

# Lærervejledning

Kære lærer

Først og fremmest tak fordi du har tænkt dig at bruge dette undervisningsmateriale som en del af din undervisning. Dette dokument er en komplet vejledning til dig, der gennemgår alle de ting, som ikke nødvendigvis fremgår af elevernes vejledning. Det er forholdsvis simple og meget visuelle forsøg I skal udføre, som giver eleverne stor viden omkring især fotosyntese og alger.

Vi arbejder hele tiden på at forbedre vores undervisningskits, så vi har brug for evalueringer fra dine elever om, hvordan de synes forsøget og tilhørende materiale fungerede. Elevlinket til evalueringsskema finder eleverne her (5-7 minutter):

<https://goo.gl/forms/abFddjLMkKgO7EM43>

Du må som lærer meget gerne udfylde nedenstående evalueringsskema, så vi kan se hvad der skal optimeres i fremtiden. Så bliver kittet nemmere at bruge for lærere og elever, og I får mest muligt ud af materialet. Lærer-evalueringen finder du her (8-10 minutter):

<https://goo.gl/forms/mFz45EmPm3sNa19j1>

Tusinde tak for jeres svar. Det har utroligt stor betydning for vores fremtidige undervisningskits.

Rigtig god fornøjelse med forsøgene!

## Oversigt over undervisningsforløbet

Alle dokumenter findes i den samlede mappe og er først navngivet efter hvilken lektion det skal bruges i (fx Lektion 1), herefter hvilken dokumenttype det er med tilhørende farvekode (fx **Forsøg**) og til sidst en kort beskrivelse af hvilke emner det omhandler. **Lektion 1\_Forsøg\_Mikroskopi** er derfor en forsøgsvejledning til mikroskopi, som skal bruges i lektion 1.

Dokumenttyper i undervisningskittet med tilhørende farvekode er: **Tekst** • **Øvelse** • **Forsøg** • **PowerPoint**

	Forberedelse for eleverne	Arbejde i klasseværelset	Arbejde i laboratoriet	Lærerens opsamling
Uge 1	Læse om fotosyntese og respiration <b>Lektion 1_Tekst_Fotosyntese og respiration</b>	Grafisk model over fotosyntese og respiration i kredsløb <b>Lektion 1_Øvelse_Tegn et kredsløb</b>	Ryst algerne og se dem lyse <sup>1</sup>  Undersøg algerne under mikroskop <b>Lektion 1_Forsøg_Mikroskopi</b>	Opsamling på teori om fotosyntese og respiration <b>Lektion 1_PowerPoint_Fotosyntese og respiration</b>
Uge 2	Læse om bioluminescens <b>Lektion 2_Tekst_Bioluminescens</b>	Plads til lærerens input <sup>2</sup>	Hælde nyt medie på algerne og igangsætte eksperimentet <b>Lektion 2_Forsøg_fotosyntese og selvlysende alger</b>	Opsamling på teori om bioluminescens og grafisk model <b>Lektion 2_PowerPoint_Bioluminescens og grafisk model</b>
Uge 3 <sup>3</sup>	Læse afsnit om fremtiden <b>Lektion 3_Tekst_Fremtiden</b>	Eleverne svarer på spørgsmål for eksperimentet (samme dokument som til lektion 2) <b>Lektion 2_Forsøg_fotosyntese og selvlysende alger</b>	Se resultatet af eksperimentet  Vis eleverne hvordan syre/alkohol påvirker algerne <sup>4</sup>	Opsamling på teori om fremtiden og spørgsmålene for eksperimentet <b>Lektion 3_PowerPoint_Fremtiden og spørgsmål for eksperimentet</b>
Uge 4	Tanke øvelse: tænke over anvendelser af selvlysende alger	Lave en kreativ præsentation om anvendelse af selvlysende alger <b>Lektion 4_Øvelse_Kreativ øvelse</b>	Rydde op efter forsøg og give eleverne algerne med hjem	Samle op på svære begreber og kæde emnet til undervisningsplanen
Uge 5	Eleverne færdiggør deres kreative præsentation	Eleverne præsenterer deres ide for resten af klassen		Evaluering af Allumens materiale for elever og lærere (☺)

<sup>1</sup> Med ”ryst algerne og se dem lyse” menes at du kan vise eleverne, hvordan bioluminescens ser ud, ved at ryste de selvlysende alger i mørket.

<sup>2</sup> Her kan du f.eks. vise en film om bioluminescens i dybhavet, forklare eleverne hvordan dette emne kommer til at indgå i den naturfaglige prøve eller sammenkæde Allumens undervisningsmateriale med et emne, som I skal eller har beskæftiget jer med i undervisningen.

<sup>3</sup> Hvis I er hurtige færdige med denne lektion, kan eleverne præsenteres for den kreative øvelse allerede her, så de har mere tid til at forberede præsentationen.

<sup>4</sup> Vejledningen findes i dokumentet ”Lærevejledning”.

## Disse materialer skal du anskaffe

1 lampe  
1 tænd-og-sluk ur  
Mikroskoper  
Mikroskop-slides af glas  
Dækglas  
Pipetter (1-3 ml. engangspipetter virker fint)  
Eddikesyre/alkohol (minimum 40 procent)

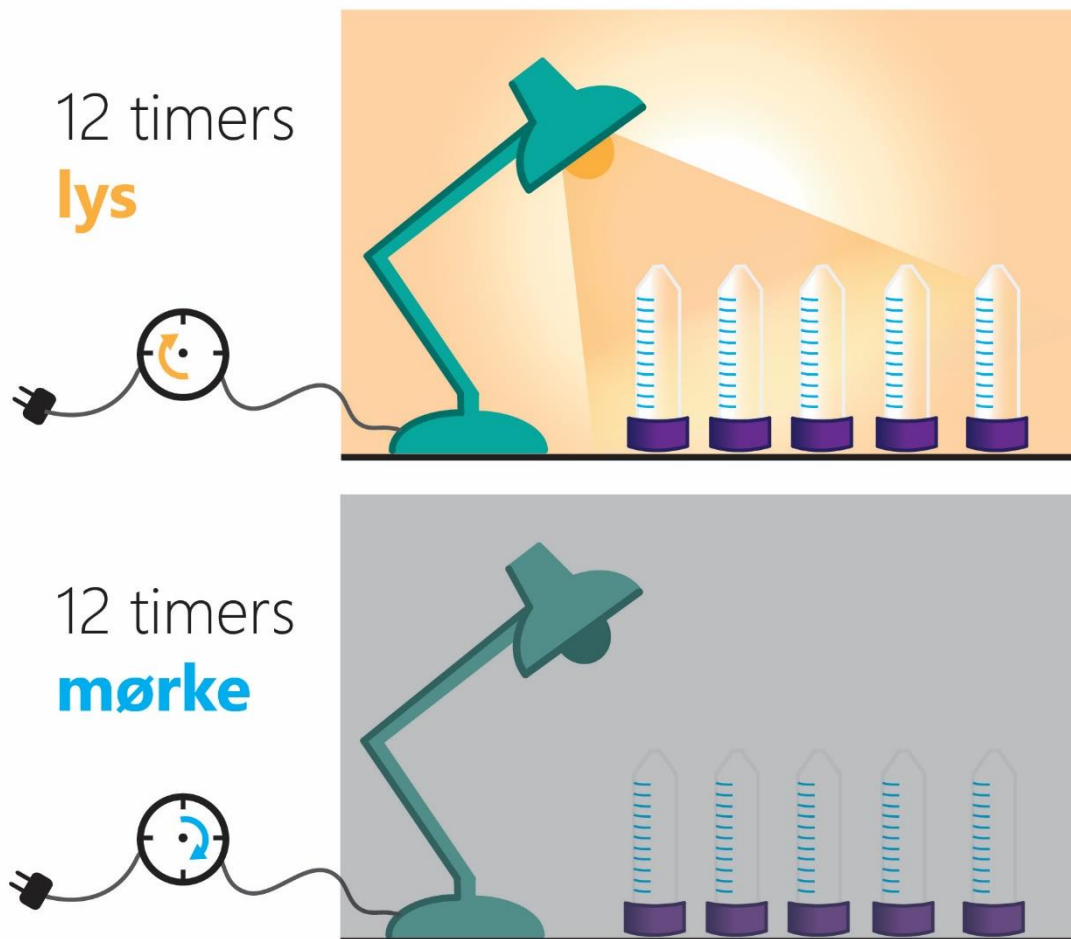
## Disse materialer sender Allumen til dig

Selvlysende alger i Allumen Medie (1 plastikbeholder per gruppe af 2 elever)  
Ekstra plastikbeholdere til selvlysende alger (1 tom plastikbeholder per gruppe af 2 elever)  
Allumen Medie til medieskift forsøget  
Alt teoretisk materiale, øvelser, PowerPoints og vejledninger (elektronisk)

## Sådan gror du selvlysende alger

Når du modtager algerne, vil de ankomme sterilt i en plastikbeholder på 50 ml. Disse plastikbeholdere med alger skal nu gro i en cyklus af lys og mørke. Algerne skal have 12 timer i lys og 12 timer i mørke i døgnet. Normalt ville man bare sætte algerne i sollys, men da algerne kun lyser i mørke, er det smart at vende døgnrytmen for disse, så eleverne kan se algerne lyse i skoletiden. Når I vender algernes døgnrytme, står de i mørke når eleverne er i skole og i lys om natten. Dette gøres ved først at placere algerne et mørkt sted. Det kunne være i en kælder, et skab eller bare papkassen, som algerne sendes i, med noget sort stof henover. Derefter finder i en lampe med en almindelig pære (LED og glødepærer virker begge fint). Bare sørg for at det ikke er en pære, der kun lyser med fx rødt lys, algerne skal nemlig have hele lysspektret fra en almindelig lyspære. Det er også vigtigt ikke at vælge en lampe der bliver alt for varm. Hvis algerne bliver mere end 35 grader varme, så overlever de ikke forsøget. Tilslut lampen til en timer (tænd-og-sluk-ur) og sæt fx lampen til at lyse fra kl. 19-07 og til at være slukket fra 7-19 (når eleverne er i skole). Derefter placeres lampen i det mørke

rum, med lidt afstand til algerne, så de ikke bliver alt for opvarmede. Algerne har det bedst omkring stuetemperatur (20-25 grader), så tænk over et mørkt sted som ikke er hverken for koldt eller for varmt. Se Figur 1 for at se en mulig opstilling.



**Figur 1** Illustrationen viser hvordan en mulig 12 timers lys/mørke forsøgsopstilling kan se ud. Bemærk at det selvfølgelig er den samme lampe i bruger, men at timeren (tænd-og-sluk-uret) bestemmer hvornår lampen er tændt og slukket.

Når eleverne skal se algerne lyse, er det vigtigt, at I finder et helt mørkt rum. Det er vigtigt at tage højde for, at algerne har været i deres mørkecyklus mindst 30 min. før I ryster algerne for at opleve lyset (optimalt set 2-4 timer, her lyser de nemlig mest). Algerne skal nemlig lige vænne sig til, at det er mørkt, og de skal begynde at lyse. Pas på at eleverne ikke støder sammen i det mørke rum. Når eleverne arbejder med algerne og skal hælde nyt medie på dem, så gør det med fordel i et helt lyst rum fx klasselokalet, så eleverne kan se, hvordan algerne ser ud i dagslys.

Kittet består af essentielle komponenter til forsøget. I får tilsendt algerne i 50 ml. plastikbeholdere, så der er nok til hver gruppe bestående af to elever. Derudover får I tilsendt ekstra plastikbeholder til når eleverne hælder nyt medie på algerne i klasseværelset. Yderligere får I selvfølgelig nyt medie til algerne bestående af saltvand (30 promille saltkoncentration), spormetaller, vitaminer og andre saltforbindelser. Derudover kan I printe både det teoretiske undervisningsmateriale, elevvejledninger, eller sende det online til eleverne, så de kan læse det på computeren.

## Dette skal du som lærer sørge for

Når I har modtaget algerne, skal du som lærer kun sørge for at finde en lampe og en timer (tænd-og-sluk-ur) samt et passende mørkt rum. Timeren bruges til at sætte algerne i den rigtige cyklus af lys og mørke, og den kan købes i enhver elektronikforretning, større supermarkeder og byggemarkeder. Eleverne kan med fordel inddrages så tidligt som muligt i forsøget, så de føler at det er deres egne selvlysende alger, som de skal arbejde med og passe på.

## Bortskaffelse af materialer og opløsninger

Alle materialer er fuldstændigt ufarlige og derfor perfekte til undervisningsbrug. Det er dog ikke en god ide, at eleverne drikker algerne, da de vokser i høj saltkoncentration, og er derfor ikke sunde at drikke i store mængder. Når I er færdige med forsøget, opfordrer vi til, at eleverne tager deres alger med hjem. Her kan eleverne gro dem videre på deres værelse i sollys fremfor med en lampe. Når overskydende alger og medie skal smides ud, skal kogende vand hældes over algerne, så algerne dør, inden det så kan hældes i håndvasken. På den måde sikrer vi os, at algerne ikke kommer ud i den danske natur, hvor de ikke hører hjemme. I må meget gerne opfordre jeres elever til at hælde kogende vand over deres alger, når de engang vil skille sig af med deres egne alger. Al plastik kan genbruges, og det skal derfor i plastikaffald.

I princippet kan algerne leve op til flere måneder efter forsøgets afslutning uden at få tilsat nyt medie. Det konkrete tidsrum kommer an på, om algerne er blevet

kontamineret under forsøget. Når eleverne åbner plastikbeholderen kan bakterier og svampe komme ned i plastikbeholderen, og de kan over tid udkonkurrere algerne. Derfor dør algerne, og algerne stopper med at lyse.

## Eddikesyre-forsøg og lidt teori om genregulering

Dette afsnit giver et bud på, hvordan I kan lave et ekstra forsøg og snakke yderligere teori med eleverne. Et fedt lille ekstra forsøg I kan lave, er at udsætte algerne for eddikesyre eller alkohol. Hvis du tænker at eleverne kan håndtere det, så kan de tage nogle alger fra deres falcontubes (stadigvæk i deres mørkefase) og prøve det. Ellers kan du som lærer vise eleverne det med nogle af algerne, som vi har sendt i en stor T-flask til dig. Det lyder brutalt, men det kan lære eleverne rigtig meget om genregulering. Hvis I laver en opløsning af 50 mM. eddikesyre (40-100 procent alkohol kan også bruges i mangel på eddikesyre), og hælder det stille og roligt på algerne (mængden betyder ikke så meget), når det er helt mørkt, og de er i deres mørkecyklus, så kan I se, at de udsender konstant bioluminescens. Pas godt på fingrene og øjnene, når I håndterer syren i mørket. Det der sker her er, at algecellerne dør. Eddikesyre og alkohol opløser nemlig membranen hos algerne, hvilket betyder, at al indholdet af cellerne ryger ud i væsken. Nu flyder enzymet luciferase og substratet luciferin altså frit rundt uden reguleringen fra algen, som nu er død. Derfor vil luciferase konstant binde sig til luciferin, indtil der ikke længere er ATP (energi) nok til stede. Derfor ser vi nu konstant bioluminescens, hvorimod når algerne er levende, kan de kontrollere via genregulering (vha. pH ændringer), at algerne kun lyser, når de er i mørke, og at de samtidigt rystes. Det er altså et super tydeligt eksperiment, som viser, hvor effektiv genreguleringen er i en celle. De præcise gener involveret i denne regulering og den eksakte mekanisme bagved kendes desværre ikke endnu. En sjov sidebemærkning er, at fordi alkoholen har denne visuelle effekt i form af konstant bioluminescens, vil du måske i fremtiden kunne bestille selvlysende drinks på din lokale bar. Algerne tilsættes i drinken og udsender konstant lys, når bartenderen som den sidste ingrediens hælder alkoholen i din drink. Det er et produkt, som vi,

Allumen, har i pipelinen. Efter dette lille forsøg er algerne selvfølgelig døde, og de kan hældes direkte i vasken, da koncentrationen af eddikesyre er meget lav.

Spørgsmål til forsøgene med svar og kort forklaring (se også PowerPoint med svarene)

Spørgsmål med tilhørende svar til forsøgene er listet nedenfor.

Grafisk model (gennemgås i lektion 2)

Hvad viser modellen i forhold til  $O_2$  og  $CO_2$  (tænk over om den viser et kredsløb)?

**Svar** Modellen viser en sammenhæng mellem  $O_2$  og  $CO_2$  (kredsløb). Når planter og alger laver fotosyntese frigiver de oxygen til luften, som dyrene kan bruge til at lave respiration. I respiration frigiver dyrene  $CO_2$  til luften som planterne kan bruge til fotosyntese. Det hele hænger sammen i et kredsløb.

Hvordan afspejler denne model virkeligheden? Er der noget som modellen ikke tager højde for?

**Svar** Dette er kun en model og derfor ikke et nøjagtigt billede af virkeligheden. Der er mange ting som modellen ikke tager højde for, prøv at kom med bud på hvilke.

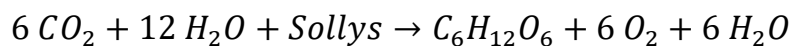
Hvordan kunne man lave en mere præcis model? Hvad skulle inkluderes?

**Svar** Hvis modellen skulle være mere præcis kunne man inkludere mange andre faktorer. Fx den enorme mængde  $CO_2$  udledning fra fly, biler og fra de dyr vi spiser, eller al den  $CO_2$  som er bundet i store skovområder. Så kan i se at jeres model viser et udsnit af virkeligheden, så i kan se

sammenhængen mellem fotosyntese og respiration og det er også hele meningen.

## Fotosyntese og selvlysende alger (gennemgås i lektion 3)

Hvis I nu tænker tilbage på denne ligning og sammenholder det med, hvad I har set i forsøget, så skulle I gerne kunne svare på spørgsmålene.



Hvilken beholder forventede I skulle lyse kraftigst, og passede det med jeres resultater?

**Svar** Plastikbeholderen markeret med ”lys” burde lyse kraftigst, da disse alger har haft mulighed for at lave fotosyntese og respiration og derved opbygge mere energi, som de kunne bruge til at udsende lys. Plastikbeholderen markeret med ”mørke” burde lyse mindst, da disse alger kun har haft mulighed for at lave respiration, hvilket resulterer i mindre energi, og derfor har algerne mindre energi til at udsende lys. Det er eksperimentelt påvist og kvantificeret med spektrofotometri, at alger som har stået i 100 procent mørke producerer 50 procent mindre lys, end alger der har stået i 12 timers lys og 12 timers mørke.

Alger laver kun fotosyntese, når de får lys. Men hvad med respiration, foregår denne proces kun i mørke?

**Svar** Alger laver faktisk også respiration i dagslys, men det bliver selvfølgelig reguleret således, at algerne laver mest respiration i mørke og mindre respiration i dagslys, hvor de jo også får energi fra fotosyntesen.



Hvorfor producerer algerne mere energi, når de får lys i forhold til, når de kun står i mørke, og hvordan hænger det sammen med fotosyntese og respiration?

**Svar** Når algerne står i lys laver de både fotosyntese og respiration = rigtig meget energi. Når algerne står i mørke kan de kun få energi fra respiration = mindre energi.

Hvad er den overordnede sammenhæng imellem den energi algerne producerer og intensiteten af lyset, de udsender?

**Svar** Det er tydeligt ud fra dette forsøg at jo mere energi, algerne producerer, jo mere energi har algerne til rådighed til at udsende energi. Husk på at algerne bruger enzymet luciferase til at udsende lys, når det binder til substratet luciferin under forbrug af ATP (energi). Derfor er der en helt klar sammenhæng mellem input og output af energi i algen (tænk på energibevarelse fra fysik).