deg mulighet til å studere jordas indre struktur og de andre planetene i vårt solsystem. Du kan studere planetenes baner i forhold til hverandre, og appen inneholder undervisningsvideoer av blant annet årsvariasjonene på jorda, tidevannsfenomenet og månefasene.



Kvitre! Fuglesanger i Norge og Vest-Europa (Apple)

Denne appen er laget for å lære å gjenkjenne fuglesang. Den inneholder 208 forskjellige fuglelåter, og det er også flere lydspor for fugler med varierte stemmer.

Hormonsjekk (Android, Apple)

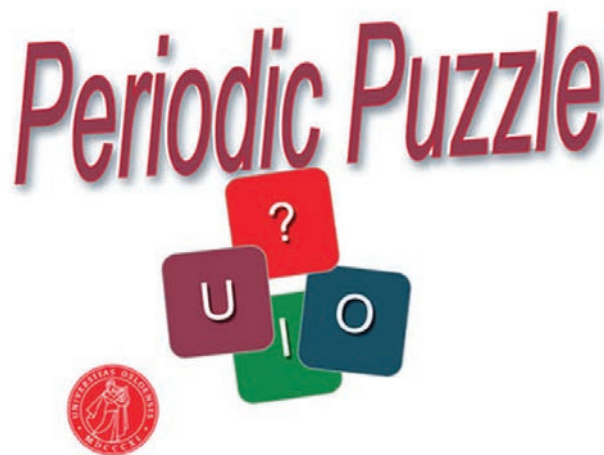
Hormonsjekk fra Forbrukerrådet hjelper deg å sjekke om kosmetikk- og kroppspfleieprodukter inneholder hormonforstyrrende kjemikalier.

CHAIN (Android, Apple)

I spillet CHAIN kan du lære grunnleggende prinsipper om navngivning og klassifisering i organisk kjemi uten å ha lest dem noe sted. Spillet er en slags avansert utgave av Tetris.

Periodic Puzzle (Android, Apple)

Noen har rotet det til i periodesystemet og grunnstoffene må flyttes på riktig plass igjen. Et spill både for deg som akkurat har lært om periodesystemet og for deg som mener du kjenner plasseringen med bind for øynene. Du bestemmer hvor mange hint og hvor mye hjelp du vil ha. Går du for professor-mode eller student-mode? Spillet er utviklet ved Universitetet i Oslo.



Easy Toys (Android)

Appen inneholder blant annet lommelykt, vinkelmål, forstørrelsesglass, lengdemål og verktøy for å sjekke horisontale og vertikale justeringer.

Referanser

Berg, J. E. (2014) *Smarttelefon som medierende artefakt i naturfag*. Stord: HSH.

Kolb, L. (2008). *Toys to tools*. Washington DC: ISTE.

Korsager, M. & Slotta, J. D. (2015). Exploring the Development of Students' Explanations of Climate Change issues from International Peer Collaboration. *International Journal of Environmental and Science Education (IJESE)*, 10 (5).

Medietilsynet. (2014). *Barn og medier 2014 – Fakta om barn og unges (9–16 år) bruk og opplevelser av medier*.

Strømme, A. & Korsager, M. (2015). Digital kompetanse i Marion, P. van & Strømme, A. s. 187–210 (red. 2015). *Biologididaktikk*. Kristiansand, Cappelen Damm



SMARTTELEFON OG NETTBRETT

Datalogging BYOD

**Elevenes egne smarttelefoner og nettbrett kan brukes til å måle puls, registrere temperatur-
endringer ved en solformørkelse og masse annet.**



Lærerstudenter ved UiT Norges arktiske universitet tester ut forskjellige apper. Legg merke til den opplyste pekefingeren.

Visste du at lys kan brukes for å måle pulsen? Målemetoden kalles pulsoksymetri, og drar nytte av at røde blodceller har forskjellig farge, avhengig av oksygenmetningen. En lyskilde sender ut lys som blir absorbert i forskjellig grad, og refleksjonen måles av en lyssensor, for eksempel ved 660 nm. Høres dette komplisert ut? Svaret er vel både ja og nei, avhengig av klasstrinn og kompetansemål. På videregående nivå er det spennende å jobbe med teorien bak metoden, men i grunnskolen kan du helt enkelt installere en app som for eksempel *Instant Heart Rate*, som baserer seg på samme prinsipp, og som finnes både for Apple- og Android-baserte telefoner og nettbrett. Hvis du er skeptisk overfor målemetoden, eller telefonen/nettbrettet – enda bedre; la elevene jobbe som forskere og la dem finne ut av måleusikkerheten selv.

Da jeg begynte å jobbe som lærer i 2002, var jeg imponert over kolleger som brukte datalogging i undervisningen sin. Hvordan klarte de å håndtere alt det tekniske, hvor fikk de tiden fra til alle forbedringer? Senere skyldte vi ofte på manglende penger til å kjøpe utstyr. Først i de senere årene har jeg virkelig begynt å bruke elektronisk utstyr for å samle data sammen med elever/studerenter. Så hvorfor økte motivasjonen, og hva i all verden betyr BYOD?

BYOD er den engelskspråklige forkortelsen for «Bring Your Own Device», altså bruk dine egne ting som smarttelefoner eller nettbrett. Og uansett om en er hekta på elektroniske dingser eller frykter «digital demens»; for første gang i skolehistorien er vi landsdekkende omgitt av kvalitetsmåleutstyr.

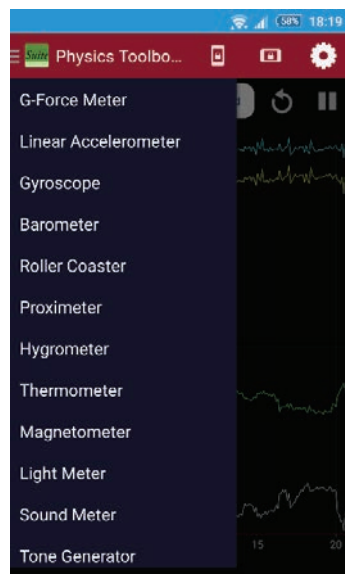
Mobiltelefon og nettbrett har selvsagt klokke, og enten gjennom GPS eller kommunikasjon med nærmeste trådløstnett eller mobilnettet vet enheten ganske nøyaktig hvor den befinner seg i verden. Siden telefonene/nettbrettene har mikrofon og kamera burde det være mulig å måle lyd og lys (se nedenfor), men de kan ofte mye mer. Noen måler lufttrykk, de fleste har innebygd kompass, samt akselerometer og gyrometer, til og med termometer finnes i noen.

Alle sensorene og en hær av kreative programmerere i hele verden som utvikler applikasjoner, gjør at vi kan bruke utstyret i mange situasjoner i naturfagundervisningen eller tverrfaglig. Det finnes nesten alltid apper som er spesialisert på måling av én faktor. Disse appene er vanligvis ganske små programmer, og kan lastes ned og installeres fra «App store» eller «Google play». Tar vi undersøkelse av lyd som eksempel, så kan vi installere «Signal Generator», og la elevene selv planlegge og gjennomføre individuelle hørselstester. Vi kan måle støynivået i klasserommet ved hjelp av en «Sound

SMARTTELEFON OG NETTBRETT



Skjermdump fra appen Instant Heart Rate.



Skjermdump fra appen Physics Toolbox Suite som viser tilgjengelige målinger/sensorer i telefonen. Utvalget vil variere mellom forskjellige telefoner og nettbrett.

Meter»-app, og slik forklare betydningen av begrepet desibel. Og hvorfor ikke bruke to enheter mot hverandre for å måle dopplereffekten? Den ene sender ut en konstant bølgelengde med tonegeneratoren, mens den andre bruker en «frequency analyzer»-app. Flere gode oppsett for praktisk gjennomføring finnes på nettet.

Det finnes også et enormt spekter av sensorer tilgjengelig på markedet, som kan kobles til en overføringsenhet som kommuniserer med telefonen din eller nettbrettet. Vi prøvde blant annet å måle konsentrasjonen av karbondioksidgass, som er relevant både i sammenheng med kropp og helse, og ikke minst i miljøspørsmål som klima og forsuring av verdenshavene.

Datalogging kan registrere puls- og hjerteslag under forskjellige aktivitetsnivåer. På bildet til høyre ser vi en EKG-måling som bruker spenningen på hudoverflaten til å gi opplysninger om hjerteaktiviteten. Mulighetene er mange, og med datalogging oppnår vi både økt motivasjon hos elevene, og bedre forståelse av en viktig, men undervurdert del av moderne hverdagsteknologi. Det beste –



EKG-måling. En sensor kobles til en overføringsenhet (grå boks i midten), som kommuniserer trådløst med iPad (til venstre) via Bluetooth.

når jeg utfordrer elevene til å bruke mobilen på den måten – er at de gjerne finner et enda bedre program, så her kan både læreren og elevene lære fra hverandre. *Instant Heart Rate* er et eksempel på tips fra studenter.

Det praktiske med å bruke datalogging i naturfag er at vi kan nå faglige kompetansemål, og samtidig styrke de grunnleggende ferdighetene. Bruk av elektroniske målinger bidrar til digitale ferdigheter og handler i høyeste grad også om regning i fag. I tillegg til at det er motiverende å måle konkrete verdier for eksempel fra sin egen kropp med sin egen telefon, gir dette samtidig en bedre tallforståelse. Elever øver seg i å hente inn, bearbeide og analysere data. Skal elevene skrive en rapport eller presentere sine resultater foran klassen, trener vi språklige ferdigheter i tillegg.

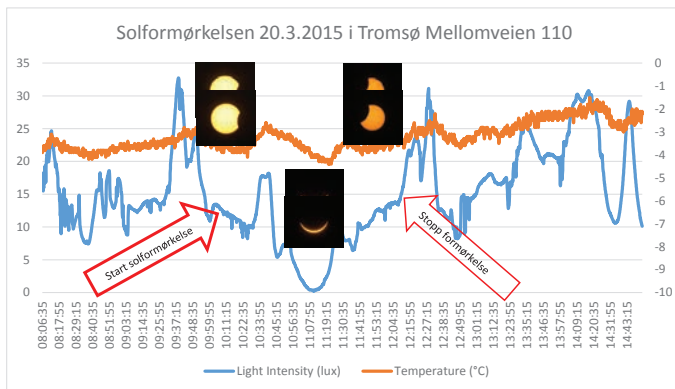
SMARTTELEFON OG NETTBRETT

Ble det virkelig kaldere under solformørkelsen?

I forkant av solformørkelsen 20. mars 2015 hadde vi en diskusjon ved lærerutdanningen. Noen påstår at det blir kaldere og at de fryser under en solformørkelse, mens andre sier at dette bare er tull. Vi besluttet å måle selv, uten større forarbeid, slik at det er gjennomførbart også i skolen. Siden vi hadde lyst til å se på solformørkelsen, skulle datalogging heller ikke forstyrre undervisningen.

Vi brukte følgende måleutstyr: En iPad med gratisappen «Sparkvue HD», samt temperatursensor, lysmåler og overføringsenhet fra Pasco. Lysmåleren står innendørs, 40 cm fra et hvitt ark loddrett i vinduskarmen. Temperaturføleren er på utsida av vinduet. Himmelmretningen er NV, dvs. at målerne er i skyggen i hele perioden.

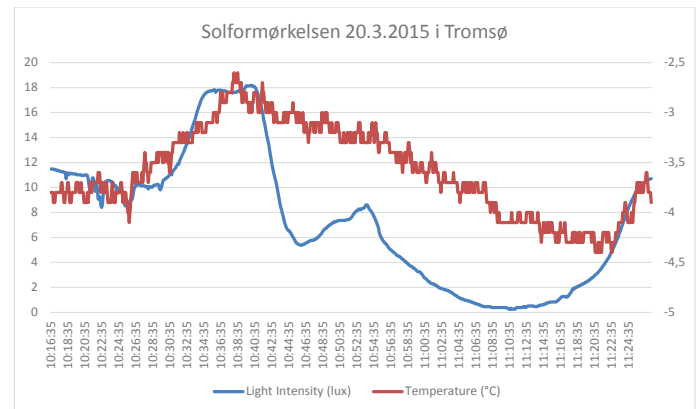
Ser vi på resultatet av den automatiske målingen hvert femte sekund gjennom hele skoledagen, så er det tydelig at lysintensiteten varierte kraftig den delvis overskyete dagen.



Grafene viser belysningstetthet (lux) og temperatur (°C), før, under og etter solformørkelsen. Bildene fra sola i innfeltet er tatt med Canon60D og 400 mm telelinse med solfilter.

Solformørkelsen ble ikke tydelig med en gang. Variasjonen mellom skyfri himmel og overskyet så ut til å være større enn den manglende delen av sollyset. Det finnes imidlertid en tydelig tendens til at belysningstettheten blir mindre. Akkurat rundt maksimalformørkelsen kl. 11.09 ser vi at lyset synker kraftig ned til 0,26 lux, mye kraftigere enn variasjonene før og etter. Selve utformingen av kurven viser også at vi her har en kontinuerlig bevegelse istedenfor

den tilfeldige tildekningen av sola pga. skyer. Vi ser også en tydelig sammenheng mellom temperatur og belysningstetthet. Selv om variasjonen er mindre enn to grader, så er det allikevel påfallende at den følger lysintensiteten. Dessuten føles det enda mer intenst for den som utsetter huden sin for direkte belysning eller mangel på denne.



Grafene viser belysningstetthet og temperatur under maksimal formørkelse.

Flere faktorer må tas hensyn til hvis vi skal sammenlikne dataene med andre; målesikkerhet, oppsettet, skygge, temperatur, solhøyde og dermed den absolutte innstrålinga. Denne målinga er fra Tromsø. Vi hadde et nytt snødekke, relativt lav solhøyde, lave temperaturer, og dermed mindre temperaturvariasjon enn for eksempel kolleger i Trondheim hadde, der sola sto høyt.

Resultatene våre er selvfølgelig ikke verdens nyeste funn, og litteraturen bekrefter at den manglende delen av varmestrålingen har direkte virkning på temperaturnivået. Poenget mitt er den enorme motiverende faktoren som dette har på den enkelte elev/student. De ser hvordan sine egenmålte naturstørrelser blir til, og kan sammenlikne disse med vitenskapelige resultat.

Siden solformørkelser er temmelig sjeldne, kan dette eksempelet dessverre ikke brukes hvert år. Oppsettet kan allikevel utmerket anvendes for å dokumentere for eksempel effekten av skyer foran sola eller lysintensiteten i løpet av et døgn.



Videreutdanningskurs for nordiske lærere i 2016 – spennende aktiviteter i felt og klasserom!

I samarbeid med den europeiske romorganisasjonen (ESA) tilbyr Nasjonalt senter for romrelatert opplæring (NAROM) en rekke spennende etter- og videreutdanningskurs for lærere. Kursene er gratis og det gis reisestøtte for deltakelse på feltsamlingene.

Satellittbilder, GPS og GIS i skolen, Andøya

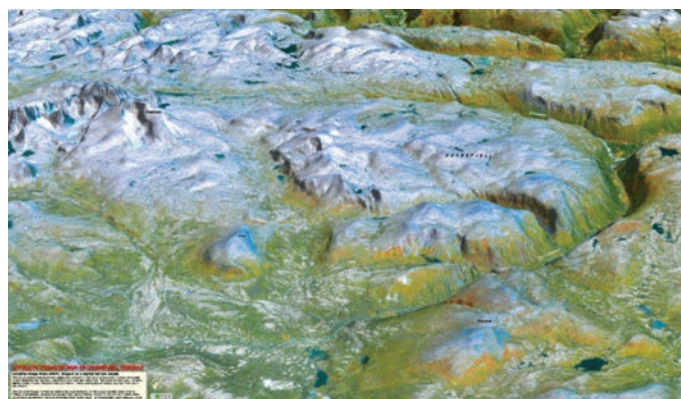
To elever gransker et høyoppløselig satellittbilde over deres hjemsted. Læreren har gitt dem svært gode verktøy for å gjøre en analyse av satellittbildet. De har nå identifisert ulike vegetasjonstyper: gress, skog og åker, men i tillegg ser de noen merkelige mørkegrønne flekker som ikke passer med noe av det de til nå har lært. Flekkene er små, men veldig godt definert og i stort antall. Hva gjør de for å finne ut av dette? Jo, de markerer koordinatene i en GPS, tar kameraet og en notisblokk, og går så ut for å sjekke hva det er. Denne metodikken er typisk for dette kurset: først studerer man særegne motiver i satellittbilder, og så gjør man en identifikasjon på stedet.



Fra kurset *Satellittbilder, GPS og GIS i skolen*.

Bruk av GPS-systemer sammen med programvarer for å analysere satellittbilder, gir mange spennende muligheter til aktiviteter i skolen: identifisering av jordsmonn, skredutsatte plasser og vannledninger, se på flyfoto og sammenligne med satellittbilde for å se hvordan en by eller isbre har endret seg over tid, sammenligne grøntarealet i byer før og nå osv. Dette er eksempler på oppgaver og prosjekter som kan gjennomføres i skolen.

I tillegg gir emnet innsikt og verktøy for å analysere satellittbilder som gir informasjon om helsen til jorden: utviklingen av havisen i Arktis og variasjoner av CO₂ og ozonnivået er av de mange parameterne som kan studeres gjennom enkle øvelser. Denne fantastiske kombinasjon av verktøy kan brukes til å berike opplæringen i naturvitenskap og geografi.



Satellittbilde.



Kurset *Satellittbilder, GPS og GIS* avholdes på Andøya, et ekstraordinært sted på grunn av øyas unike geologi. Andøya ser ut til å være det eneste stedet i Skandinavia som ikke var dekket av is under siste istid. Dette har gitt landskapet en helt spesiell utforming med mange geologiskatter som blir utforsket ved bruk av satellittbilder og feltarbeid.

Tema: Aktuelle temaer er værutvikling, havis, havstrømmer, vegetasjon, ozon, samt tolking av satellittbilder ved bruk av bildebehandling kombinert med digitale kartdata / geografiske informasjonssystem og bruk av GPS i felt.

Andre lærerkurs som tilbys i 2016 er:

Under polarhimmelen

Tema: Overvåking av solaktivitet, romvær, sola og nordlys, instrumentering og observasjoner, forskning knyttet til romvær.

Verdensrom og klasserom

Tema: Forskning i verdensrommet vha. romsonder og bemannede ferder, studie av solvind og nordlysfenomen, undervisningsmaterieell for romstasjonen ISS, opplæring i satellittnavigasjon og GPS.

Geologi i skolen

Tema: Praktiske aktiviteter i geologi som kan benyttes i egen undervisning. I tillegg vil deltakerne få innføring i hvordan GPS, GIS og satellittbilder kan benyttes i felt.

Klimaforskning i polare landskap

Tema: Endringer i arktisk vær og klima, permafrost, havstrømmer og havis, isbreer, landformer og landskap.



Spor på marken og fenomen på himmelen

Tema: Geologi og verdensrommet, fagdidaktikk.

CanSat

Tema: Generell romfysikk og mikrogravitasjon, satellitteknologi ved lokalisering (GPS), kommunikasjon og dataoverføring, design og bygging av CanSat, fagdidaktikk.

Nordic Teachers' Space Camp

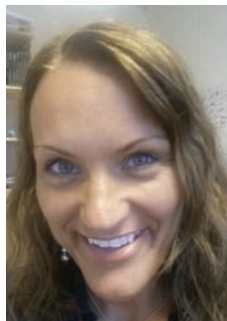
Tema: Praktisk anvendelse av fysikk, matematikk og teknologi. Dette for å øke interessen for, og i større grad ta i bruk, romrelaterte emner og teknologi i skolen.

Raketter i skolen

Tema: Fysikken bak raketteknikk, modellrakettverksted og regneøvelser. Hvordan bruke raketter som tema i undervisningen.

Finn flere kurs på: www.esero.no





Rom for læring – undervisningsopplegg om verdensrommet

Hensikten med Rom for læring er å gripe fatt i elevenes nysgjerrighet for naturfag ved å bruke verdensrommet og romfart som utgangspunkt for undring og læring. Hvordan er det fysiske miljøet på andre planeter forskjellig fra jorda, og hva skjer med menneskekroppen under lengre opphold i vektløse betingelser?

Centre for Interdisciplinary Research in Space (CIRIS) har utarbeidet flere undervisningsopplegg med støtte fra Norsk Romsenter og i samarbeid med Bodil Svendsen ved Program for lærerutdanning ved NTNU. *Rom for læring* er tilpasset kompetansemål i grunnskolen og i videregående opplæring. I denne artikkelen presenterer vi to eksempler på elevaktiviteter som kan arbeides med ut fra et utforskende undervisningsperspektiv i naturfag. Disse to oppleggene er bearbejdet av Naturfagsenteret og lagt ut på naturfag.no.

Dagens elever er nysgjerrige på verdensrommet. I følge Angell m.fl. (2011) er det dette temaet norske elever vet mest om i naturfaget. Elevene undrer seg ofte over hverdagslige fenomener som månefaser og årstider, men også om det vi ikke vet så mye om enda, for eksempel om det er liv der ute og hvordan universet vil være i fremtiden. Temaet har fått stor plass i naturfaget gjennom hele grunnskolen samt Vg1. Liv på andre steder enn jorda er spennende for elever uansett kjønn (jfr. ROSE-undersøkelsen). Her ligger det derfor et stort potensiale for god motivasjon i emnet i naturfag.

Utforskende undervisning har som mål å bidra til at elever utvikler sine evner til å møte komplekse problemstillinger der naturfaglige argumenter inngår. Dette betinger at elevene utvikler forståelse for naturfaglige begreper gjennom utforskende metoder. *Rom for læring* setter rammer for en undervisning som elevene ser er relevant kunnskap for livet utenfor og etter skolen.

Utforskende undervisning er drevet av nysgjerrighet. Det involverer undring, å stille spørsmål og å observere. Det innebærer også å lese bøker om hva andre har lært, planlegge undersøkelser, samle og analysere informasjon, tenke over hva man har lært i lys av nye bevis, og å foreslå forklaringer og forutsigelser. Utforskende undervisning fordrer kritisk og logisk tenkning, å overveie alternative forklaringer og evnen til å forandre egne ideer. Både forskere og gode lesere er utforskende! (Barber, 2009).

Rom for læring har instruksjoner til læreren med tips og råd underveis i læringsprosessen, og veiledninger med eksempler på oppgaver og lenker til informasjon. Temaet verdensrommet gir elevene et spennende utgangspunkt for ny kunnskap, og vi håper lærere rundt om i landet vil utfordre sine elever i et spennende og lærerikt tema.

Livet i verdensrommet

Er vi alene i universet? Menneskets undring over om det finnes andre former for liv enn dem vi kjenner i dag har pågått så lenge vi har hatt bevissthet om vår plass i universet. Universet rommer et ukjent antall galakser med milliarder av planeter. De siste tiårene har vi observert mange eksoplaneter, planeter i andre solsystemer



Andromeda er vår nærmeste spiralgalakse. Finnes det planeter der som inneholder liv? Foto: GALEX, JPL-Caltech, NASA

enn vårt eget, og vi ser stadig tegn på at flere av disse kan ha forhold som muliggjør liv. Solsystemet vårt befinner seg i ytterkanten av Melkeveien, og utgjør bare et lite sandkorn i mylderet der ute. Noe liv kan finnes i vårt solsystem, kanskje på Mars? Men hva er egentlig liv, hva skal til for at liv skal oppstå, og hva menes med at forholdene er riktige for at liv skal kunne eksistere?

I *Livet i verdensrommet* er det lagt opp til argumentasjon og andre elevaktiviteter som skal gi grunnleggende forståelse og innføring i astrobiologien; Hva kjennetegner livet slik vi mennesker har definert det, og hva legges til grunn for søken etter liv andre steder?

Astronauthelse

Mennesker bor og jobber i verdensrommet i dag, og har gjort det kontinuerlig i de siste 14 årene. Astronautene bor på Den internasjonale romstasjonen (ISS, International Space Station). Samtidig som ISS går i bane rundt jorda med en fart på 27 000 km/t foregår det trafikk av astronauter til og fra romstasjonen. Astronautene kommer fra mange ulike land, og de bor og jobber på romstasjonen i vitenskapens navn i månedsvis. Langt hjemmefra svever de rundt i et fartøy som må sørge for å gi de best mulige forhold for å jobbe og leve i et ekstremt og farlig miljø. Boforholdene og miljøet på ISS er annerledes enn på jorden. Det skjer mange endringer inne i kroppene til astronautene. *Astronauthelse* handler om de



Luca Parmitano svever rundt på den internasjonale romstasjonen (ISS) og kroppen hans blir påvirket av vektløshet på flere måter. Foto: NASA/ESA

endringer kroppen opplever på en slik tur, og er et utgangspunkt for å utforske menneskekroppens funksjoner under forhold som kan være ulike forholdene på jorden.

Referanser

Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk (Physics education)*. Kristiansand: Høyskoleforlaget (Norwegian academic press).

Barber, J. P. (2009). *Integration of Learning: Meaning making for undergraduates through connection, application, and synthesis*. (Doctoral dissertation, University of Michigan, Ann Arbor). (UMI No. 3354010).

Her finner du undervisningsoppleggene:

Livet i verdensrommet:

naturfag.no/livet-i-verdensrommet

Astronauthelse

naturfag.no/astronauthelse

Mer bakgrunnsstoff og flere opplegg finnes i NTNUs SL-hefte nr. 17: www.ntnu.no/web/skolelab/sl17

To nye nummer av KIMEN

Naturfagsenteret gir ut tidsskriftet KIMEN når vi ønsker å belyse et tema eller et prosjekt. Målgruppa er lærere og lærerutdannere. De foreligger både i papirutgave og elektronisk på naturfagsenteret.no/kimen

Utdanning for bærekraftig utvikling



Dette heftet tar opp utviklingen fra naturvern som satsingsområde til dagens utdanning for bærekraftig utvikling. Heftet viser hva slags arbeid som har pågått internasjonalt og nasjonalt siden 1972 da FNs miljøvernprogram ble startet og hva slags satsing vi har i dag på utdanning for bærekraftig utvikling. Det er lagt ned et betydelig arbeid både gjennom FN-systemet og andre organer for å utvikle strategier innen utdanning for bærekraftig utvikling. Har disse planene fått gjennomslag i opplæringen? I hvilken grad har dette påvirket skolehverdagen til elevene? Her kan du lese om de ulike prosjektene som har sett dagens lys i løpet av de siste 40 årene.

Skolehagen som opplevels- og læringsarena



Å få planter til å gro, se frø spire i vinduskarmen, i krukke eller bed er alle aktiviteter som kan knyttes opp til flere fag i skolen. Disse aktivitetene kan være det som skal til for å engasjere barn og unge i store spørsmål som verden står overfor knyttet til matsikkerhet, matproduksjon og nok mat til alle. Skolehagen egner seg i så måte ypperlig til tverrfaglig arbeid mellom mange fag i skolen og til arbeid med grunnleggende ferdigheter. Å kunne lære om mat og matsikkerhet gjennom å dyrke maten selv gir elevene autentiske og praktiske opplevelser og erfaringer som det ikke er lett å tilegne seg gjennom teori alene. Å følge et frø fra jord til bord og høste fra hagen kan bidra til at elever i større grad forstår behovet for å ta vare på den maten vi produserer og minske omfanget av matavfall.

Dette heftet gir informasjon om skolehagens muligheter og inspirasjon til å ta skolehager i bruk.

Illusjoner

Du tror det ikke når du har sett det

Nils Kr. Rossing

Vitensenteret Trondheim

vitensenteret.com/nb/illusjoner

ISBN: 9788292088494

Hvordan kan vi ved hjelp av enkle eksperimenter og aktiviteter bedre forstå hvordan synssansen fungerer?

Det sentrale temaet i boka er hvordan man ved hjelp av enkle eksperimenter kan skape økt forståelse for hvordan synssansen fungerer. Leseren vil oppdage at vår visuelle sansning skjer gjennom en tillært tolkning av inntrykk, en tolkning som benytter seg av enkle regler for hvordan et sanseintrykk skal forståes. Flere av eksperimentene legger opp til å utfordre både øyets fysiologi og reglene for tolkning av sanseintrykk. På bakgrunn av resultatene fra eksperimenter jeg eller andre har gjort, og leseren oppmuntres til å gjenta, har jeg forsøkt å skape økt innsikt i de prosessene som ligger bak vår tolkning av den visuelle verden.

Selv om boka er ment å være et supplement til undervisningen i grunnskole og videregående skole, kan den med stort utbytte leses uavhengig av en undervisningssituasjon. De aller fleste eksperimentene krever et minimum av utstyr og burde kunne gjøres av de fleste.



BOKOMTALER

Nysgjerrig på ... havdypet

**Marianne Løken
Espen Friberg (ill.)**
ISBN:9788282381147
Mangschou Forlag



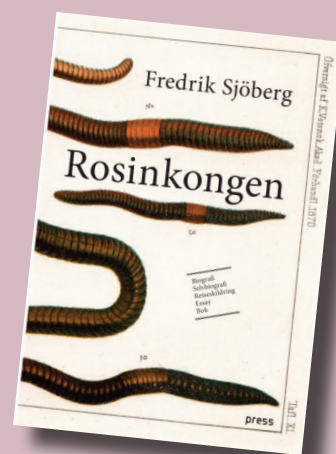
Visste du at det lever monsterblekkspruter flere tusen meter ned i havdypet? Eller at dypvannsdyr lager sitt eget lys for å fange mat eller skremme fiender? Og hvorfor er det sånn at dypvannsfisker tåler det enorme trykket i havet, når mennesker ikke gjør det? Langt, langt nede i dypet foregår det ting vi mennesker har lite greie på. Det hindrer ikke forskerne å finne det ut.

I denne boka skal vi gjøre et dykk ned i havdypet for å bli bedre kjent med skapninger som bor der ingen skulle tro at noen kunne bo. Boka er gjennomillustrert med fotografier og tegninger og passer for barn mellom 8 og 14 år.

Nysgjerrig på ... er en fagbokserie for barn om forskning og vitenskap, utgitt i samarbeid med Nysgjerrigper i Norges forskningsråd.

Rosinkongen

Fredrik Sjöberg
ISBN: 9788275477901
Forlaget Press



Rosinkongen er en bok helt for seg selv – en umotståelig blanding av biografi, selvbiografi, roman, historie, essay, vitenskapsformidling, reiseskildring og skrøne.

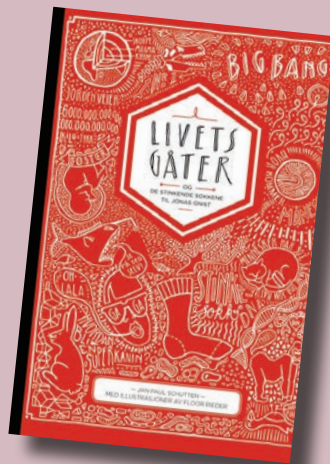
Hva sier du?! Har du ikke hørt om Gustav Eisen (1847–1940)? Det var rart. Det var nemlig han som inspirerte Charles Darwin. Etterpå lærte han August Strindberg å male. Og så fant han Den Hellige Gral (joda, helt bokstavelig). Vi glemte forresten et par ting nå: Eisen var den som reddet sequoiatrærne i USA. Han var verdensledende ekspert på meitemark. Han var med på å starte opp vinindustrien i California. Han var en pioner i kampen for å opprette nasjonalparker. Han skrev et epokegjørende verk om rosiner. Nesten ingen i verden visste mer om glassperler enn han. Og da han fylte 93 år, rapporterte New York Times fra bursdagen at Eisen blåste ut alle de 93 lysene på kaken i første forsøk.

Rosinkongen er bok om en utrolig mann – og ikke minst om forfatteren selv. Fredrik Sjöberg er svensk biolog og forfatter med et stort internasjonalt publikum.

Livets gåter

og de stinkende sokkene til Jonas Gnist

**Jan Paul Schutten
Floor Rieder**
ISBN: 9788243009769
Spartacus



Prisvinnende, europeisk bestselger: Årets vakreste sakprosa bok for barn?

Blir sønnen til Messi også god til å spille fotball?
Hvor kom det første levende vesenet på jorda fra?
Hva er DNA og hvorfor er det så ofte med i krimserier?
Hvorfor får vi gåsehud?
Hvordan klare seg uten rompe?

I boka finner vi svar på alt det som har ført fram til verden vi lever i i dag. Om jordens alder og universet. Om Darwin og fugler. Om seksuell seleksjon og den sterkeste rett. Og om hvordan menneskekroppen fremdeles er som en makrell. Her serveres fire milliarder år på 160 sider.

Stjerneklart

Siste nytt fra verdensrommet

**Jostein Riiser Kristiansen
(m.fl.) red.**
ISBN: 9788243009738
Spartacus



Verdensrommet er et stort tema: Hva var før Big Bang? Kommer livet på jorda fra andre planeter? En kvasar lyser mer enn tusen milliarder soler, men hva er en kvasar? Og hvorfor kan vi se den samme kvasaren seks forskjellige steder på himmelen?

Spørsmålene over – og mange flere – blir behandlet av et bredt utvalg av forskere og skribenter. Her finner du en samling av de mest spennende tekstene om verdensrommet og romfart fra de siste årene. Noen bidrag er også skrevet spesielt for denne boka.

Dette er andre bok ut i serien «Populærvitenskap som angår deg», og den første var *Isfritt* (2014).

BOKOMTALER

Det usynlige universet

**Jostein Riiser
Kristiansen**

ISBN: 9788282821186

Humanist forlag



Bak det mektige, synlige universet som hvelver seg over oss om natten skjuler det seg noe annet og mye større. De fleste astronomer i dag tror at 95 prosent av innholdet i universet er usynlig. Alt vi kan se rundt oss i det daglige og på alle de vakre bildene fra Hubble-teleskopet, utgjør trolig bare fem prosent av det som finnes der ute. Resten er mørk materie og mørk energi - en del av virkeligheten som vi bare så vidt har begynt å forstå.

Hva er disse mørke, usynlige substansene for noe? Og hvordan kan vi være så sikre på at de finnes?

Utdanning for bærekraftig utvikling

Astrid T. Sinnes

ISBN: 9788215024714

Universitetsforlaget



Denne boken gir en innføring i undervisning for bærekraftig utvikling.

Boken viser hvordan undervisning og læring kan legges opp for å fremme de kompetansene elever vil trenge for kunne bidra til en bærekraftig utvikling. Forfatteren gir henvisninger til litteratur og nettsteder hvor lærere kan finne oppdatert informasjon om problemstillinger knyttet til klima og miljø. Gjennom hele boken gis det også konkrete tips til undervisningsopplegg.

Boken er relevant for lærere, studenter og andre som er opptatt av hvordan skole og utdanning kan utruste elever til å imøtekomme miljøutfordringer og kunne bidra til en mer bærekraftig utvikling.

