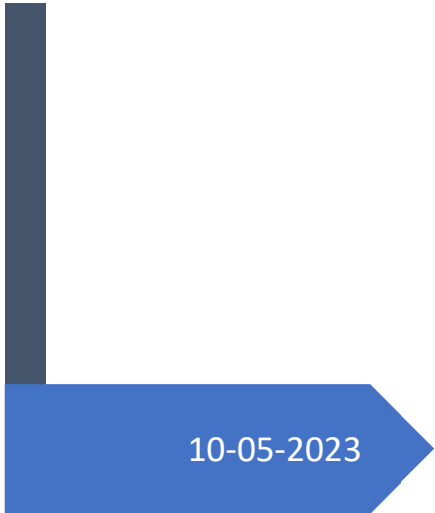
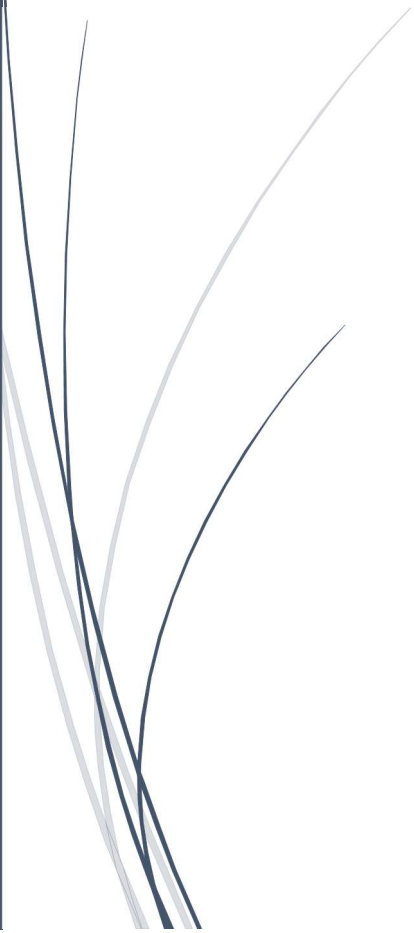


A dark blue vertical bar on the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the date.

10-05-2023

Æstetiske virkemidler i naturfagsundervisningen

Undervisningsprincipper til øget
elevmotivation og -engagement

Several thin, curved, light blue lines that sweep upwards from the bottom left towards the center of the page.

Michael Breinholt Christensen

LÆRERUDDANNELSEN I AARHUS – VIA UNIVERSITY COLLEGE
Bachelorprojekt – Fysik/kemi 2023

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	2
Problemformuleringen.....	3
Læsevejledning	3
1. Projektets centrale begreber og teori	3
De æstetiske udtryksformer.....	3
Motivationsbegrebet.....	5
Undersøgelsesbaseret undervisning og 5E-modellen	6
2. Projektets tilrettelæggelse og metode.....	7
Aktionsforskning – en iterativ læreproces	7
Deltagende observationer	9
Spørgeskemaundersøgelser og uddybende interviews	9
Indsamling og behandling af data	10
Samlet vurdering af metodevalg – metodetriangulering	11
3. Første gennemløb i aktionsforskningscyklussen	11
Implementering af æstetik i naturfagsundervisningen	11
Første aktivitet: Engage med musik og tegning (associativ lytning)	14
Anden aktivitet: Explore med historiefortælling og bevægelse	16
Tredje aktivitet: Elaborate med drama og rollespil.....	18
Samlet vurdering af første gennemløb	20
4. Andet gennemløb i aktionsforskningscyklussen	21
Udvidet motivationsforståelse: CARTAGO	21
Engineering som tilgang til æstetisk undervisning.....	23
Fjerde aktivitet: Explore med håndværk og designprocesser (engineering-didaktik)	24
5. Sammenfatning og diskussion af projektet	26
6. Konklusion og endelige designprincipper	28
Referenceliste	30
Bilag 1 – Uddrag fra transskribering af uddybende interview.....	32
Bilag 2 – Elevsvar fra spørgeskemaundersøgelsen.....	33
Bilag 3 – Produkter fra engage-fasen med musik og tegning (associativ lytning).....	34
Bilag 4 – Historien med forbrændingsmotoren.....	35
Bilag 5 – Rollearksempel fra elaborate-fasen med drama og rollespil.....	36
Bilag 6 – Engineeringopgaven.....	37

Indledning

Gennem tiden har naturens æstetik været til stor inspiration for Einstein, Bohr og mange flere af vores vigtigste videnskabsmænd. Interessant nok har æstetikken og dens plads til leg og fordybning ikke meget plads i naturfagsdidaktikken. I tidsskriftet for læreruddannelse og skole KvaN nr. 122 med temaet "Fantasi og leg" problematiserer lektorer og ph.d. Anders Vestergaard Thomsen og Lars Emmerik Damgaard Knudsen netop dette og påpeger nødvendigheden af didaktiske greb, der skal bibeholde elevernes lyst og interesse for naturfag. (Thomsen & Knudsen, 2022).

"Naturvidenskaben og naturfagsundervisningen bliver i nogle elevers optik ofte lidt kold og distanceret fra deres hverdag og øvrige interesser. Som elev hører man måske om love, fænomener og sammenhænge, som man ikke forstår eller finder relevante." (Thomsen, 2016).

Thomsen og Knudsen foreslår i den forbindelse et øget fokus på æstetiske oplevelser, dialog og refleksion over, hvilken betydning naturen har for os. Meningen er, at de æstetiske og sanselige oplevelser skal hjælpe med at genetablere forbindelsen mellem naturfagsundervisningen og elevernes engagement til naturen. I biologiundervisningen kan dette eksempelvis faciliteres ved i højere grad at gøre brug af eksterne læringsmiljøer. (Thomsen & Knudsen, 2022).

Mange af de naturfagslærere, jeg har snakket med gennem tiden, ønsker også at benytte eksterne læringsmiljøer noget mere. I et fag som fysik/kemi er det dog en udfordring, da brugen af eksterne læringsmiljøer her ofte består i tidskrævende ekskursioner til tekniske anlæg frem for en tur til en nærliggende eng, skov eller å. Det vil derfor være interessant at undersøge, hvorvidt æstetiske læringsformer i stedet kan bidrage til elevernes motivation og engagement i den daglige naturfagsundervisning på skolen, hvor konkrete metoder det seneste årti i stedet har vundet indpas. (Thomsen & Knudsen, 2022). En af disse metoder er Inquiry-based Science Education (herefter IBSE) – en metode med udgangspunkt i en undersøgende tilgang, autentiske spørgsmål, empirisk begrundede forklaringer konstrueret af eleverne samt frihedsgrader og ejerskab til eleverne i det omfang, de kan håndtere det. (Krogh & Andersen, 2019).

Mange elever har haft glæde af denne mere samfundsmæssigt og personligt relevante undersøgende tilgang, der netop skal bidrage til elevernes motivation og engagement i den daglige naturfagsundervisning på skolen. Alligevel ser vi mange elever, der stadig ikke føler, at naturvidenskaben er relevant for dem. (Jørgensen, et al., 2019). Dette projekt vil derfor undersøge, hvordan æstetikken – evt. sammen med en IBSE-tilgang – vil kunne bidrage positivt til elevernes opfattelse af undervisningen.

Det leder til projektets problemformulering:

Problemformuleringen

Jeg vil undersøge, om og hvordan læreren ved brug af den æstetiske virksomhedsform kan designe aktiviteter, der fremmer motivation og engagement hos eleverne i naturfagsundervisningen.

Som en del af min besvarelse vil jeg formulere 3-5 designprincipper, der ville kunne benyttes som didaktisk redskab i undervisningsplanlægningen. Målet med dette er at have et konkret værktøj, jeg selv og andre naturfagslærere vil kunne bruge fremadrettet, såfremt brugen af æstetisk virksomhed viser sig at have en positiv indflydelse på elevernes motivation og engagement.

Læsevejledning

Med henblik på hurtigt at give overblik over og indsigt i de begreber og didaktiske principper, som problemformuleringen indeholder, vil jeg efter denne læsevejledning redegøre for den teori, der er central for projektet (afsnit 1). Herefter vil jeg redegøre for projektets tilrettelæggelse og metode (afsnit 2), der leder mod analyseafsnittet. For at skabe en stringens og systematik i opgaven har jeg valgt at opbygge analyseafsnittet efter *aktionsforskningscyklussen*. Denne tilgang vil blive uddybet i metodeafsnittet, men betyder overordnet set, at analyseafsnittet er en kronologisk gennemgang af min forskning og derved også projektets udvikling (afsnit 3+4). Herunder vil jeg undervejs analysere, vurdere og sammensatte til delkonklusioner, der skal danne grundlag for det videre arbejde i aktionsforskningscyklussen.

Opgaven afsluttes med sammenfatning og diskussion (afsnit 5) samt konklusion og dertilhørende beskrivelse af endelige designprincipper (afsnit 6).

1. Projektets centrale begreber og teori

De æstetiske udtryksformer

Æstetikken er overordnet den del af filosofien, der beskæftiger sig med kunst, skønhed og de sansemæssige erfaringsområder, der knytter sig til disse fænomener. (Brodersen, 2020).

I undervisning og dannelsessammenhæng relaterer æstetikbegrebet sig dog særligt til de sansemæssige erkendelser. Æstetikken kan herunder indrammes på følgende tre måder:

1. Æstetik som selvstændigt fagområde, hvor målet og erfaringsområdet er æstetikken i sig selv.
2. Æstetik som en måde at opleve, erfare, kommunikere og erkende på.
3. Æstetik som værende synlig gennem genstande og udtryk i verden – f.eks. gennem musik.

(Frit efter: Brodersen, 2020)

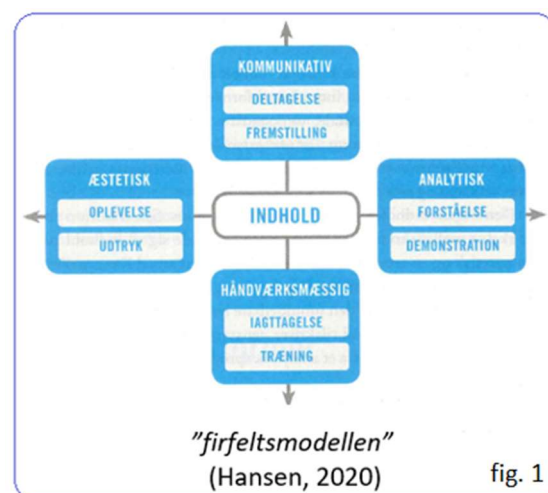
Da jeg i dette projekt er særligt interesseret i at belyse de æstetiske udtryksformer i et motivationsmæssigt perspektiv i relation til naturfaglige emner, er især de sidste to forståelser af æstetik relevante. Hertil beskriver lektor og cand.pæd. Peter Brodersen et slægtskab mellem begrebslig og sanselig erkendelse – at fantasien og det sanselige kan fungere som springbræt til at fremstille og forstå verdenen. Denne disciplin i æstetikken betegnes *andethedserfaringer* og kan i undervisningen være til stede på flere måder:

1. Eleverne kan møde forskellige *æstetiske genstande* i undervisningen såsom musik, tegning, drama, håndværk mv.
2. Eleverne kan arbejde med *æstetisk formsprog*, der baserer sig på eksempelvis lyd, billeder, bevægelse samt metaforer og adskiller sig fra videnskabsfagernes faglige begreber og abstrakte repræsentationer.
3. Aktiviteterne kan aktivere en *æstetisk smagsdom*, dvs. arbejde faktorer, der afgør, hvordan vi bestemmer, hvorvidt noget er smukt, harmonisk, klodset mv.
4. Aktiviteterne kan fremkalde en *æstetisk indstilling*, værende en aktiv og følelsesfuld opmærksomhed mod genstandes iboende kvaliteter. Den æstetiske indstilling skal ses i kontrast til den naturlige indstilling, hvor vi er foretagsomme og rettet mod praktiske gøremål.
5. Aktiviteterne kan skabe muligheder for den *æstetiske afbrydelse* – en pludselig æstetisk indstilling, hvor en genstand fremtræder på en ny måde, hvilket kan skabe overraskelse og nysgerrighed hos eleven.

(Frit efter: Brodersen, 2020)

Uanset hvilke af disse måder æstetikken optræder på i undervisningen, repræsenterer de en praktisk-musisk dimension i undervisningen. Denne dimension optræder i *firfeltsmodellen* (figur 1) sammen med tre øvrige virksomhedsformer, der sammen vil kunne bruges som et almen-didaktisk værktøj med formålet at fremme den praktisk-musiske dimension i alle skolens fag. (Hansen, 2020).

Firfeltsmodellen består af to akser med det fælles indhold som midtpunkt. På det horisontale plan findes den æstetiske og den analytiske virksomhedsform, mens den kommunikative og den håndværksmæssige virksomhedsform findes på det vertikale plan.



Firfeltmodellens styrke er, at den lægger op til en alsidig og varieret undervisning, hvor vekselvirkningen mellem de fire virksomhedsformer kan skabe grundlag forundring, nysgerrighed og fordybelse. (Hansen, 2020).

Motivationsbegrebet

Udgangspunktet for motivationsforståelsen i denne opgave tager udgangspunkt i den nyere *dynamiske motivationsforståelse*, der i dag dominerer international forskning, og som anerkender underviserens motivationsarbejde som værende en væsentlig del af den pædagogiske opgave. (Ågård, 2022).

Da ganske mange motivationsteorier hører til i denne nyere forståelse, har det været nødvendigt fra starten at tage udgangspunkt i en udvalgt teori som afsæt for de undervisningsaktiviteter, der skulle afprøves i praksis. Jeg har i den forbindelse benyttet Deci og Ryans *Selvbestemmelsesteori*, der baserer sig på elevens tre basale psykiske behov for *kompetence*, *selvbestemmelse* og *tilhørsforhold* samt en antagelse om, at mennesket har en medfødt lyst til at være aktiv og handlende. (Ågård, 2022). Jeg har valgt netop denne teori, da jeg fra starten har haft en formodning om, at æstetikens kunstmæssige erfaringsområder vil kunne bidrage til elevernes *indre motivation*. Den indre motivation er Deci og Ryans beskrivelse af, hvordan motivation også er styret af menneskets iboende interesser og drifter. I denne forbindelse beskriver filosof og didaktiker John Dewey netop ”at udtrykke sig kunstnerisk” som værende en af barnets naturlige interesser. (Brinkmann, 2007). Dette motivationsaspekt er værd at have med foruden de tre psykologiske behov, som jeg nu vil beskrive.

Oplevelsen af *kompetence* handler om elevens følelse af at kunne mestre en given opgave. Dette gælder både de faglige og personlige forudsætninger i en opgave- og læreproces – at vide, hvad man skal gøre, og hvordan opgaven skal løses. Oplevelsen af kompetence er altså nært beslægtet med Albert Banduras begreb *self-efficacy*, der baserer sig på en mestringsforventning på baggrund af tidligere positive erfaringer (Ågård, 2022).

Selvbestemmelse omhandler følelsen af medbestemmelse og ejerskab til det arbejde, man udfører. Ejerskabet kan bestå i en medinddragelse i beslutninger vedrørende det faglige stof eller arbejdsprocessen samt oplevelsen af den faglige relevans og et personligt engagement i stoffet – altså at eleverne føler, at det, de lærer, rent faktisk kommer dem ved.

Oplevelsen af *tilhørsforhold* bygger på følelsen af at høre til i fællesskabet. Dette gælder både i de positive relationer til de øvrige elever og til læreren. Det er således vigtigt, at læreren er forbillede, og at undervisningen bærer præg af accept, venlighed og anerkendelse, da den følelsesmæssige tryghed i

undervisningen spiller en stor rolle for, om eleverne har mod på at kaste sig ud i en given opgave. (Ågård, 2022).

Deci og Ryan mener, at hvis mennesker får opfyldt alle tre psykologiske behov, er der gode chancer for at de vil tilgå opgaver og aktiviteter med interesse, nysgerrighed og vedholdenhed.

Undersøgelsesbaseret undervisning og 5E-modellen

Som beskrevet i indledningen har den undersøgelsesbaserede metode IBSE (Inquiry-based Science Education) de seneste år vundet indpas i naturfagsundervisningen. (Thomsen & Knudsen, 2022). IBSE gør op med de traditionelle eksperimenter, der præsenterer teori på forhånd og nøje beskriver, hvordan eleverne skal bære sig ad med at eftervise dette i forsøget. Med IBSE får eleverne derimod selv mulighed for at udforme både spørgsmål, eksperimenter og forklaringer i det omfang, deres kompetencer rækker. (Krogh & Andersen, 2019). IBSE understøtter derved ikke kun blot de naturvidenskabelige kompetencer, men også de tre psykologiske behov (kompetence, selvbestemmelse, tilhørsforhold) hos eleverne, hvilket gør metoden særligt interessant, hvad angår opgavens problemstilling. Det andet argument for brugen af IBSE i denne opgave er, at der undervises i denne tilgang på flere af landets læreruddannelser. Skal designprincipperne kunne bruges af andre naturfagsundervisere end mig selv, er IBSE altså et godt afsæt, da mange nyere naturfagslærere kender denne tilgang.

Jeg vil i dette projekt benytte mig af en bestemt IBSE-struktur kaldet *5E-modellen* (figur 2). Fordelen ved 5E-modellen er, at den strukturerer undervisningen i fem faser med hvert deres fokus. Der er desuden gode belæg for, at 5E-modellen øger motivationen og elevernes faglige udbytte. (Krogh & Andersen, 2019).

Jeg vil benytte de oprindelige engelske termer fremfor de danske oversættelser. Dette er gjort med henblik på at tydeliggøre faserne i 5E i det øvrige danske tekst.

1. *Engage* (engager) er rammesætningen af undervisning, der skal aktivere elevernes forforståelse og pirre deres nysgerrighed.
2. Under *Explore* (undersøg) skal eleverne formulere spørgsmål, identificere problemer og selv undersøge disse gennem praktisk-undersøgende aktiviteter. Eleverne skal selv skabe deres viden.
3. Under *Explain* (forklar) demonstrerer eleverne denne viden og de eventuelle tvivlsspørgsmål, de har affødt. Læreren vil derefter uddybe med videnskabelige forklaringer fra undersøgelsesarbejdet med henblik på assimilation og/eller akkomodation af viden.

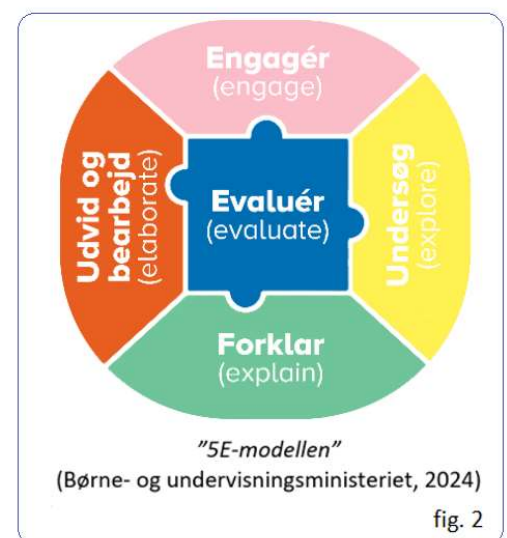


fig. 2

4. *Elaborate* (udvid og bearbejd) er fasen, hvor elever får mulighed for at anvende og udvide deres viden i en ny sammenhæng. Dette vil ofte foregå i en mere dybdegående, praktisk-undersøgende kontekst.
5. Under *Evaluate* (evaluer) skal eleverne demonstrere og reflektere over den viden, de har tilegnet sig i de tidligere faser. Evalueringen kan baseres på forskellige typer produkter og kan i den forbindelse også benyttes formativt efter hver af de andre faser.

(Frit efter: Krogh & Andersen, 2019, s. 70-72)

Da vi nu har etableret et teoretisk afsæt for denne opgave, hvad angår æstetik, motivation og naturfagsdidaktik, vil jeg nu redegøre for projektets tilrettelæggelse og metode i følgende afsnit. Afsnittet består af en kort beskrivelse af empirien efterfulgt af beskrivelser af de anvendte metoder til indsamling og behandling af empirien. Jeg vil herunder beskrive mine overvejelser vedrørende metodevalg.

2. Projektets tilrettelæggelse og metode

Opgaven bygger på empiri indsamlet fra naturfagsundervisningen hos to 9. klasser på en vestjysk efterskole. Empirien er indsamlet i min tredje og sidste praktik i forbindelse med læreruddannelsen. I den forbindelse var elevernes egen naturfagslærer til stede i al undervisning – dog uden at have en central rolle i undervisningen. Både lærer og elever har givet tilladelse til at indgå i dette projekt. Grundet GDPR og af etiske årsager har jeg for god ordens skyld valgt at anonymisere alle parter.

Aktionsforskning – en iterativ læreproces

Jeg har valgt at anvende aktionsforskning som overordnet metode for dette projekt. Det skyldes først og fremmest, at det meste af den forskningslitteratur, som kan sættes i direkte relation til problemstillingen, blot omtaler manglen på kreativitet og æstetik i naturfagene uden yderligere handleperspektiver. Det har været mit ønske at opsætte en række enkle designprincipper, som både jeg selv og naturfagslærere i almindelighed kan benytte i undervisningsplanlægningen for i højere grad at implementere den æstetiske virksomhedsform i undervisning. Interessen for netop at skabe disse sociale lære- og forandringsprocesser i det pædagogiske professionsfelt gør aktionsforskningen særlig velegnet som forskningsmetode. (Jensen, 2017).

Metoden opfylder desuden en række af de pædagogiske professioners forskningsbehov:

1. *Aktionsforskningsprojekter forventes at udvikle viden, læring og kompetence som opleves som meningsfuld for mennesker, der deltager i den lokale praksis (praksisgyldighed).*

2. *De forventes at udvikle en mere almen og generel viden som bidrag til det akademiske vidensfelt (teoretisk gyldighed)*

(Jensen, 2017, s. 104)

De førømtalte designprincipper kan forhåbentlig være bidrag til både praksis og akademisk vidensfelt gennem overstående forskningsbehov.

Aktionsforskning indeholder dog nogle præmisser, der gør, at den ikke kan bruges som isoleret metode.

Nogle af disse præmisser ligger i, at den viden, der udvikles i aktionsforskningen, genereres gennem handling, deltagelse og meningsdannelse:

- Handling som grundlag for produktion af viden – både individuel og fælles.
- Forskerens aktive deltagelse og tydelige rolle i de sociale processer.
- Meningsforhandling af værdier og nytte fra deltagernes perspektiv.

(Frit efter: Jensen, 2017, s. 104-105)

Med henblik på at leve op til disse præmisser anvendte jeg i mit projekt aktionsforskningscyklussen som ramme for praksis- og forskningsopgaverne. Som figur 3 viser, består denne proces i en række faser, forskeren gennemgår i aktionsforskningen. Når en cyklus er fuldstændt, vil der herefter være mulighed for at gentage processen i et nyt gennemløb med udgangspunkt i den viden, der er tilegnet i første cyklus. Denne iterative proces tilgang kan forskeren i princippet blive ved med at gentage.

I min proces har jeg udviklet spørgsmål, dannet hypoteser for løsning af problemstillinger og udfordringer, planlagt undervisningsaktiviteter på baggrund af disse hypoteser, gennemført undervisningen i de to 9. klasser samt observeret klassen i denne proces for endeligt at analysere og vurdere undervisningen med henblik på at udforme nye spørgsmål og hypoteser til endnu et gennemløb.

Projektet består af to gennemløb af aktionsforskningscyklussen og når derved ikke at omfatte alle aspekter af problemstillingen, hvorfor mine forskningsresultater ikke skal ses som et endeligt produkt, men snarere som en del af en længere proces. (Jensen, 2017). Ikke desto mindre har det været essentielt, at de endelige



designprincipper er valide og pålidelige nok til at kunne bidrage konstruktivt til feltet og min egen lærerprofessionalitet. I aktionslæringscyklussen har jeg derfor anvendt en triangulering af både observationer, spørgeskemaundersøgelse samt uddybende interview med henblik på at anskue problemstillingen fra flere vinkler.

Deltagende observationer

En af de grundlæggende præmisser for aktionsforskning er, at forskeren er aktivt deltagende og har en tydelig rolle i de sociale processer (Jensen, 2017). Dette var også tilfældet i gennemførslen af undervisningsaktiviteterne, hvor jeg som underviser også havde rollen som en *deltager, der observerer*. (Østergaard, 2017). Denne rolle gav mulighed for i høj grad at observere og interagere med eleverne samtidig med, at min rolle som underviser og facilitator var tydelig for eleverne. Undervejs nedskrev jeg en række observationsnoter, hvoraf nogle indgår som en del af min analyse og vurdering. Der er dog tale om ustrukturerede observationer, eftersom disse er baseret på indtryk og små samtaler frem for et struktureret observationsskema. Et kritikpunkt af observationsmetoden er da også, at det ikke er muligt at opfange samtlige detaljer fra undervisningen, og at man som observatør kan være farvet af egen forforståelse. Sidstnævnte er især et kritikpunkt af deltagende observationer, hvor observatøren kan risikere at påvirke eleverne med egne handlinger og ytringer på en måde, der er uhensigtsmæssig for projektet. (Østergaard, 2017). På baggrund heraf bør disse observationer også blot ses som supplement til de spørgeskemaer og uddybende interviews, der er lavet med eleverne.

Spørgeskemaundersøgelser og uddybende interviews

En spørgeskemaundersøgelse er en undersøgelsesmetode, der har til formål at indhente kvantitative data gennem besvarelse af en række spørgsmål. (Reimer & Sortkær, 2017). Modsat den deltagende observation er der altså i spørgeskemaundersøgelsen mulighed for at indhente langt mere konkrete data vedrørende elevernes forhold til de aktiviteter, de har afprøvet.

Da jeg har ønsket at undersøge, hvordan den æstetiske virksomhedsform bidrager til elevernes motivation og engagement i naturfagsundervisningen i al almindelighed, er denne metode særlig brugbar. Det skyldes, at alle eleverne har deltaget i undersøgelsen, hvorfor de efterfølgende data afspejler et bredere udsnit af elevernes holdninger, end hvis der blot havde været brugt en kvalitativ metode såsom interview af enkeltpersoner. (Reimer & Sortkær, 2017).

Undersøgelsen (se bilag 2) var rammesat som en evaluering i slutningen af hvert gennemløb i aktionslæringscyklussen efter gennemførslen af de aktiviteter, eleverne skulle forholde sig til.

Spørgsmålene var i den forbindelse opstillet som udsagn, eksempelvis udsagnet: *"Jeg synes, det er vigtigt, at jeg kan være kreativ i undervisningsaktiviteterne"*. Disse udsagn blev læst højt for eleverne, hvorefter eleverne rent fysisk skulle stille sig i den ene eller anden ende af klassen, alt efter om de var enige eller uenige i udsagnet. Eleverne havde også mulighed for at stille sig i midten, som et "hverken/eller"-svar.

Først og fremmest valgte jeg at benytte denne *enaktive* tilgang, fordi den efter min vurdering passer bedre ind i den æstetiske indstilling end et selvudfyldt spørgeskema på papir eller computer. Derudover gav metoden mulighed for yderligere at få eleverne til at uddybe deres besvarelser. Jeg udvalgte typisk et par elever med hver deres holdning og spurgte dem: *"Elev x, hvorfor står du der?"*. Netop denne formulering var bevidst valgt, fordi det i spørgeskemaundersøgelser er centralt med korte, entydige og neutrale spørgsmål. Det skyldes, at spørgsmålene ellers kan virke ledende eller misforstås af modtageren. (Reimer & Sortkær, 2017).

Udover overvejelserne vedrørende spørgsmålsformuleringen havde jeg informeret eleverne om, at deres svar ikke ville have betydning for min eller lærerens opfattelse af dem. Svarene skulle udelukkende bruges til en opgave om at skabe bedre undervisning. Disse oplysninger var bevist valgt med henblik på, at eleverne ville kunne svare ærligt på spørgsmålene, da en god introduktion og et tydeligt formål ofte giver en højere svarprocent. (Reimer & Sortkær, 2017).

At eleverne følte sig trygge nok til at svare ærligt på de overordnede udsagn kom især til udtryk i de uddybende spørgsmål. Her var mange elever ivrige for at bidrage med netop deres holdning til udsagnet. Det er essentielt, fordi manglende uddybelse af svar på spørgsmål kan være en svaghed ved de kvantitative metoder, da de i sig selv ikke nødvendigvis giver indblik i, hvorfor en person har en konkret holdning. (Aarhus Universitet, *Kvantitativ metode*, 2023).

Indsamling og behandling af data

Jeg har i forbindelse med spørgeskemaundersøgelsen og det uddybende interview lavet lydoptagelser af eleverne, hvoraf nogle af disse optagelser er blevet transskriberet inden videre analyse. Et uddrag fra transskriberingen kan findes i bilag 1. Transskriberingen er en fortolkningsproces, hvis primære funktion er at få det indsamlede interviewmateriale klargjort til analyse. (Bak, 2017). I den forbindelse ville det derfor have været mere hensigtsmæssigt at gøre brug af videooptagelser, hvor det også er muligt at indfange elevernes kropssprog, ansigtsudtryk mv. For at kompensere for dette er de visuelle elementer tilføjet til transskriberingen på baggrund af hukommelse.

Afslutningsvis har jeg opstillet elevernes svar i en tabel, hvor svarene kan sammenlignes. Tabellen har til formål at skabe transparens og overblik over fordelingen i elevbesvarelser for videre arbejde i aktionslæringscyklussen. Det har derfor ikke været aktuelt at behandle resultaterne i et større regneark eller statistikprogram, som kvantitative data ofte bliver. (Reimer & Sortkær, 2017). Tabellen er findes i bilag 2.

Samlet vurdering af metodevalg – metodetriangulering

Brugen af flere forskellige metoder til empiriindsamling danner efter min vurdering et samspil mellem de kvantitative data indsamlet ved spørgeskemaundersøgelsen samt de mere kvalitative data fra de uddybende spørgsmål. Mit mål har været, at disse to metoder, sammen med observationerne af eleverne, har kunnet danne en metodetriangulering, der har skullet sikre validitet og pålidelighed for processen. Brugen af metodetriangulering gør samtidig, at metoderne kan kompensere for hinandens svagheder, hvilket igen styrker validiteten. (Aarhus Universitet, *Triangulering*, 2023)

Med dette metodiske afsæt vil jeg nu indlede analyse- og vurderingsafsnittet. Som beskrevet i læsevejledningen er afsnittet en kronologisk gennemgang af projektets udvikling gennem aktionsforskningscyklussen. I den forbindelse er vi nu nået til *idégenerering* og *planlægning* (figur 3). Derfor vil jeg starte med at benytte projektets centrale teori til at generere første udkast til designprincipper. Herefter vil jeg fortsætte med at gennemløbe cyklussen, dog med plads til undervejs at analysere, vurdere og sammensætte delkonklusioner.

3. Første gennemløb i aktionsforskningscyklussen

Implementering af æstetik i naturfagsundervisningen

Som beskrevet i teoriafsnittet kan begrebet æstetik forstås på flere måder afhængig af konteksten. I undervisningen er æstetikbegrebet dog særligt forbeholdt de sansemæssige erkendelser, der står i kontrast til den analytiske virksomhedsform. (Hansen, 2020).

I firkantsmodellen har den æstetiske virksomhedsform en central rolle i den faglige fordybelse. Begrundelsen for det er, at mennesket har brug for sansemæssige oplevelser og udtryk for at kunne erkende og lære. (Hansen, 2020).

"Der behøver ikke være tale om en særlig fin eller ophøjet aktivitet, men derimod om en sansekongret aktivitet, hvor man enten oplever eller udtrykker sig i kraft af farver, former, stemninger og egen kropslig bevægelse" (Hansen, 2020, s. 95).

Den æstetiske virksomhedsform står dermed i kontrast til den analytiske, som allerede udgør en central del af alle skolens fag. I skolens kontekst betegner vi fagene ud fra deres placering mellem disse to yderpunkter. Til venstre på den horisontale akse finder vi de praktisk-musiske fag som musik, billedkunst samt håndværk og design og til højre de analytisk orienterede fag. Selvom disse to virksomhedsformer udgør modsætninger, bør man holde fast i sammenspillet mellem dem, hvis vekselvirkningen mellem sansning og begrebsforståelse skal fungere. (Hansen, 2020).

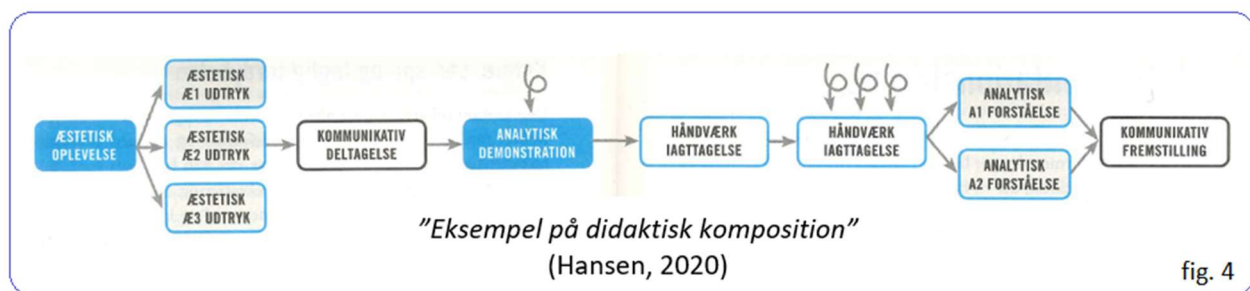
I samspillet mellem disse medtænkes også den vertikale akse i firfeltmodellen bestående af den håndværksmæssige og den kommunikative virksomhedsform. Den håndværksmæssige virksomhedsform forstås som den færdighedsmæssige virksomhedsform, hvor eleven tilegner sig redskabsmæssige færdigheder. I de praktisk-musiske fag fylder håndværket en stor del af undervisningen og betegnes ofte som fagets tredje dimension, der forbinder videnskab og æstetik. (Nielsen, 1998). Tager vi derimod udgangspunkt i fysik/kemi-undervisning findes håndværksdimensionen, når eleverne igennem forsøg og eksperimenter opnår praktiske færdigheder i laboratoriet.

Den kommunikative virksomhedsform har primært en kontekstuel funktion i forhold til de øvrige virksomhedsformer. I hvert fald i den forståelse at undervisning dels er socialt dels kommunikativt organiseret. (Hansen, 2020).

"Derfor er det relevant at se henholdsvis den æstetiske, analytiske og håndværksmæssige virksomhedsform i lyset af den kommunikative. Æstetiske oplevelser, analytisk forståelse og mestring af et håndværk kan have en værdi i sig selv, men tilskrives først og fremmest mening i et større kommunikativt fællesskab"
(Hansen, 2020, s. 105)

Skal vi forsøge at konkretisere en didaktisk planlægningsramme skal der altså ske en vekselvirkning mellem den æstetiske, analytiske og håndværksmæssige virksomhedsform i et kommunikativt fællesskab.

Med henblik på at skabe samspil mellem virksomhedsformerne præsenteres der i bogen *Oplevelse, fordybelse og virkelyst* et eksempel på en didaktisk komposition. Den har til formål at kunne bruges i undervisningen i ethvert fag med mulighed for som lærer selv at vælge udtryk, teknik og redskaber i undervisningen. (Hansen, 2020, s. 108).



Det fremgår af eksemplet i figur 4, at den æstetiske oplevelse efterfølges af kommunikativ deltagelse, analytisk demonstration, håndværk, analytisk forståelse og kommunikativ fremstilling. Med lidt god vilje vil der i denne didaktiske komposition kunne drages paralleller til strukturen i 5E-modellen (figur 2). I det tilfælde vil den æstetiske oplevelse agere engage, den kommunikative deltagelse være opsamling på baggrund af elevernes forforståelse, den analytiske demonstration samt håndværk/iagttagelse agere explore og analytisk forståelse og kommunikativ fremstilling agere explain.

Med henblik på at naturfagslæreren skal kunne implementere den æstetiske virksomhedsform i undervisningen med få virkemidler og uden at skulle tænke hele sin eksisterende undervisning om, kan det derfor være hensigtsmæssigt at tage udgangspunkt i netop 5E-modellen som didaktisk ramme for undervisningen. I dette tilfælde vil det være relevant at undersøge, om den æstetiske virksomhedsform kun kan optræde i engagefasen, eller om den i lige så høj grad kan optræde i de øvrige faser.

Jeg vil derfor nu opsætte første udkast til designprincipper. Formålet med dem er at have nogle enkle og midlertidige anvisninger, der løbende vil kunne ændres på baggrund af analyse og vurdering af empiri.

Første udkast til designprincipper

1. Den æstetiske aktivitet skal tage udgangspunkt i en af de fem faser i 5E-modellen: engage, explore, explain, elaborate eller evaluate.
Mindst én aktivitet skal tage udgangspunkt i engagement, da denne struktur minder mest om den didaktiske komposition fra *Oplevelse, fordybelse og virkelyst*. (Hansen, 2020, s. 108).
2. Eleverne skal møde en æstetisk genstand i aktiviteten. Til det formål kan læreren benytte sig af elementer som musik, drama, bevægelse, historiefortælling og håndværksmæssigt skabende aktiviteter såsom tegne, male og forme. (Brodersen, 2020).
Det vil være en fordel også at indtænke øvrige andethedserfaringer, såsom æstetisk formsprog, smagsdom, indstilling og/eller afbrydelse.
3. Aktivitetens indhold skal give mening i forhold til forløbets øvrige indhold, da undervisningens indhold generelt skal ses som et samspil mellem de fire virksomhedsformer. (Hansen, 2020). Af samme årsag skal det samlede undervisningsforløb indeholde elementer fra samtlige virksomhedsformer.

Da vi nu har de første designprincipper på plads, vil jeg forsætte til gennemførelse og evaluering af aktiviteterne i første cyklus. Her arbejdede eleverne med emnet energiformer og -forsyning.

Første aktivitet: Engage med musik og tegning (associativ lytning)

Den første undervisningsaktivitet er også min første undervisningsaktivitet med de to 9. klasser og tager dermed udgangspunkt i engage. Til denne aktivitet kom eleverne ind i et naturfagslokale, hvor lyset var dæmpet, gardinerne var trukket delvist for, og en række tændte stearinlys var fordelt på borde og gulv. Samtidig kørte et roligt stykke klassisk musik i baggrunden. Meningen med dette var skabe en æstetisk indstilling i lokalet, der skulle fange elevernes interesse.

Elevernes reaktioner på denne indstilling var ret forskellige. Nogle elever reagerede roligt med udtryk som "Ej, hvor hyggeligt" og "Øhh... Hvad skal der ske? Hvorfor er der musik", mens andre var mere højrøstede med udtryk som "Hva' fuck sker der her?" og "Nå! Fedt, så kan jeg lægge mig til at sove igen".

Fælles for stort set alle eleverne var dog, at der kom en reaktion fra dem – enten verbal eller non-verbal i form af et ændret ansigtsudtryk eller en kiggen rundt i lokalet fra døråbningen, inden de gik ind.

Uanset om elevernes reaktioner bestod af verbale, paraverbale og/eller nonverbale signaler, siger det noget om, at den æstetiske indstilling medførte, at eleverne spontant måtte kommunikere holdning til

indstillingen. Alle disse signaler afkodes af resten af klassen og har dermed betydning for, hvordan indholdet opfattes. (Fregerlev, Munkholm, & Nielsen, 2016, s. 41). Efter de spontane reaktioner satte alle sig dog stille ned på deres pladser. De få, der snakkede, gjorde det ganske sagte eller hviskende.

Den æstetiske indstilling indtraf altså i kraft af, at eleverne blev "*afbrudt af noget, der påkalder sig en anden opmærksomhed, og dette nu bliver undersøgt for dets iboende kvaliteter*". (Brodersen, 2020, s. 37). Denne indstilling skulle skabe grobund for den egentlige aktivitet, hvor eleverne først fik udleveret papir og farveblyanter. De fik herefter til opgave at tegne eller skrive ud fra to musikalske stykker af komponisten Hans Zimmer. Formålet var her, at eleverne ved hjælp af associativ lytning skulle repræsentere deres for forståelse af musikken på papiret. (Espeland, 2001). Eksempler på elevprodukter kan ses i bilag 3.

Begge klasser vidste på nuværende tidspunkt, at forløbet ville handle om energiformer, men kun én af klasserne blev bedt om at tage udgangspunkt i dette tema. Dette var gjort med interesse for, hvor stor forskellen ville være, og hvorvidt klasse B, som ikke havde fået dette stillads, også ville tegne med temaet i baghovedet.

Første musikalske stykke var *Dream is Collapsing* fra filmen *Inception*, et dystert og melankolsk stykke musik med dramatiske virkemidler i instrumenteringen, og som i høj grad sætter en dommedagsstemning. (Zimmer, 2010). Den bagvedliggende intention med at vælge netop dette stykke musik var, at stykket måske kunne give associationer til fossile brændslers indvirkning på miljø og klima.

I klasse A, hvor eleverne var blevet bedt om at have temaet energi i baghovedet, valgte de fleste elever at tegne. Det resulterede i motiver som kul-, olie- og atomkraftværker, men også vindmøller, en sejlbåd og ord som "*krig*", "*Star Wars*", "*kaos*" og "*søvn*".

I klasse B, hvor eleverne ikke havde noget konkret stillads, valgte de fleste elever at skrive. Her blev noteret "*krig*", "*søvn*", "*folk der arbejder hårdt*", "*bomber*", "*kamp*", "*dramatisk*".

Andet musikalske stykke var *Dark Star* fra *Top Gun 2: Maverick*, et mere opløftende og tempofyldt stykke musik bygget op omkring et rytmisk ostinat (gentagende figur/tema), der kan give associationer til en solopgang eller vindmøllers snurren. (Zimmer, 2022).

I klasse A blev der tegnet vindmøller, solpaneler, grønt græs, en sol, men også traktortræk, og skrevet udsagn som *"verdens natur og dyr"* og *"nyt liv"*.

I klasse B blev der skrevet *"nyt liv – efter ødelæggelse"*, *"lys"*, *"cirkel"*, *"el"*, *"lighter"*, men også lavet en enkelt tegning af vindmøller, bølger og skibe.

På baggrund af tegningerne og de efterfølgende samtaler om, hvorfor eleverne havde tegnet det, de havde, syntes der at være en mærkbar forskel på klassernes løsninger. Klasse A havde som forventet holdt sig til temaet med forforståelser såsom diverse energikilder og -forbrug i samfundet, men også begrebet energi som noget levende, der optræder hos dyr og mennesker. Hos klasse B var sidstnævnte association også repræsenteret sammen med eksempler på, hvor energi er synlig i hverdagen, herunder *"lys"* og *"lighter"*.

Generelt var der dog flere svar relateret til energi i klasse A end klasse B, hvilket havde betydning for, hvor mange elever der deltog aktivt i den efterfølgende snak om forståelsen af energibegrebet. Her var der i klasse A bedre forudsætninger for at diskutere de mange hverdagsforståelser, begrebet energi også dækker, hvilket kan gøre emnet vanskeligt, hvis man som lærer ikke er opmærksom på elevernes forståelse heraf. (Angell, et al., 2011)

For meget autonomi og manglen på et stillads i klasse B havde derved en negativ indflydelse på aktivitetens berettigelse som engagement. Dermed ikke sagt, at klasse B ikke fik noget ud af aktiviteten. I en spørgeskemaundersøgelse svarede 18 ud af 23 elever i de to klasser, at *"de syntes opstartsøvelsen med musik var god"*. Om ikke andet havde eleverne altså haft en positiv oplevelse.

En samlet vurdering af første aktivitet er altså, at både en æstetisk indstilling og genstand – i hvert fald musik og tegning – umiddelbart passer godt ind i engage-fasen. Det vil dog være tilrådeligt at stilladsere aktiviteten tilstrækkeligt for rent faktisk at aktivere alle elevernes forståelse.

Anden aktivitet: Explore med historiefortælling og bevægelse

Efter engage-fasen med associativ lytning og dertilhørende opsamling på elevernes forståelse af energi, blev eleverne kort præsenteret for energityperne: elektrisk, mekanisk, kemisk, termisk energi/varme-, strålings- og kerneenergi. Nogle af disse energityper blev demonstreret ved lærerforsøg. Eleverne skulle herefter i explore-fasen lave en video, hvor de ved hjælp af genstande rundt om på skolen, skulle illustrere en energikæde med flest mulige energiomdannelser. Da brugen af videomediet ikke kan karakteriseres som

værende en æstetisk genstand, havde jeg i den fælles gennemgang af videoerne og dertilhørende energiomdannelser givet mit eget bud på et par energikæder.

Aktiviteten bestod af et eventyr om energiomdannelser i henholdsvis en bil med forbrændingsmotor og en elbil. Historien med forbrændingsmotoren kan ses i bilag 4. I eventyret skulle eleverne agere energi og derved følge energiens rejse fra eksempelvis værende en masse døde alger på havets bund til at blive raffineret, solgt, flere gange omdannet i bilen for til sidst at drive bilen. Eventyret gav anledning til at illustrere, hvordan et tab i energiform betyder en tilsvarende vækst i andre energiformer, og at *energitab* blot er et udtryk for energi, der ikke udnyttes som ønsket, jf. termodynamikkens 1. lov.

Da der både var et eventyr om en diesebil og en elbil, gav det også anledning til at illustrere begrebet nyttevirkning for eleverne – altså hvor stor en del af den tilførte energi, der har været nyttig i forbindelse med rent faktisk at drive bilerne fremad.

Begge klasser deltog i aktiviteten på samme måde og var desuden med på at skulle "lege" energi. Flere af eleverne smilede og smågrinte i starten af første fortælling, og under oplæsningen var min opfattelse, at eleverne lyttede aktivt. Da jeg efter fortællingerne spurgte eleverne, hvad de havde fået med fra eventyret, var engagementet dog knap så stort. De elever, der bød ind, kom med svar som *"energi ændrer type inde i bilen"*, *"der er mere energi tilbage i elbilen til at køre end i den almindelige bil"* og *"elbilen var smartere end den anden, fordi den ikke omdanner så meget energi til varme"*. Spurgte jeg nogle af de elever, der ikke markerede, hvad de tænkte, var svaret *"Det ved jeg ikke"*. Til denne aktivitet svarede kun 50 % af eleverne *"at de syntes historien med bilerne og nyttevirkning gav mening"*. En stor del af eleverne deltog altså i aktiviteten uden egentlig at forstå pointen.

En forklaring på dette kan være, at det faglige indhold i denne aktivitet har været for højt. Om ikke andet er den æstetiske genstand i for høj grad druknet i den analytiske virksomhedsform frem for at indgå i samspil med hinanden som to individuelle virksomhedsformer. (Brodersen, 2020). Fra et motivationsmæssigt synspunkt kan dette være problematisk, da mange elever derved kan miste følelsen af mestring og kompetence. (Ågård, 2022). Samtidig synes aktiviteten også at rumme en mangel af selvbestemmelse hos eleverne, da eleverne hverken har været inddraget i beslutninger vedrørende fagligt stof eller arbejdsproces eller føler en faglig relevans pga. manglende forståelse.

Manglen på selvbestemmelse er problematisk både i forhold til elevernes motivation og engagement, men også med henblik på intentionen med explore-fasen. Her er det, jf. IBSE, intentionen, at eleverne selv skal

på banen – både mht. formulering af spørgsmål, identifikation af problemer og praktisk-undersøgende arbejde (Krogh & Andersen, 2019).

En mulig løsning på dette er først og fremmest i højere grad at tage udgangspunkt i elevernes nærmeste udviklingszone (Hedegaard, 2022), så eleverne bibeholder følelsen af kompetence, og aktiviteten derved bliver mindre analysepræget. (Hansen, 2020). Skulle jeg have gjort noget om, ville jeg derfor ikke have introduceret begreberne termodynamik og nyttevirkning i denne omgang.

En samlet vurdering af anden aktivitet er altså, at den anvendte brug af historiefortælling og bevægelse som æstetiske genstande ikke bidrog tilstrækkeligt til elevernes motivation og engagement i explore-fasen. Samtidig understøtter den heller ikke undersøgelseskompetencen og det praktiske element i fysik/kemi-undervisningen (Krogh & Andersen, 2019). Aktiviteten har dog potentiale til at kunne bruges i den efterfølgende explain-fase, hvis de faglige pointer er tydelige og ligger inden for elevernes nærmeste udviklingszone.

Tredje aktivitet: Elaborate med drama og rollespil

Den sidste aktivitet, jeg i denne omgang vil bringe i spil, er et hjemmeskrevet rollespil om energiformer.

Rollespillet skal ses som et afsluttende element i forløbet om energi. Eleverne har på nuværende tidspunkt primært beskæftiget sig med undersøgelses- og modelleringskompetencen. Intentionen var nu, at eleverne med afsæt i den således tilegnede viden skulle kunne bruge rollespillet til at perspektivere og *”relatere indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse”*. (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019).

Rollespillet tog udgangspunkt i en problemstilling omkring en potentiel vindmøllepark, som – hvis vedtaget på borgermødet – skulle opsættes på marken lige bag efterskolen. Der skulle afholdes borgermøde, og eleverne blev delt op i grupper af fire og derefter gruppevis tildelt følgende roller: borgmesteren i kommunen, en nabo til efterskolen, en repræsentant fra det nærmeste biogasanlæg samt lokalformanden fra Danmarks Naturfredningsforening. Hver af disse roller var på forhånd tildelt en energikilde samt nogle få holdninger, som grupperne hver især skulle repræsentere i borgermødet. Et eksempel på et sådant rolleark kan ses i bilag 5. Eleverne skulle herefter selv opbygge deres naturfaglige argumenter, men også deres rolles baggrund, historie, personlige egenskaber mv. Dette med henblik på at skabe samspil mellem den analytiske og æstetiske virksomhedsform.

På selve borgermødet agerede jeg tv-vært fra den regionale nyhedsstation og indgik således i den æstetiske indstilling ved at have iført mig udklædning samt opstillet kamera i modsatte ende af bordet. Samtlige elever stod gruppevis omkring de sammensatte borde, således at de alle kiggede frem mod hinanden.

Efter tv-værtens introduktion fik alle grupper lov til kort at præsentere sig selv og deres holdninger. Herefter havde eleverne mulighed for selv at byde ind i debatten. I begge klasser gjorde det sig gældende, at hver gruppe havde valgt en forperson, der igangsatte debatten og havde det primære ansvar. I alle grupper blev denne rolle taget seriøst. Der gik dog ikke længe i debatterne, før de øvrige medlemmer i gruppen også bød ind. Således endte 21 ud af 27 af eleverne med at deltage verbalt i debatten, mens de resterende primært deltog ved at snakke internt i rollegruppen.

Eleverne havde generelt sat sig grundigt ind i de naturfaglige og samfundsfaglige argumenter for netop deres energiform – både ved at tale egen energiform op, men også ved at påpege de negative argumenter for de øvrige energiformer. Lige så vigtigt havde eleverne taget deres rolle og den æstetiske indstilling på sig. Nogle grupper snakkede med en påtaget nordjysk dialekt, mens andre begyndte at snakke om en vandretur til Norge med deres to børn, hvor de havde set et *"supersmart vandkraftværk. Sådan et havde man tidligere haft stor glæde af ved den der sø tæt på Viborg – altså der, hvor der nu er et energimusesum – så det kunne man da også bygge i Holstebro å"*. I klasse A påtog eleverne sig rollerne i en sådan grad, at de ofte afbrød hinanden, gestikulerede og hævede stemmen. Kun én gruppe ud af otte måtte af tv-værten støttes til at få sagt noget.

På baggrund af mine observationer både før, under og efter rollespillet vil jeg vurdere, at elevengagementet og deltagelsen i denne undervisningsaktivitet var ganske høj. Der syntes at have være et balanceret samspil mellem den æstetiske og analytiske virksomhedsform, hvor elever, som i tidligere undervisning ikke havde sagt noget, medmindre de blev spurgt direkte, nu pludselig deltog aktivt i debatterne på eget initiativ. En af grundene til dette kan være, at selvbestemmelsen ift. deres rolle samt inddragelsen af et kreativt og praktik-musik element har givet disse elever en følelse af kompetence og tilhørsforhold. (Ågård, 2022).

Derudover udtalte en af eleverne i det uddybende interview, at *"det var nice nok, at det var sådan noget, vi rent faktisk kan bruge ud i det virkelige liv"*. Eleven så altså en værdi og mening i aktiviteten, da den baserede sig på en *æstetisering* af egentlige og autentiske samfundsudfordringer – at det æstetiske element også har en anvendelighed og relevans for elevernes naturfaglige dannelse. (Ziehe, 2020).

Jeg erfarede dog, at aktiviteten kræver en kraftig stilladsering under hele processen. Læreren må herunder forberede eleverne på, hvad en sådan paneldebat sædvanligvis indeholder. Her vil det være tilrådeligt at basere samtalen på elevernes for forståelse af eksempelvis politiske debatter i tv, men samtidig selv sætte nogle retningslinjer, så eleverne på forhånd ved, hvad der forventes af dem. (Skånstrøm & Thomsen, 2017). Det vil også være nødvendigt at mikrostilladsere samtaler og det naturfaglige fagsprog under selve debatten, så aktiviteten ikke løber af sporet ift. den naturfaglige problemstilling. (Wulff & Knudsen, 2021).

Endeligt må læreren selv indtræde i den æstetiske indstilling og spille med, hvis det forventes at eleverne gør det samme. (Brodersen, 2020).

En samlet vurdering af tredje aktivitet er altså, at rollespil som æstetisk genstand i de rigtige rammer, korrekt stilladseret og med rette indlevelse kan skabe et godt samspil mellem den æstetiske og analytiske virksomhedsform. Denne aktivitet er samtidig en fornuftig måde for eleverne i elaborate-fasen at bearbejde og udvide den viden, de har tilegnet sig i tidligere faser. Endeligt synes aktiviteten i høj grad at bidrage til elevernes motivation og engagement i arbejdet med perspektiveringskompetencen. Herunder svarede 24 ud af 27 i den efterfølgende undersøgelse *"at de synes paneldebatten var sjovere end andre typer af fremlæggelser"*. De resterende svarede *"hverken/eller"*.

Samlet vurdering af første gennemløb

Indtil videre synes 5E-modellen at være en fornuftig didaktisk ramme for brugen af de fire virksomhedsformer og derved også implementeringen af æstetisk virksomhed i naturfagsundervisningen. Især engage og elaborate-fasen har – hvis tilpas stilladseret – vist et potentiale for inddragelse af æstetiske genstande og æstetisk indstilling. Dette gælder muligvis også explain-fasen.

Når det er sagt, er der også elementer, der kan forbedres. Et af de punkter, hvor anden og tredje aktivitet især adskilte sig, var samspillet mellem den æstetiske og den analytiske virksomhedsform. Det manglende samspil og høje faglige niveau medførte i anden aktivitet en mangel på kompetencefølelse og sandsynligvis også mangel på ejerskab og synlig værdi i den opgave, eleverne fik stillet. Denne opgaveværdi ville ikke alene have kunnet optræde i indholdet som værende autentisk og meningsgivende for eleven, men også i form af en pirren af nysgerrighed og overraskelse. (Krogh & Andersen, 2017).

Netop pirren af nysgerrighed samt overraskelse er essentielt for den æstetiske virksomhedsform (Brodersen, 2020), men er dog ikke begreber med en central rolle i Deci og Ryans selvbestemmelsesteori.

Jeg har derfor valgt at udvide motivationsforståelsen, så den fremadrettet indeholder et element af planlægning, hvor også nysgerrighed, overraskelse og mening indgår. Hermed er vi nu overgået til en ny fase i aktionslæringscyklussen, nemlig *"oplevet behov for forandring"*. (Jensen, 2017). Det betyder også, at vi nu påbegynder andet gennemløb i cyklussen.

4. Andet gennemløb i aktionsforskningscyklussen

Udvidet motivationsforståelse: CARTAGO

Jeg har valgt at udvide motivationsforståelsen i dette projekt til motivationsrammen *CARTAGO* – en samling af motivationsmæssige nøglebegreber, som kan danne ramme for planlægning af undervisning (Krogh & Andersen, 2017).

Udover at tage udgangspunkt i eksisterende, anerkendte motivationsteorier, er *CARTAGO* udarbejdet på baggrund af forfatterne Lars Brian Krogh og Hanne Møller Andersens mangeårige erfaringer fra gymnasiet samt efteruddannelse af lærere. Krogh og Andersen er desuden forfattere til bogen *Fagdidaktik i naturfag*, som bruges på læreruddannelsen, hvorfor *CARTAGO* kan tænkes at passe særligt godt ind i naturfagsundervisningen.

En anden fordel ved *CARTAGO* er, at selvbestemmelsesteorien indgår, som C, A og R: Kompetence, selvbestemmelse og tilhørsforhold (Competence, Autonomy og Relatedness). Foruden disse indgår opgaveværdi, årsagstilskrivning og målorientering (Task Value, Attributions og Goal Orientations).

Tager vi udgangspunkt i den samlede vurdering af første gennemløb er dog særligt *opgaveværdi* (task value) interessant, da netop den giver det p.t. bedst kvalificerede motivationsteoretiske blik på, hvad der gør konkrete aktiviteter værdifulde og dermed motiverende for eleverne (Krogh & Andersen, 2017). De oprindelige forfattere til dette motivationsmæssige nøglebegreb, Wigfield & Eccles, beskriver, at værdisætningen af en opgave er betinget af et samspil mellem fire parametre:

1. Præstationsværdi – den personlige vigtighed af at klare opgaven godt.
2. Indre værdi – den personlige oplevelse af glæde, nydelse og velbehag eventuelt foranlediget af en personlig interesse for emnet.
3. Nyttéværdi – betinget af aktivitetens meningsfuldhed i forhold til den enkeltes langsigtede mål, f.eks. karrieremål, tilfredsstillelse af forældres forventninger eller samfundsmæssige behov.
4. Omkostninger – bøvler og besvær, der har negativ indflydelse på værdiregnskabet.

(Frit efter: Wigfield & Eccles, 1992)

I de fire ovenstående parametre synes der dog at være en særlig tæt forbindelse mellem den indre værdi og den æstetiske virksomhedsforms ønske om at skabe grundlag for undring, nysgerrighed og fordybelse. De æstetiske virkemidler vil i så fald agere situerede, interesseskabende faktorer, der vil være med til at fastholde elevernes interesse over tid. I relation til dette har den amerikanske didaktikforsker Su Swarat påvist, at det i højere grad er de interesseskabende faktorer, der motiverer eleverne, end det er emnerne i

undervisningen (Krogh & Andersen, 2017). En realitet, der i høj grad støtter hypotesen om, at de æstetiske virkemidler kan bidrage til elevernes motivation i undervisningen. Swarat karakteriserer de interesseskabende faktorer således:

1. Aktivitetsniveau – et dynamisk indhold eller mulighed for egen aktivitet
2. Nyhedsværdi – emnet er aktuelt og ikke overeksponeret
3. Udfordringer – ikke-banale og ikke for svære
4. Vigtighed – vigtighed for mennesker i almindelighed og den enkelte elev i særdeleshed
5. Elevers personlige relation til et emne

(Frit efter: Swarat, 2008)

På baggrund af den samlede vurdering af første gennemløb samt en revurderet motivationsforståelse, der tager udgangspunkt i CARTAGO's fire første nøglebegreber, præsenteres nu andet udkast til opgavens designprincipper.

Andet udkast til designprincipper

1. Den æstetiske aktivitet skal tage udgangspunkt i en af de fem faser i 5E-modellen og dertilhørende indhold. Eksempelvis skal eleverne i explore-fasen være praktisk-undersøgende.
2. Eleverne skal møde en æstetisk genstand i aktiviteten. Herunder kan læreren benytte sig af elementer af eksempelvis musik, drama, bevægelse, historiefortælling og håndværksmæssigt skabende aktiviteter såsom tegne, male og forme. (Brodersen, 2020). Det vil være en fordel også at indtænke øvrige andethedserfaringer såsom æstetisk formsprog, smagsdom, indstilling og/eller afbrydelse.
3. Aktivitetens indhold skal give mening i forhold til forløbets øvrige indhold, da undervisningens indhold generelt skal ses som et samspil mellem de fire virksomhedsformer. (Hansen, 2020). Af samme årsag skal det samlede undervisningsforløb indeholde elementer fra samtlige virksomhedsformer.
4. Aktiviteterne skal forsøge at afdække elevernes behov for kompetence, autonomi, tilhørsforhold og opgaveværdi (Krogh & Andersen, 2017). Det kan her være en fordel at tage udgangspunkt i Swarats kategorisering af interesseskabende faktorer for at fremme opgaveværdien hos eleverne. (Swarat, 2008)

Disse nye designprincipper adskiller sig særligt fra første udkast med hensyn til vigtigheden af at være konsekvent i forhold til indholdet i hver af de fem faser i 5E-modellen samt implementering af opgaveværdi, når det faglige indhold udvælges. Principperne udspringer mest af alt fra forsøget på at anvende en æstetisk genstand i explore-fasen.

Man skal som bekendt rejse sig ved det træ, man er faldet. Derfor vil jeg i næste led af aktionslæringen endnu en gang forsøge at anvende en æstetisk genstand i explore-fasen – denne gang med udgangspunkt i de nye designprincipper. En vigtig pointe er her, at explore er fasen, hvor eleverne har mulighed for selv at få praktiske erfaringer med det praktisk-undersøgende arbejde. Det er ofte her eleverne laver de laboratorieforsøg, der sammen med lærerens uddybende viden skal hjælpe dem til en ny forståelse. (Krogh & Andersen, 2019).

Da IBSE-tilgangen til elevforsøg i undervisning er ganske anerkendt og i høj grad bærer præg af vores nye motivationsforståelse mht. kompetence, autonomi, tilhørsforhold og opgaveværdi, er det dog min vurdering, at det ikke er i IBSE-baserede forsøg, de æstetiske virkemidler kommer mest til deres ret.

I andet gennemløb vil jeg i stedet undersøge, hvorvidt man i explore-fasen kan benytte en engineering-tilgang til i højere grad at inddrage den æstetiske virksomhedsform i det praktisk-undersøgende arbejde. Denne tilgang vil blive præsenteret og begrundet som det første.

Engineering som tilgang til æstetisk undervisning

Engineering-didaktikken er en anvendelsesorienteret og problemløsende tilgang, som tager udgangspunkt i, at eleverne skal løse en konkret udfordring fra omverdenen. Eleverne skal i processen undersøge, idégenerere, konkretisere, konstruere og forbedre deres løsning. (Naturvidenskabernes Hus, 2023). Disse elementer fremgår i Eis-modellen (figur 5).

"Engineering er kreativ anvendelse af viden til at udvikle, konstruere og vedligeholde teknologi. Ingeniører søger at optimere løsninger på problemer, behov og ønsker, under hensyntagen til ressourcer og andre begrænsninger." (Egen oversættelse: Cunningham, 2018, s. 22)

Min begrundelse for at bruge denne didaktik som ramme for den æstetiske virksomhedsform i explore-fasen er, at den giver mulighed for at implementere kreativt håndværk som æstetisk genstand samt elementer direkte relateret til den æstetiske smagsdom. (Brodersen, 2020). Det skyldes, at læreren har

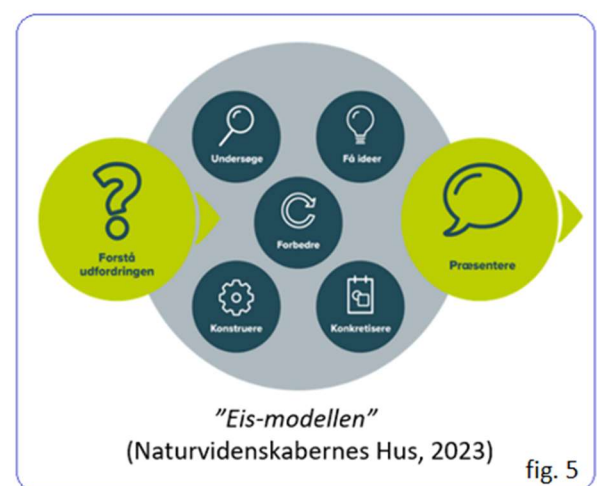


fig. 5

mulighed for at give frihedsgrader og opstille mål, der både understøtter de naturfaglige kompetencer – undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation – samt håndværksmæssige og kreative processer i aktiviteten. (Engineer the Future, 2023).

I det følgende afsnit vil jeg beskrive, hvorledes jeg har brugt denne tilgang i praksis, samt analysere og vurdere de forbedringer, der skal danne baggrund for de endelige designprincipper.

Fjerde aktivitet: Explore med håndværk og designprocesser (engineering-didaktik)

Hvor de tidligere beskrevne undervisningsaktiviteter tog udgangspunkt i et forløb om energiforsyning, er empirien i denne aktivitet indsamlet fem måneder efter under et forløb om plast – herunder produktion, brug, udfordringer og løsninger. Grundet særlige uger og dertilhørende tidspres på efterskolen var det kun muligt lave aktiviteten i én af de to 9. klasser og med kun én dobbeltlektion til rådighed.

Med udgangspunkt i Eis-modellens ”forstå udfordringen” (figur 5) blev eleverne i begyndelsen af lektionen præsenteret for en video omhandlende problemer med plastik i havet, havstrømmenes påvirkning herpå samt nedbrydningen til mikroplast. Eleverne blev herefter delt op i grupper og instrueret i at skulle bygge en prototype af en båd, der ville kunne opsamle plastik i vand (se bilag 6).

Eleverne fik stillet en række gratis eller billige byggematerialer til rådighed såsom mælkekartoner, toiletruller, snor, poser, snor og grillspyd. Til slut blev de præsenteret for de mål og kriterier, som deres båd skulle forsøge at leve op til – eksempelvis at båden skulle kunne flyde, bevæge sig rundt på egen hånd og selvfølgelig kunne indsamle plastik. Eleverne havde mulighed for at score op til 100 point, hvoraf 20 ville blive givet ud fra udseende, æstetik og detaljer. Se bilag 6 for en detaljeret beskrivelse af engineering-opgaven.

Klassen reagerede positivt på aktiviteten, og til både min egen og især lærerens overraskelse gik alle grupper i gang med designprocessen uden at beklage sig. Eleverne var forholdsvist selvkørende, hvorved min rolle blot blev at facilitere undervisning samt støtte eleverne med i forholdet mellem frihedsgrader og stillads. Gruppernes prototyper blev testet i en trillebør fyldt til randen med vand, low density plastgranulat samt rester af husholdningsplast. Eleverne havde også adgang til den vandfyldte trillebør undervejs i processen, så de havde mulighed for at afprøve og forbedre deres prototype. Alle fire grupper lykkedes med opgaven og formåede at score mellem 60 og 90 point på en skala fra 0 til 100 point.

I den efterfølgende spørgeskemaundersøgelse samt dertilhørende uddybende interview blev eleverne spurgt, hvorvidt de foretrak praktisk-undersøgende undervisning – herunder både laboratorieforsøg,

engineering og lignende aktiviteter. Her svarede 12 ud af de 15 elever, at de foretrak den praktisk-undersøgende undervisning. De elever, der talte for praktisk-undersøgende, begrundede det bl.a. med, at de er *"mere motiveret og engageret i det, hvis det er sådan et her projekt, hvor at man skal designe med"*, hvor et argument imod det praktisk-undersøgende var, at *"Det er måske sjovere at lave forsøg og sådan, men det er mere smart, hvis man gerne vil lære noget, [...] at lave noget mindre praktisk [...], fordi man (læreren) bare kan forklare forsøget"*.

Hvor den første elev er motiveret af det dynamiske indhold samt muligheden for selv at tage ejerskab over processen (Swarat, 2008), føler den anden elev, at det praktisk-undersøgende arbejde er spild af tid rent fagligt. Sandsynligvis skyldes dette, at hun er i stand til at forstå faglige pointer uden selv først at have beskæftiget sig med dem. Hun har dog sandsynligvis ikke medtænkt eller vidst, at det praktisk-undersøgende arbejde ikke kun understøtter ny faglig viden, men også de naturfaglige kompetencer.

Efter dette havde jeg en forventning om, at eleven også ville anse engineering-aktiviteten for spild af tid. Overraskende nok svarede hun til dette spørgsmål, at hun foretrak engineering og andre designaktiviteter frem for laboratorieforsøg. I klassen var den overordnede fordeling således, at fire foretrak forsøg, syv engineering, og fire ikke foretrak det ene frem for det andet.

Til uddybning svarede eleven fra før, at man ved engineering *"kan også lære af sine fejl. Man har mulighed for at prøve nogle nye ting af undervejs"*. En anden elev svarede, at han *"godt lide, at man kan udfolde sig på [...] en kreativ måde"*, og en tredje svarede, at *"de emner vi arbejder med (i engineering) er noget af det fede ved det her fag [...], at vi skal forbedre noget [...] at tænke i, hvad man kan gøre for at gøre verden bedre"*.

På baggrund af disse udtalelser synes aktiviteten altså at leve op til flere af Swarats interesseladende faktorer – herunder aktivitetsniveau, nyhedsværdi, udfordringer og vigtighed. (Swarat, 2008). Altså må eleverne nødvendigvis også opleve en personlig interesse og indre værdi, der overordnet set understøtter det motivationsmæssige nøglebegreb opgaveværdi (Krogh & Andersen, 2017). Denne antagelse understøttes desuden af klassens lærer, der efter undervisningen udtalte: *"Det var en virkelig god time. Det er længe siden jeg har set dem (eleverne) arbejde så fokuseret [...] Det er sådan noget, jeg gerne ville lave mere af"*.

Min samlede vurdering af denne fjerde aktivitet er altså, at principperne i engineering-tilgangen er en fornuftig ramme for at implemente håndværk som æstetisk genstand i explore-fasen. Jeg vil dog anbefale, at læreren afsætter mere end blot 1,5 time. Baggrunden for det er, at mange elever ikke nåede at forholde sig til EiS-modellen og den dertilhørende designtilgang til teknologiforståelse. Eleverne har derved ikke

opnået den fulde indsigt i, hvor høj grad aktiviteten rent faktisk understøttede alle fire naturfaglige kompetencer, hvilket vi ved kan motivere nogle elever (Wigfield & Eccles, 1992). Mere tid havde også øget muligheden for at anvende den æstetiske indstilling – eksempelvis gennem et fælles narrativ for lektionerne ligesom i aktiviteten med drama og rollespil.

På baggrund af denne samlede vurdering af andet gennemløb i aktionslæringscyklussen, vil jeg nu indlede en sammenfatning og diskussion af projektet. Her vil jeg ikke blot diskutere projektets foreløbige kvaliteter, men også dets mangler, og hvordan de evt. vil kunne afhjælpes i et tredje gennemløb i cyklussen.

5. Sammenfatning og diskussion af projektet

Projektets forløb og metode har resulteret i flere eksempler på, hvordan den æstetiske virksomhed kan indtænkes i naturfagsundervisning. På baggrund af observationer, spørgeskemaundersøgelser og de uddybende interviews synes den æstetiske virksomhedsform at bidrage positivt i forhold elevernes motivation og engagement i undervisning. Det ligger dog som en integreret del af aktionsforskningstilgangen, at forskeren gentager aktionsforskningscyklussen flere gange og indsamler data i en længere samarbejdsproces (Jensen, 2017).

Denne præmis kommer til udtryk i dette projekt, hvor vi ganske vist kan svare på problemstillingen, men hvor vi højst sandsynligt ville kunne svare mere præcist og uddybende, hvis projektet havde været længere, og aktionsforskningscyklussen var gentaget mere end blot to gange. I det tilfælde ville der være flere mulige veje at gå med henblik på at videreudvikle de designprincipper, der har været en del af målet med projektet.

1. Først og fremmest viste der sig et muligt potentiale i brugen af bevægelse og historiefortælling som æstetisk genstand i undervisningen. I analysen påpegede jeg, at disse to på grund af manglende praktisk-undersøgende arbejde og nyt fagligt stof med for højt fagligt niveau, viste sig ikke at passe ind i explore-fasens IBSE-baserede tilgang. Hjerneforsker og lektor Kjeld Fredens fremhæver dog i sin bog *Læring med kroppen forrest*, hvordan bevægelse, sprog og kropsliggørelse af fagligt indhold med fordel kan benyttes i børns læreprocesser. (Fredens, 2018). I relation til faserne i 5E-modellen ville det derfor være relevant at undersøge, hvorvidt denne *enactive learning*-tilgang ville kunne bidrage positivt til elevernes motivation og forståelse i explain-fasens assimilations- og akkomodationsprocesser. (Krogh & Andersen, 2019). I en tredje aktionsforskningscyklus ville jeg derfor undersøge enactive learning-tilgangens potentiale til at understøtte de faglige pointer, som eleverne skulle være stødt på i explore-fasen – stadig med udgangspunkt i de nyligst opdaterede designprincipper i dette projekt.

2. For det andet ville det i forbindelse med designprincipperne også være relevant at specificere, hvilke æstetiske genstande naturfagslæreren med fordel kan bruge i hvilke faser af 5E-modellen. Tager vi imidlertid kun udgangspunkt i de æstetiske genstande (musik, drama, bevægelse, historiefortælling og håndværksmæssigt skabende aktiviteter (Brodersen, 2020), og hver af disse aktiviteter afprøves mindst én gang, skulle vi afprøve mindst 25 forskellige aktiviteter, inden vi ville kunne opnå en detaljeret vejledning i præcist, hvordan læreren skulle gribe undervisningsplanlægningen an.
3. For det tredje ville det være relevant at afprøve aktiviteterne i flere klasser, så indsamlingen af kvantitative data repræsenterede flere elevers motivation og engagement, eller – hvad jeg personligt ville gøre i endnu en aktionsforskningscyklus – benytte en kvalitativ metode, såsom et semistruktureret gruppeinterview for først at få en dybere indsigt i elevernes holdninger samt de overvejende kvantitative data, jeg har samlet indtil nu. (Bak, 2017). I et sådant interview ville jeg være særlig interesseret i det førromtalte potentiale i enactive learning i explain-fasen, men også engage-fasen som særlig interessant for at opbygge den æstetiske indstilling til de efterfølgende faser.
4. Sidst ville jeg undersøge, hvorvidt bevidst implementering af de sidste to nøglebegreber fra CARTAGO – årsagstilskrivning og målorientering – ville kunne bidrage positivt til elevernes motivation og engagement. (Krogh & Andersen, 2017). I anbefalingerne til målorientering skriver Krogh og Andersen bl.a., at læreren skal *"Etablere et læringsmiljø, hvor fejl opfattes som en naturlig del af læringsprocessen"*. (ibid., s. 257). Denne påstand blev understøttet af eleven, der blev motiveret af, at man i engineering-tilgangen *"kan lære af sine fejl. Man har mulighed for at prøve nogle nye ting af undervejs"*. Der er altså tegn på, at målorientering har bidraget positivt til motivationen uden at havde været direkte beskrevet i designprincipperne. Min vurdering er derfor, at der i de sidste to nøglebegreber ligger en motivationsmæssig værdi, som ville være værd at undersøge nærmere.

På trods af de mulige forbedringspunkter for designprincipperne, som et og gerne flere gennemløb i aktionsforskningscyklussen ville kunne resultere i, vil jeg vurdere, at de foreløbige resultater af dette projekt vil kunne bidrage positivt til lærerprofessionen. Optimalt set ville designprincipperne kunne bruges af enhver naturfagslærer – også dem, der ikke har den store indsigt i æstetisk læring og de praktisk-musiske fag. Så langt i processen er vi ikke endnu. Dog vil jeg mene, at de endelige designprincipper, jeg er kommet frem til, allerede nu kan være en guide for de naturfagslærere, der har interesse i og ønske om at gøre undervisningen mere kreativ og motiverende for eleverne. Jeg er selv musiklærer og har i denne bachelorproces fået en del indsigt og værktøjer til nu også at kunne trække æstetik og kreativitet ind i

naturfagsundervisningen. Disse værktøjer samt indsigten i, hvordan man som lærer udvikler og forbedrer undervisning, vil jeg helt sikkert benytte mig af i min fremtidige lærerprofession.

Denne indsigt vil jeg afslutningsvis beskrive i det afsluttende konklusionsafsnit. Afsnittet vil også indeholde de endelige designprincipper, som jeg i projektet er nået frem til. Her vil jeg specificere, hvilke æstetiske genstande naturfagslæreren med fordel kan bruge i 5E-modellen, på baggrund af den viden, der er samlet undervejs i projektet.

6. Konklusion og endelige designprincipper

I dette projekt har jeg undersøgt, om og hvordan læreren ved brug af den æstetiske virksomhedsform kan designe aktiviteter, der fremmer motivationen og engagementet hos eleverne i naturfagsundervisningen.

Først og fremmest står det klart, at brugen af æstetisk virksomhed sammen med de øvrige virksomhedsformer har en positiv indvirkning på elevernes motivation og engagement i naturfagsundervisningen. Det fremgik af observationerne, men især af spørgeskemaundersøgelsen og de dertilhørende uddybende spørgsmål.

Dernæst har jeg i projektet forholdt mig til, *hvordan* den æstetiske virksomhedsform benyttes i undervisningsdesignet. Her har de æstetiske genstande og den æstetiske indstilling vist sig at have en bærende rolle i den praktisk-undersøgende tilgang til naturfagsundervisning. Det må dog også konkluderes, at en detaljeret beskrivelse af præcist, hvilke æstetiske genstande der med fordel kan benyttes i de forskellige 5E-faser, kræver en del mere undersøgelse. Jeg har i diskussionen beskrevet mine overvejelser vedrørende et potentielt videre arbejde i aktionsforskningscyklussen.

Afslutningsvis vil jeg formulere mine endelige designprincipper for brug af æstetisk virksomhed i naturfagsundervisning. Disse designprincipper er efter bedste evne udformet, så de potentielt vil kunne benyttes af enhver naturfagslærer. Dette vil dog stadig kræve en indsigt og interesse i kreativ undervisningsplanlægning fra lærerens side.

De endelige designprincipper findes på næste side:

Endelige designprincipper

1. Den æstetiske aktivitet skal tage udgangspunkt i en af de fem faser i 5E-modellen og dertilhørende indhold. Eksempelvis skal eleverne i explore-fasen være praktisk-undersøgende.
2. Eleverne skal møde en æstetisk genstand i aktiviteten. I den forbindelse kan læreren benytte sig af elementer som eksempelvis musik, drama, bevægelse, historiefortælling og håndværksmæssigt skabende aktiviteter såsom tegne, male og forme. Derudover bør læreren benytte en æstetiske indstilling og/eller narrativ til at underbygge den æstetiske genstand. (Brodersen, 2020).
 - a. Engage-fasen har et særligt potentiale mht. æstetik. Her pirres elevernes interesse og forforståelse, og den æstetiske indstilling sættes for det videre arbejde. Her er det muligt at benytte musik, tegning, maling, formning og sikkert mange flere aktiviteter.
 - b. Explore-fasen kræver en håndværksmæssigt skabende aktivitet, hvor eleverne selv har mulighed for at undersøge. Rammen for dette kan eksempelvis være en engineeringaktivitet rammesat i en æstetisk indstilling.
 - c. I elaborate-fasen skal eleverne anvende og udvide deres viden i en ny sammenhæng. Dette kan eksempelvis være gennem et rollespil, hvor eleverne skal debattere en socialvidenskabelig problemstilling. Det er her vigtig, at læreren selv indgår i rollespillets narrativ.
3. Aktivitetens indhold skal give mening i forhold til forløbets øvrige indhold, da undervisningens indhold generelt skal ses som en samspil mellem de fire virksomhedsformer. (Hansen, 2020). Af samme årsag skal det samlede undervisningsforløb indeholde elementer fra samtlige virksomhedsformer.
4. Aktiviteterne skal forsøge at afdække elevernes behov for kompetence, autonomi, tilhørsforhold og opgaveværdi (Krogh & Andersen, 2017). Der skal tages udgangspunkt i Swarats kategorisering af interesseskabende faktorer for at fremme opgaveværdi hos eleverne. (Swarat, 2008)

Referenceliste

- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). Å undervise i energifysikk. I Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, D., Persson, J., & Renstrøm, R. (red.), *Fysikkdidaktikk* (s. 304-315). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Bak, C. K. (2017). Kvalitative interviews som metode i pædagog- og læreruddannelsen. I T. T. Engsig, *Empiriske undersøgelser og metodiske greb* (s. 47-73). København: Hans Reitzels Forlag.
- Boding, J., Mølgaard, N., & Pjenggaard, S. (red.) (2019). *Bachelorprojektet i læreruddannelsen - en håndbog*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Brinkmann, S. (2007). Motivation gennem handling og gøremål - et pragmatisk perspektiv. *Kvan: Tidsskrift for læreruddannelse og skole - Nr. 78: Motivation*, s. 91-101.
- Brodersen, P. (2020). Oplevelse, fordybelse og virkelyst - et æstetisk perspektiv på undervisning. I P. Brodersen, T. I. Hansen, & T. Ziehe, *Oplevelse, fordybelse og virkelyst - noter til æstetik i undervisningen* (s. 25-53). København: Hans Reitzels forlag.
- Børne- og Undervisningsministeriet. (2019). *Fysik/kemi - Fælles Mål*. Hentet fra emu - Danmarks læringsportal (16. april 2023): https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/GSK_FællesMål_Fysikkemi.pdf
- Børne- og undervisningsministeriet. (2023). *5E-modellen*. Hentet fra EMU - danmarks læringsportal (28. april 2023): <https://emu.dk/grundskole/biologi/problembaseret-undervisning/5e-modellen>
- Cunningham, C. M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education - Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. Boston: Teachers College Press.
- Engineer the Future. (2023). *Didaktikken bag engineering: Lærerens rolle, stilladsering og evaluering*. Hentet fra Engineer the Future (24. april 2023): https://engineerthefuture.dk/media/flwjdzmx/engineering-didaktik_2023_kapitel-8.pdf
- Espeland, M. (2001). Musikk i bruk. I M. Espeland, *Lyttemetodikk - studiebog* (s. 15-45). Oslo: Fagbokforlaget Vigmostad & bjørke.
- Fredens, K. (2018). *Læring med kroppen forrest*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Fregerlev, P., Munkholm, M., & Nielsen, H. B. (2016). *Lærerens kommunikation - en studiebog til praktiken*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Hansen, T. I. (2020). Æstetik og fordybelse. I P. Brodersen, T. I. Hansen, & T. Ziehe, *Oplevelse, fordybelse og virkelyst - noter til æstetik i undervisningen* (s. 85-122). København: Hans Reitzels forlag.
- Hedegaard, M. (2022). Elevers udvikling og læring. I J. Bjerre, & P. F. Laursen (red.), *Pædagogikhåndbogen - seks tilgang til pædagogik* (s. 241-262). København: Hans Reitzels Forlag.
- Jensen, J. B. (2017). Aktionsforskning- fra ideal til aktionsforskningspraksis. I T. T. Engsig, *Empiriske undersøgelser og metodiske greb* (s. 103-133). København: Hans Reitzels Forlag.
- Jørgensen, M. F., Fløe, A., Falkencrone, S., Lindorf, M., Jakobsen, K. T., & Broberg, A. S. (2019). *Hvordan får vi STEM på lystavlen hos børn og unge? – Og hvilken rolle spiller køn for interesseskabelsen*. København: Tænk tanken DEA.
- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2017). Elevers motivation i undervisningen. I J. Dolin (red.), G. H. Ingerslev (red.), & H. S. Jørgensen (red.), *Gymnasiepædagogik* (s. 252-269). København: Hans Reitzels Forlag.

- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2019). Undersøgelsesbaseret undervisning. I L. B. Krogh, & H. M. Andersen, *Fagdidaktik i naturfag* (s. 65-85). Frederiksberg: Frydenlund.
- Naturvidenskabernes Hus. (2023). *Ny engineering-didaktik*. Hentet fra Naturvidenskabernes Hus (24. april 2023): <https://www.nvhus.dk/undervisning/naturfagsmaraton/indhold/ny-engineering-didaktik/>
- Nielsen, F. V. (1998). Musikfaget set indefra. I F. V. Nielsen, *Almen musikdidaktik*. København: Akademisk Forlag.
- Reimer, D., & Sortkær, B. (2017). Spørgeskemaundersøgelsen og kvantitative metoder. I T. T. Engsig, *Empiriske undersøgelser og metodiske greb* (s. 135-160). København: Hans Reitzels Forlag.
- Skånstrøm, M., & Thomsen, P. N. (2017). Hvad kommer det an på? - om stilladsering som feedback i undersøgende arbejde i matematikundervisningen. I R. G. Henriksen, *Feedback i matematik* (s. 50-70). Frederikshavn: Dafolo.
- Swarat, S. (2008). What Makes a Topic Interesting? A Conceptual and Methodological Exploration of the Underlying Dimensions of Topic Interest. *Electronic Journal of Science Education*, 12(2), s. 1-25.
- Thomsen, A. V. (2016). *Eksterne partnere i naturfagsundervisningen: skole-virksomhedssamarbejde*. København: DPU, Aarhus Universitet.
- Thomsen, A. V., & Knudsen, L. E. (2022). Æstetik i naturfagsundervisningen. *KvaN: Tidsskrift for læreruddannelse og skole - Nr. 122: Fantasi og Leg*, s. 102-113.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (1992). The Development of Achievement Task Values: A Theoretical Analysis. *Developmental Review*, 12(3), s. 265-310.
- Wulff, L., & Knudsen, S. K. (2021). Sprog og fag. I L. Wulff, & S. K. Knudsen, *Kom ind i sproget - Flersprogede elever i fagundervisningen* (s. 15-38). København: Akademisk forlag.
- Ziehe, T. (2020). Æstetisering og selvorientering - om to moderne mønstre i selvorienteringen. I P. Brodersen, T. I. Hansen, & T. Ziehe, *Oplevelser, fordybelse og virkelyst - noter til æstetik i undervisningen* (s. 229-247). Hans Reitzels forlag: København.
- Zimmer, H. (2010). Dream is Collapsing. I: *Inception (Music from the Motion Picture)*
- Zimmer, H. (2022). Darkstar. I: *Top Gun: Maverick (Music from the Motion Picture)*
- Østergaard, C. (2017). Observation i pædagogiske kontekster. I T. T. Engsig, *Empiriske undersøgelser og metodiske greb* (s. 27-45). København: Hans Reitzels Forlag.
- Ågård, D. (2022). Motivation. I J. Bjerre, & P. F. Laursen (red.), *Pædagogikhåndbogen - Seks tilgange til pædagogik* (s. 263-283). København: Hans Reitzels forlag.
- Aarhus Universitet. (2023). *Kvantitativ metode*. Hentet fra Metodeguiden (26. april 2023): <https://metodeguiden.au.dk/kvantitativ-metode>
- Aarhus Universitet. (2023). *Triangulering*. Hentet fra Metodeguiden (26. april 2023): <https://metodeguiden.au.dk/triangulering>

Bilag 1 – Uddrag fra transskribering af uddybende interview

00:00:02 Michael

Herovre [peger til højre]: Hvis man er enig med udsagnet, så stiller man sig herovre. Hvis man er uenig med udsagnet, så stiller man sig her [peger til venstre]. Og ja... hvis man er sådan en hverken/eller, så står man i midten.

00:00:15 Michael

Det første udsagn: *Jeg synes naturfagsundervisning er mest spændende, når vi laver noget praktisk og undersøgende, for eksempel at lave forsøg, lave sådan noget engineering her eller lignende aktiviteter.*

[Eleverne fordeler sig på følgende måde: 1 uenig, 12 enig, 2 hverken/eller]

00:00:40 Michael

[peger på de elever der står i midten]

Er I i en sådan hverken/eller her?

[Begge elever nikker.]

00:00:42 Michael

I midten. Okay. Mega fedt.

00:00:52 Michael

Elev S, hvorfor står du der? [Elev S står i uenig.]

00:00:56 Elev S

Jeg synes ikke, at det er særligt praktisk, og sådan... at undersøge noget. Det tager bare lidt meget tid.

00:01:02 Michael

Det tager meget tid? Kan du prøve at uddybe det?

00:01:08 Elev S

Sådan forsøg og sådan noget. Det er spild af tid, fordi man kan bare forklare forsøget. Sådan er det, og sådan er det.

Det er måske sjovere at lave forsøg og sådan, men det er mere smart, hvis man gerne vil lære noget... du ved... at lave noget mindre praktisk

00:01:17 Michael

Så hvis man gerne vil lære noget, så er det så, du tænker, at man lærer mere ved f.eks. en tavlegennemgang, eller hvordan?

00:01:23 Elev S

[Nikker]

Ja. Hvis man laver noget teoretisk.

Bilag 2 – Elevsvar fra spørgeskemaundersøgelsen (tabel)

Første gennemløb

- Spørgsmål 1: Jeg synes undervisningen er bedst, når vi laver laboratorieforsøg
 Spørgsmål 2: Jeg synes opstartøvelsen med musikken var god
 Spørgsmål 3: Jeg synes aktiviteten med at lave en energikæde-video var god
 Spørgsmål 4: Jeg synes historien med bilerne og nyttevirkning gav mening
 Spørgsmål 5: Jeg har mere lyst til at deltage i undervisningen, når aktiviteterne er kreative (sammenlign med hvad I plejer)
 Spørgsmål 6: Jeg synes det var grænseoverskridende at deltage i paneldebatten
 Spørgsmål 7: Jeg synes paneldebatten var sjovere end andre typer af fremlæggelser

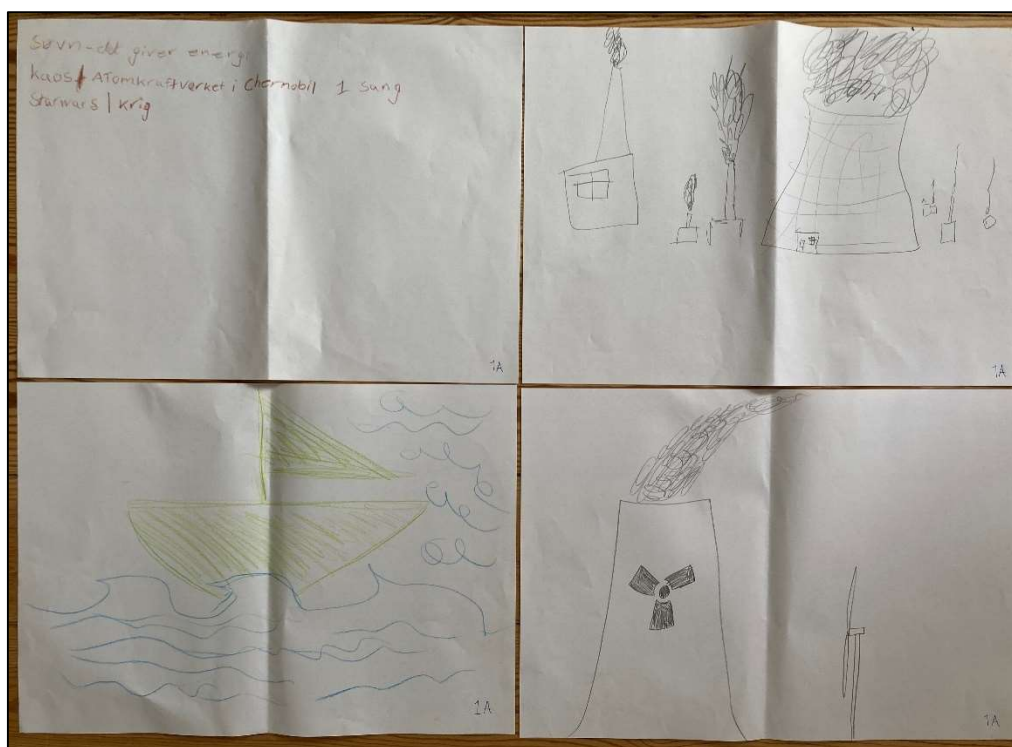
Andet gennemløb

- Spørgsmål 8: Jeg synes naturfagsundervisningen er mest spændende, når vi laver noget praktisk og undersøgende f.eks. forsøg, engineering eller lignende
 Spørgsmål 9: Jeg synes det er vigtigt, at jeg kan være kreativ i undervisningsaktiviteterne
 Spørgsmål 10: Jeg foretrækker...
 a. Laboratorieforsøg
 b. Begge dele
 c. Engineering

Spørgsmål	Enig	Hverken/eller	Uenig
<i>Første gennemløb</i>			
1	19	1	4
2	18	5	1
3	14	3	7
4	12	3	9
5	20	4	0
6	2	5	20
7	24	3	0
<i>Andet gennemløb</i>			
8	12	2	1
9	0	4	11
10	4 (forsøg)	4	7 (engineering)

Bilag 3 – Produkter fra engage-fasen med musik og tegning (associativ lytning)

Inception – Dream is Collapsing (klasse A)



Topgun: Maverick – Darkstar (Klasse A)



Bilag 4 – Historien med forbrændingsmotoren (explore-fasen med historiefortælling og bevægelse)

Rød farve = særlige opmærksomhedspunkter. Her skal et antal elever sorteres fra.

Virkningsgrad ca. 30 %

Der var engang [antallet af elever] kJ energi. Energien havde engang været en masse døde alger, som over millioner af år var blevet presset sammen langt under havbunden. Pludselig en dag blev energien pumpet op til havoverfladen, hvor mennesket ved hjælp af nogle store anlæg omdannede den fra råolie til dieselolie.

Nu lå energien i stedet bundet som kemisk energi i dieselolien. Den blev solgt til en bilist og lå nu helt stille i tanken på bilistens kæmpestore 4-hjulstrækker.

Pludselig en dag startede bilen og energien suste ind i bilen motor. Energien røg først ind i stemplerne, hvor den blev antændt og brugt til at sætte stemplerne i bevægelse. Desværre var det ikke al energien, der blev til mekanisk bevægelsesenergi. Halvdelen af energien blev nemlig til varme, som bilen ikke kunne bruge til andet end at sende ud i verden og måske lidt til at varme førerkabinen med i den kolde, mørke vinter.

Den sidste halvdel af energien var nu mekanisk energi i stemplerne. Desværre var energiens vej ikke slut endnu. Meningen var jo, at den skulle bruges til at få bilen til at køre fremad.

Da energien skulle overføres fra stemplerne til gearkassen, blev 10 % til mekanisk friktion og varme. Varmen kunne bilen ikke bruge til noget, så den blev sendt ud i verden.

Da energien så skulle overføres fra gearkassen og videre til drivlinjen, blev endnu 10 % til friktion og varme. Varmeenergien kunne bilen ikke bruge til noget, så den blev sendt ud i verden.

Nu var der kun 30 % af den oprindelige energi tilbage til at drive bilen. Den mekaniske energi blev overført til hjulene, og bilen suste nu i fuld fart ud af landevejen.

Bilag 5 – Rollearkseksempel fra elaborate-fasen med drama og rollespil

Rolle 1: Borgmesteren

(tilhænger af vindenergi)

Der er forsyningskrise i Danmark. Energipriserne har aldrig været så høje, som de er nu, og mange danskere kæmper for at betale deres elregninger.

Der må gøres noget!

I mange kommuner er man igen begyndt at fyre med kul og olie, men det går ud over klimaet og er i øvrigt en kortsigtet løsning.

I Struer og Holstebro er man derfor ved at undersøge løsninger, der både er billige, grønne og skaber forsyningssikkerhed. I går offentliggjorde borgmesteren et forslag om at anlægge en vindmøllepark på landmand Svend Kjær Kristensens mark ved Vejrum Kirkeby - lige bag Hardsyssel Efterskole.

Det er her, I kommer ind i billedet!

Du har indbudt til borgermøde om en mulig vindmøllepark bag Hardsyssel Efterskole. På borgermødet skal I finde en løsning på forsyningsproblemet, og det er vigtig, at alle bliver hørt.

- Du er borgmester i Struer kommune
- Du har fremlagt forslaget om vindmølleparken ved Vejrum
- Det er dit ansvar, at der bliver fundet en løsning

Find selv på mere om din rolle!

De øvrige deltagere på mødet er:

- En nabo til Hardsyssel Efterskole (tilhænger af vandkraft)
- En repræsentant fra Maabjerg Bioenergy (tilhænger af biogas)
- Lokalformanden fra Danmarks Naturfredningsforening (tilhænger af solenergi)

Bilag 6 – Engineeringopgaven (explore-fasen med håndværk og designprocesser)

En flydende “plastikopsamler”

Udfordring: Byg en båd, der kan opsamle skrald i havet

Definition på båd: mindre fartøj, der drives frem ved hjælp af årer, sejl eller motor

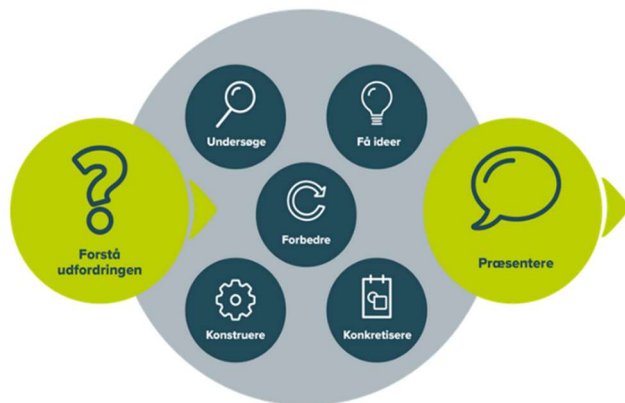


Godt at vide

- Båden testes i et kar udendørs
- Man må gerne gøre båden klar, men så snart den er i bassinet, må den ikke berøres

Materialer

- Mælkekartoner
- Toiletruller
- Papir i forskellige farver
- Skralde- eller fryseposer
- Balloner
- Engangskrus
- Snor
- Grillspyd i træ
- Tape
- Clips
- Elastikker
- Limpistol
- Piberensere
- Små teknologier
- Andet I lige kan finde



Sådan får I point

Jeres båd kan flyde	10 point
Jeres båd kan bevæge sig rundt i vandet på egen hånd	20 point
Jeres båd kan indsamle plastik	20 point
Jeres båd kan indsamle både store og små stykker plastik	10 point
Jeres båd er æstetisk smuk med flotte detaljer	1-20 point
I kan fremvise 5 billeder fra forskellige dele af jeres proces (2 point pr. billede)	0-10 point
I kan fremvise resultater af en undersøgelse, I har lavet undervejs	10 point
Maks. point	100 point