

Oplevelseslæring og BioFabLab



Connie Svabo,
Roskilde Universitet



Martin Malthé Borch,
Roskilde Universitet

Abstract: Artiklen beskriver RUC BioFabLabs tilgang til oplevelseslæring der forbinder STEM faglighed med FabLab-bevægelsens demokratisering af teknologi. Inspireret af sandkassetilgange fra teknologi-udvikling og med inddragelse af arbejdsmetoder der prioriterer den enkeltes nysgerrighed og integrerer den lærendes perspektiv med det faglige stof, lader BioFabLab de studerende forfølge egne interesser og samtidig blive klogere på naturvidenskabelig faglighed indenfor biologi, kemi og bioteknologi. To eksempler illustrerer, hvordan de studerende 'prototyper' sig frem, når de skaber biosten ud af sand og urea eller omsætter husholdningsaffald til hønsefoder gennem biologisk fabrikation.

Introduktion

Behov for interesse i naturvidenskab

I naturvidenskabsdidaktikken er der en stor orientering imod hvordan man kan arbejde med at fastholde elevens og studerendes interesse for naturvidenskab. Baggrunden er at mange børn og unges interesse for naturfag og naturvidenskab falder i takt med deres vej igennem uddannelsessystemet. De naturvidenskabelige uddannelser står over for to store problemkomplekser: hvordan man fastholder interessen for naturfag og naturvidenskab blandt elever på grundskoleniveau og i de gymnasiale uddannelser, samt hvordan man fastholder de studerende som er påbegyndt en naturvidenskabelig uddannelse på universitetet.

Undersøgelser viser at europæiske unge oplever at naturvidenskab ikke har nogen relevans i deres hverdag (Sjøberg et al., 2006), og ifølge rapporter fra den danske regering i 2016 og 2018 er Danmark et af de lande der har oplevet størst frafald blandt studerende på de naturvidenskabelige uddannelser (Seidelin, 2019, s. 14). Det ansporer til nytænkning: Det er nødvendigt at udvikle nye måder at lære naturvidenskab på (Seidelin, Wahlberg & Holmer, 2018, s. 1).

Oplevelseslæring i BioFabLab

Denne artikel præsenterer et udviklingsarbejde som tager afsæt i studenterdrevne projekter i laboratoriemiljøer der mest af alt minder om et køkken eller et drivhus. Udviklingsarbejdet præsenterer perspektiver for kreativ undervisning i naturvidenskab.

Vi beskriver Roskilde Universitets BioFabLab og nogle af de naturvidenskabeligt og teknologisk orienterede undervisningsaktiviteter der er forankret dér, og teori-rammesætter disse aktiviteter som oplevelseslæring. Artiklen argumenterer for at oplevelse og læring er to sider af samme sag, og synliggør hvordan undervisere og studerende selv kan *oplevelseslære* ved at arbejde udforskende og eksplorativt med bioteknologi i et biologisk fabrikationslaboratorium.

Artiklen præsenterer BioFabLabs praksis som den indgår i universitetets studieaktiviteter. Undervisningsaktiviteterne er ikke dybdegående undervisning i specifikke biologiske emner som mikrobiologi, fysiologi eller enzymkinetik. BioFabLab-aktiviteterne indgår i de studerendes tværfaglige projekter hvor læringsmålene på bachelorniveau, jf. kvalifikationsrammen for videregående uddannelse, bl.a. er at de studerende skal kunne vurdere teoretiske og praktiske problemstillinger samt begrunde og vælge relevante løsningsmodeller, håndtere komplekse og udviklingsorienterede situationer, selvstændigt indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde, identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring i forskellige læringsmiljøer.

Metode: didaktisk udviklingsarbejde

Udviklingsarbejdet har fundet sted i perioden fra slutningen af 2017 til sommeren 2019. Udviklingsarbejdet trækker på en klynge af forskningstilgange inden for human- og samfundsvidenskab som alle prioriterer praksis som kilde til viden. Fælles er at de prioriterer *“gøren”* og det eksplorative *“at prøve ting af”* som en del af den akademiske vidensproduktion. Grundtanken er at en værdifuld måde at lære og vide noget på er gennem *gøren i praksis og refleksion herover* (Chapman & Sawchuk, 2012; Leavy, 2009; Koskinnen et al., 2011; Schön, 1992). Denne form for læring og vidensproduktion indebærer ofte at en kreativ proces, en eksperimentel æstetisk komponent eller et kunstnerisk arbejde integreres som en del af et projekt. Den pædagogisk og didaktisk orienterede forskningstilgang *design-based research* (Christensen et al., 2011) indgår også i disse praksisorienterede metodologier.

En af artiklens forfattere, Martin Malthe Borch, er initiativtager til og grundlægger af BioFabLab RUC og underviser på de rapporterede undervisningsaktiviteter. Martin er uddannet civilingeniør i bioteknologi og master i interaktionsdesign. Den anden forfatter, lektor Connie Svabo, forsker i oplevelsesdesign og arbejder i krydsfeltet mellem oplevelse, æstetik og videnskab, bl.a. som leder af forskningscenteret Experience Lab på Roskilde Universitet. Samarbejdet mellem de to forfattere tager udgangspunkt i et ønske om at fremme oplevelsesorienterede tilgange til (formidling af og læring om) natur og naturvidenskab.

Artiklen præsenterer ikke en undersøgelse hvor vi står uden for feltet, men formidler tværtimod et udviklingsarbejde hvor vi er indlejret i feltet. De kvalitetskriterier

som er relevante for en vurdering af forskningen, er efter vores mening (og med inspiration fra Brinkmann & Tanggaard, 2013, s. 523) særligt *transparens* og *gennkendelighed*. Det empiriske grundlag for artiklen er undervisernes oplevelser samt studenterrapporter og evalueringer. De empiriske eksempler tjener til at illustrere et teoretisk perspektiv som understreger sammenhængen mellem oplevelse og læring, og fortæller om studenterdrevne projekter i en naturvidenskabelig og teknologisk laboratoriekontekst.

En grundantagelse i udviklingsarbejdet er at det biologiske fabrikationslaboratorium muliggør andre engagementsformer end det traditionelle biologiske laboratorium. Det didaktiske udviklingsarbejde er gennemført i overensstemmelse med den pragmatiske filosofi som bl.a. informerer FabLab-bevægelsens tilgang til teknologi. Denne pragmatik har et enkelt og emancipatorisk udgangspunkt: at gøre det muligt for alle mulige brugere at få adgang til et teknologisk fabrikationsmiljø og -udstyr, hvilket muliggør at studerende, kunstnere, iværksættere og andre interesserede kan skabe noget de har lyst til (Haldrup et al., 2018). Denne pragmatiske tilgang står i kontrast til skolastiske tilgange til læring.

Teori

Ikke en skolastisk tilgang

Skolastiske tilgange anser læring som noget der kommer “udefra”, hvor en elev eller studerende tilegner sig en på forhånd given mængde af viden. Denne viden kan fx findes i et pensum eller hos undervisere. Eleven eller den studerende skal tilegne sig den eksisterende viden og betragtes som et “tomt kar” hvori viden skal fyldes.

“Læring er her en tilegnelse af noget som allerede findes i bøger og i hovederne på de *ældre*, og hvor dét der undervises i, betragtes som værende statisk i sin kerne. Stoffet undervises som havde det en færdig pakkeform, med ringe inddragelse af måden hvorpå det oprindeligt blev udviklet, og uden hensyn til fremadrettede forandringshorisonter. Denne undervisningsform er i høj grad fremkommet i et samfund hvor man troede at fremtiden ville være meget lig fortiden, og bruges dog alligevel fortsat som grundlag for uddannelsestilrettelæggelse, nu i et samfund hvor forandring er reglen snarere end undtagelsen”. (Dewey, 1938, s. 19, forf. oversættelse)

Dewey – og mange andre – kritiserer denne læringstilgang. Denne tilgang til læring erstattes bl.a. af mere situerede, relationelle og dynamiske tilgange til læring (Dewey, 1938; Vygotski, 1962; Lave & Wenger, 1991). Ikke desto mindre er det stadig relevant at være bevidst om den skolastiske forståelse da mange nutidige læringspraksisser fortsat er orienteret mod “*indlæring*” og eksempelvis søger at sandsynliggøre nye

undervisningsmetoders effektivitet ved at isolere de specifikke metoder og kvantitativt sandsynliggøre deres læringsmæssige effekt. Dette ses eksempelvis når brugen af virtual reality til læring af naturvidenskab promoveres og testes for teknologiens "indlæringseffekt" (se fx Makransky, Terkildsen & Mayer, 2019).

Et af de steder hvor dissonansen mellem kognitivt indlæringsorienterede tilgange og pragmatiske, situerede og relationelle tilgange træder tydeligt frem, er i diskursen om uformelle læringsmiljøer, eksempelvis museer, science centre, eksperimenter mv. Museerne er i stigende grad begyndt at åbne op for leg og oplevelse i museumsrummet, men af og til dukker indlæg op i den offentlige debat hvor en aktør argumenterer "imod forfladigelse" og "for læring, viden og faglighed". Oplevelse bliver således stillet op som værende i modsætning til læring, viden og faglighed. Det er som om man tror at hvis man oplever noget, lærer man ikke noget. Det er en problematisk misforståelse. Den er problematisk fordi den adskiller to fænomener som i høj grad er sammenflettede (Dewey, 1938; Kolb, 1984). Ved at tage udgangspunkt i en forståelse af læring og viden som adskiller den lærendes oplevelse fra det lærte, *begrænses* de formidlings- og undervisningsmæssige *muligheder*. Man kan ikke lære noget uden at opleve noget.

Læring og oplevelse hænger sammen

Deweys arbejde er et vigtigt fundament for oplevelseslæring – både filosofisk og metodologisk. Det er en væsentlig pointe hos Dewey at læring og oplevelse *altid* hænger sammen. Ikke sådan at forstå at alle oplevelser giver relevant læring, men sådan at forstå at oplevelse altid er i spil i relation til læring. Inden for uddannelsesfilosofi og læringspraksis kobles læring og oplevelse bl.a. i den lærings- og uddannelsesstilgang som på engelsk benævnes *experiential learning and education* (Kolb, 1984). Som her formuleret af Smith og Knapp i *Sourcebook of Experiential Education*:

"Oplevelsesbaseret uddannelse er en filosofi og metodologi som eksplicit arbejder med den lærendes engagement og direkte oplevelse samt refleksion over denne og med det formål at øge viden, udvikle færdigheder og kvalificere evnen til at foretage værdibaserede skøn." (Smith & Knapp, 2011, s. 3, forf. oversættelse)

Oplevelseslæring kan findes i traditionel undervisning, alternativ uddannelse, uden-dørs adventureuddannelse, stedsspecifik læring, karrierelæring, terapi, socialt arbejde samt medarbejder- og karriereudvikling (Smith & Knapp, 2011; Roberts, 2012). Det har relation til den "human potential movement" som voksede frem i 60'erne, 70'erne og 80'erne, og til "humanistic education movement". Oplevelseslæring udgør grundlaget for "wilderness learning", udendørs- og miljølæring, som er meget almindelig i USA og Canada. Det er også beslægtet med "adventure education movement" hvor man

bl.a. arbejder med reb og holdudfordringer, ekspeditioner, rappelling, rygsækture, klatring, sejlads, miljøbevidsthedsaktiviteter og “community service learning” (Smith & Knapp, 2011).

Der er her fokus på aktiviteter som prioriterer “direct experience”. Det er et broget felt, og der har været omfattende diskussioner af læringseffekterne af nogle af disse aktiviteter. Det er relevant at have kritikken af oplevelseslæringsaktiviteterne in mente. Kritikken opsummeres af Roberts der som en svaghed fokuserer på et manglende filosofisk eller teoretisk grundlag for oplevelseslæringsaktiviteterne. Der findes mange, forskelligartede oplevelseslæringspraksisser, og det teoretiske og filosofiske grundlag for disse aktiviteter er i nogle tilfælde tyndt, men det nødvendige grundlag kan ifølge Roberts netop findes hos Dewey (Roberts, 2012, s. xi).

Dewey: Oplevelse er vekselvirkning mellem individ og omgivelser

Oplevelse foregår i en vekselvirkning mellem individ og omgivelser. Dewey understreger at oplevelse både foregår i et menneske (i den forstand at vilje og formål er forankret i individet) og har en aktiv, udvekslende dimension. På den måde kan man sige at oplevelse både kan anskues som et individuelt og et situeret, relationelt og dynamisk fænomen. Dewey skriver:

“Oplevelse foregår ikke bare inden i et menneske. Det foregår dér, for oplevelse betyder noget for udvikling af holdninger til videbegær og formål. Men det er ikke hele historien. Hver oplevelse har en aktiv side som til en vis grad forandrer de objektive forhold under hvilke oplevelsen finder sted.” (Dewey, 1938, s. 39, forf. oversættelse)

Ved at beskæftige sig med oplevelseslæring bliver det muligt både at adressere og tage udgangspunkt i hvad der foregår hos det enkelte menneske (hos den lærende), og hvad der foregår i omgivelserne, altså hvad den tidligere viden på et område er, og hvad underviseren prioriterer, lige såvel som hvordan de fysiske omgivelser og materialer indgår og medskaber læringssituationen.

Omgivelser som oplevelseslæringsinspirator

Situationen, herunder de fysiske omgivelser, spiller en vigtig rolle i forhold til læring. Med udgangspunkt i Dewey kan de fysiske og sociale omgivelser for en læringssituation aktivt medtænkes som bidragyder til læringsoplevelse. Dewey gør opmærksom på hvordan “enviroming conditions” (omgivende betingelser) er med til at skabe oplevelse, og opfordrer til at undervisere forstår og medtænker hvilke “omgivelser” der kan være med til at skabe vækst (lærerige oplevelser) – og hvordan de kan tilrettelægges for læring. Heri er en vigtig begrundelse for at eksperimentere med og udvikle de “omgivelser” som naturvidenskab, herunder biologi, læres i. Også

derfor giver det god mening at forstå *adventure education*-programmer og andre "ude i felten"-praksisser som oplevelseslæring. Dewey påpeger at undervisere skal være bevidste om at situation og omgivelser er med til at skabe læringsoplevelsen. Det betyder bl.a. at undervisere kan bruge omgivelserne til at tilbyde oplevelser som muliggør relevant udvikling: "*Først og fremmest skal de vide hvordan de kan bruge omgivelserne – fysiske og sociale – til at uddrage alt hvad de har at bidrage med til at skabe værdifulde oplevelser*" (Dewey, 1938, s. 42, forf. oversættelse).

Dewey fremhæver at omgivelser, situation, interaktion, oplevelse og læring spiller tæt sammen (Dewey, 1938, s. 42). Det har den implikation at skole- og læringsmiljøer er vigtige i forhold til læring. Omgivelserne rummer rige oplevelseslæringsmuligheder.

Denne indsigt er ikke ny. Den er en af begrundelserne for at man søger at skabe interesse og læring gennem uformelle læringsmiljøer som udstillinger og aktivitetscentre. Uformelle læringsmiljøer og aktivitetsbaserede lærings- og oplevelsessituationer muliggør kropslige og sansede indgangsvinkler til en forståelse af natur og naturvidenskab. Med denne artikel tilføjer vi det biologiske fabrikationslaboratorium til de potentielle miljøer for oplevelseslæring.

Laboratoriet som miljø for læring og oplevelse

Traditionelt set er et laboratorium et videnskabeligt miljø hvis funktion, teknologi og apparatur er en integreret del af skabelsen af videnskabelige sandheder (Latour & Woolgar, 1979; Law, 1993). Læringsoplevelser i laboratorier er i høj grad defineret af videnskabelige procedurer, apparatur og sikkerhedsprocedurer. Sådanne laboratoriebaserede læringsoplevelser er langt fra hverdagslige forståelses- og praksisformer; de er ikke alment tilgængelige. Med udgangspunkt i FabLab-bevægelsen og dens demokratiserende intention om at gøre digitale teknologier tilgængelige for en bredere offentlighed har man imidlertid på Roskilde Universitet udviklet en anden type af laboratoriebaseret læringsmiljø gennem udviklingen af et BioFabLab i rammerne af FabLab RUC.

FabLab RUC

FabLab-bevægelsen udspringer af et globalt gør det selv-elektronikmiljø med radioamatører og elektronikkubber. Siden opstod "makerspaces" der mere bredt anvendte digital teknologi (Davies, 2017; Turner, 2006), før begrebet Fabrication Laboratories (FabLabs) blev gjort populært gennem Massachusetts Institute of Technology (MIT)'s fortælling om værksteder der kan bygge næsten alt. MIT er en central drivkraft i FabLab-bevægelsen og har bl.a. været med til at udvikle *The Fab Charter* som opridser FabLab-konceptet.

Hvert enkelt FabLab er forskelligt, men hovedprincipperne bag FabLab RUC er:

- Alle uanset forudsætning har adgang, og det er gratis at bruge maskinerne.
- Det skal være nemt at bruge – bare kom og del maskinerne, tiden og pladsen med de andre brugere.
- Brugerne skal ikke retfærdiggøre deres baggrund for at bruge laboratoriet – alle idéer er gyldige.
- Der er ikke noget formelt testbaseret certificeringssystem, men læring foregår gennem mesterlære, peer-learning og “learning-by-doing”-principper.
- Farlige maskiner og udstyr kan bruges efter passende mundtlig instruktion eller gennem demonstration alt efter udstyret.

Det er et åbent værksted for alle, både studerende, forskere, virksomheder og den enkelte borger i almindelighed, og der er konstant fokus på aktivt og effektivt at mindske barriererne for adgang. I FabLab RUC kan brugere udvikle og bygge prototyper samt forstå og anvende den alment tilgængelige teknologi så de kan bruge den som de har lyst. FabLab RUC åbnede i 2013 på baggrund af fem års forarbejde og i parallel udvikling med den humanistisk-teknologiske bacheloruddannelse (Haldrup & Svabo, 2012; Haldrup et al., 2018).

Kernen af det gode projekt i FabLab er den enkeltes nysgerrighed og undersøgelse af et mulighedsrum i forhold til det materiale og den teknologi man står med i hænderne. Intentionen er at krop og tanke integreres. Det er et legende og undersøgende perspektiv på design (Hoby, 2014), og der tales i den sammenhæng også om at udviklings- og arbejdsprocesser foregår som en “samtale” med de materialer man arbejder med (Schön, 1992). Det handler om at være nysgerrig samt træne måden at spørge på og vide på.

BioFabLab

BioFabLab står for Biologisk FabrikationsLaboratorium og er en tilføjelse til FabLab. Forskellen mellem BioFabLab og et almindeligt biologisk laboratorium er at man i BioFabLab tager afsæt i det mere hverdagslige, det vil sige biologiske processer og redskaber som er tilgængelige for lægmand (m/k). Varianter af et sådant biologisk laboratorie minder mest af alt om et køkken og et drivhus. Med BioFabLab er målet at udvide de materialer og metoder man arbejder med i FabLab. Det skal være muligt at arbejde med biologiske medier, levende biologi, kemi og biologisk laboratorieudstyr. I BioFabLab er udgangspunktet de levende biologiske materialer og organismer, hvor det i FabLab er elektronik, computere, digital fabrikation som 3-d-print, laserskæring og CNC-fræsning der er udgangspunktet.

Empiriske eksempler

I det følgende beskriver vi to projekter som konkret viser hvordan oplevelseslæring foregår i BioFabLab.

Fluelarver fra madaffald til kyllingefoder

Projektet blev foretaget af fire tredjese­mesterstuderende. Tre fra den samfundsvi­denskabelige bacheloruddannelse og en fra den humanistisk-teknologiske bachelor­uddannelse HumTek. Vejleder var Ane Kirstine Åre, ph.d. og ansat ved Institut for Mennesker og Teknologi.

Projektets formål var at undersøge om importeret soja brugt til dyrefoder i dansk landbrug kunne erstattes med insekter dyrket på kildesorteret organisk affald med henblik på at styrke bæredygtigheden og næringsrecirkulationen af produktionen. De studerende undersøgte det sociotekniske system, sammenlignede proteinkvalitet og lavede forsøg med dyrkning af melorme, fårekyl­linger og soldaterfluelarver på organisk affald og brugte industrielt hønsefoder som kontrolfoder.

De studerende konkluderede at det er teknisk muligt at substituere sojaprotein med fluelarver, men at der er politiske og regulative forhindringer på nuværende tidspunkt.

Nuværende lovgivning begrænser anvendelsen af insekter til foder, og manglende transparens gør det svært for forbrugerne at handle politisk og stille krav til produktionspraksis. Konkret oplevede de studerende gennem laboratoriarbejdet at fårekyl­linger og melormene voksede meget begrænset, mens fluelarvernes masse voksede 16 gange i løbet af 15 dage. De testede også om høns ville spise larverne (det ville de!), og fik vigtig indsigt i de mange komplicerede forhold der gør sig gældende i en biologisk produktionsproces. Det var bl.a. håndtering af fugtproblemer, larver der kravler væk eller sidder fast, larver der forpupper sig eller flyver væk, vandindhold i og håndtering af de forskellige foderfraktioner og foder der rådner hvis det er utilstrækkelig udluftet. De opnåede gode, men ikke optimale vækstkurver med en simpel forsøgsopstilling. De studerende fik også meget ud af at tale med ormeleverandøren om hvor nyt dette felt er. Han gav udtryk for egne bekymringer, visioner og synspunkter. Tilsammen gav det indsigt i kompleksiteten af det system de undersøgte. Med deres egne ord var det *“fra start en udfordring at forudse hele forsøgets forløb, hvorfor perioder blev meget travle”*. Særlig begejstret var gruppen for at de fik skabt deres egen empiri og data. *“Det har generelt været virkelig positivt at opleve, hvilke muligheder der findes for at forfølge ens interesse og eksempelvis lave forsøg”* (Breum et al., 2019).

Materialer og metode: Der blev brugt en metalreol pakket ind i dampspærreplast og en plastikkasse til hvert enkelt forsøg. Til fugtstyring blev brugt en indkøbt luftfugter koblet sammen med en automatisk fugtmåler. Midt i forsøget blev denne fugtigheds­metode dog erstattet af en håndvandforstøver der blev brugt i hver kasse for

bedre at kunne håndtere forskellene i fugten i forhold til de forskellige vækstmedier. Temperaturen blev styret af en hårtørret tilsluttet en temperaturstyring med stikdåse.

Projektet er dokumenteret på FabLabs hjemmeside hvor det er muligt at se billeder og downloade de studerendes rapport: <http://fablab.ruc.dk/bsfl/>. Fablab.ruc.dk indeholder også guidelines til selv at bygge automatiseringen eller anden elektronisk styring.

Generelle BioFabLab-refleksioner: Eksemplet viser hvordan studenterinteresse, omgivelser og undervisningsaktivitet spiller sammen i konkret oplevelseslæring. Eksemplet viser en bevidst didaktisk prioritering af *at få gjort noget* frem for nødvendigvis at gøre det fagligt set helt perfekte. I dette eksempel og ofte når det gælder biologi, tager det lang tid at dyrke organismerne hvilket skaber et tidspres når man skal nå at udføre et projekt på et semester eller endnu kortere tid. Det at få ormene i hænderne, få en oplevelse af biologiens fugtighed og kompleksitet og stadig lykkes med at dyrke dem bidrager til en mere kropslig kompleks læring samt glæde og motivation. I projektet benyttes en simpel forsøgsopstilling som de studerende selv har samlet af plastik-kasser, en gammel reol og en håndfugter. Den simple opstilling gør behovet for vores støtte som teknologivejledere minimalt, og det giver de studerende øget selvstyring og handlekraft da de selv kan forstå, bruge, skære, klippe, tape og ændre det de har brug for, på opstillingen.



Illustration 1. *Biosten som kystsikring. a) Billede af gruppens korte introduktionsguide til emnet, b) en prøve undersøges, c) diagram over det hjemmedesignede dyrknings- og forsøgs-kammer.*

Biosten som kystsikring

Gruppen bestod af seks andetsemester-HumTek-studerende. Ud over teknologivejledning fra FabLab blev gruppen vejledt af Tina Henriette Kristiansen, ekstern lektor ved Institut for Mennesker og Teknologi, og Inger Louise Berling Hyams, ekstern lektor ved Institut for Kommunikation og Humanistisk Videnskab.

Projektets motivation var med de studerendes egne ord at “(...) undersøge bæredygtige løsninger og teknologier”, og de valgte selv biosten som deres teknologiske fokus. Biosten er et populært navn for en biologisk cementeringsproces. Bakterier dyrkes i en blanding af sand, calciumsalt og urea. Bakterierne producerer et enzym der hydrolyserer urea. Dette forhøjer pH hvilket fører til at der udfældes calciumcarbonat (kalk) der binder sandet sammen og dermed danner et sandstenslignende materiale. Gruppen producerede deres egne “biosten” på en forsøgsopsætning der var lavet af dem selv i samarbejde med studentermedhjælperne i BioFabLab. De fik selv fat i bakterierne (*S. pasteurii*) og udførte flere vækstforsøg. I deres rapport præsenterer de perspektiver for teknologien i forhold til at skabe arkitektur med organiske former og dyrke sandskamler eller andre designobjekter.

Læring: De studerende fik en god oplevelse med at blande mange forskellige teknologier og materialer i form af elektronik, programmering og bakterier, og de fungerede selv som opsamlende bindeled mellem vejlederne fra forskellige discipliner som biologi, design og teknologi. De erfarede og skriver i deres rapport:

“... at biosten ikke er særligt svært at lave, så længe man har forberedt sig grundigt. Biosten kan laves uden for laboratoriet og sågar i ikke-sterile forhold og kan dermed produceres direkte på en given lokation. Da *S. pasteurii* ikke er en sygdomsfremkaldende bakterie, kan forsøget laves hvor som helst, selv hjemme på køkkenbordet, såfremt der er adgang til de kemikalier og remedier ...” (Breum et al., 2019, s. 1)

Materiale og metode: For at lave biosten skal man først have bakterien fra en bakteriesamling. Bakterien blandes med sand, calcium og vækstmedie der er steriliseret i en trykkoger. Efterfølgende pumpes en ureaopløsning i små mængder gennem sandet. De studerende anvendte en meget simpel arduinostyret peristaltisk pumpe til dette. Arduino er et open source-programmeringssprog beregnet til at arbejde med computerprocesser på en tilgængelig måde som kan bruges til hurtig prototypeudvikling. Elektronikdelene har vi på lager, og de er købt billigt online. De HumTek-studerende bliver introduceret til elektronik, programmering og lodning så de selv kan forestå sådan en opstilling. Vi har lagt vejledninger til elektronik og kodeeksempler ud på FabLabs hjemmeside, og gruppen har også selv udarbejdet en kort vejledning med materialelister der kan findes på FabLabs hjemmeside eller på studieporteføljeportalen Thirdroom: <http://fablab.ruc.dk/biostone-as-coastal-protection/> og <https://ruc-thirdroom.dk/project/kystsikring-med-bio-stone/>.



Illustration 2. Biostenforsøgsopstillingen. Laboratorieglass, engangssprøjter, syltetøjsglas og hjemmebygget elektronik.

Generelle BioFabLab-refleksioner: Denne gruppe nåede at lave flere dyrkningsforsøg. De fik styr på teknologien, på den mere klassiske forståelse og havde tid til at modificere opstillingen flere gange. De nåede ind i en kreativt skabende proces hvor nysgerrigheden for hvordan dette biostensmateriale ville se ud, og hvordan det ville hænge sammen, blev stillet. De demonstrerede at man kan pumpe bakterier og medie ud i ikkesterilt frit sand, og derved udviklede de idéen om kystsikring. Selvfølgelig var opstillingen var temmelig kompleks. Den bestod af elektronik, bakterier, sand og vækstmedie, hvoraf det sidste også skulle håndteres sterilt.

Analyse

Formålet med BioFabLab er ikke at uddanne biologer eller bioteknologer, og det her beskrevne skal derfor ikke læses som en erstatning for eksisterende undervisning i biologi. BioFabLab er ikke et miljø i konkurrence med de traditionelle, analytiske naturvidenskabelige uddannelser. Det er et miljø der forsøger at forstå og udvikle hvordan man kan bringe biologi, levende materialer og økologi til andre discipliner. Formålet er at skabe et rum hvor legende, eksplorativ og eksperimenterende udforskning af naturvidenskab gøres tilgængelig for lægmand og studerende med udgangspunkt i deres egen nysgerrighed. Det betyder bl.a. at undervisningsaktiviteter ikke i første omgang handler om at kopiere en protokol eller udføre det forsøg der er stillet frem – eller om at bruge et bestemt stykke laboratorieudstyr eller en maskine på en bestemt

måde. Det handler snarere om at gøre det muligt at bygge en ny maskine eller åbne og ændre den vi har, og om at se på den biologiske viden og de teknologier vi har, og i kombination med andre fagligheder at syntetisere og fremstille noget der ikke har eksisteret eller har været tænkt før.

Eksemplerne illustrerer en didaktisk og uddannelsesmæssig udforskning af laboratoriet som miljø for læring der tager afsæt i den lærendes engagement med og forståelse af velkendte miljøer (køkken eller drivhus) og materialer (planter, mad, svampe, insekter). Undervisningsaktiviteterne finder sted som en integreret del af ECTS-givende studieaktiviteter hvor læringsmålet ikke er biologien, men hvor biologien og laboratoriet bliver miljøet og rammen for læringen.

De studerende tilegner sig basale laboratoriefærdigheder og viden inden for undervisningsaktiviteternes overordnede læringsmål samt viden om specifikke tværfaglige krydsfelter. Aktiviteterne er læringsorienterede i den forstand at den lærendes engagement gøres til afsæt for en konstruktivt skabende praksis samt en refleksion over denne. De studerende engageres direkte i laboratoriemiljøet, og underviserne indgår i dialog med de studerende med det formål at udvikle de studerendes viden, færdigheder og kompetencer. De studerende får mulighed for at arbejde med fagområdernes metoder og redskaber og udvikler derved deres evne til at indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde samt deres kompetence til at identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring. Dette er ifølge kvalifikationsrammen for videregående uddannelse mål for læringsudytte på bachelorniveau (jf. fx https://ufm.dk/uddannelse/anerkendelse-og-dokumentation/dokumentation/kvalifikationsrammer/andre/dk-videregaaende/kvalifikationsramme_dk_videregaaende_uddannelse_20080609.pdf).

Der tages afsæt i processer, redskaber og materialer som er mere "hverdagslige" end "videnskabelige", og som er tilgængelige. Det videnskabelige laboratoriemiljø smelter sammen med de hverdagslige miljøer som kilde til forståelse, viden og indsigt. Det almindelige bliver en indgangsvinkel til at forstå mere komplicerede, komplekse og abstrakte sammenhænge, fx biologiske og teknologiske processer. Det er med til at genfortolke og udvide de studerendes forståelse af hvad et laboratorium er, og det åbner både for den faglige kompleksitet der ligger i at arbejde med biologisk materiale, og giver de studerende konkrete faglige erfaringer med dette. De studerende lærer samtidig hvilke udfordringer der fx kan være i at få biologiske organismer til at vokse på planlagte måder.

Oplevelseslæring indebærer en vekselvirkning mellem eksisterende viden og egen interesse, engagement og motivation. Man bliver kastet ud på dybt vand med den viden man kommer med, og skal få det til at blive til noget med en kort tidsfrist. De konkrete fabrikationer udgør omdrejningspunktet for sammenhængende vekselvirkninger mellem oplevelse og refleksion.

Et vigtigt element er at de studerende stifter bekendtskab med åbne og eksplorative

tilgange til læring og videnskabelse (Koskinen et al., 2011, s. 24; Shanks & Svabo, 2018). Dette indebærer at man arbejder legende og med udgangspunkt i egen og andres nysgerrighed, og at processen er lige så vigtig som det afsluttende produkt (Kiib, 2004; Svabo, 2016). Det er her man opdager det der overskrider hvad man kunne tænke sig til, eller hvad teorien beskriver (Haldrup et al., 2018). Det er også her man lærer af sine fejl.

Denne tilgang er særlig udviklet inden for design- og teknologiudvikling og kaldes nogle gange for en "sandkassetilgang" (på engelsk *rapid-prototyping*) hvor man eksperimenterer med udviklingsprocesser uden nødvendigvis at gå dybt ind i den bagvedliggende videnskab. Kendte eksempler er teknologiudviklingskulturen i Silicon Valley og omkring Stanford Universitet, hvor *design thinking* og dens iterative *build to think*-processer, som anvendes i alt fra teknologi- til forretningsudvikling, er nøgleord, samt *demo or die*-kulturen ved MIT Media Lab. Tilgangen viser at "det er muligt at udvikle viden med og gennem forhåndenværende ting, uden komplekse, teoretiske retfærdiggørelser – bare ved at slippe fantasien løs i værkstedet" (Koskinen et al., 2011, s. 24, forf. oversættelse). Sandkassetilgangen prioriterer hands-on, eksplorative aktiviteter og indebærer ofte tværfaglighed og hybride (sammensatte) fabrikationer.

Udviklingen foregår i hurtige iterationer, men styrken ligger i vekselvirkningen. Det er ikke optimalt at *blive* i et rapid prototyping-univers. Man kan godt bygge en model af en motor eller en flyvinge med pap og gaffatape, men for at bygge en jumbojet kræves der også grundig analytisk og systematisk forskning. Ideelt set oplever de studerende en kombination af forskellige måder at arbejde på. På den ene side den analytiske kortlægning med minutiøs notering i notesbogen og labbogen – og på den anden side den åbne og skabende udfoldelse.

Kunsten er her at skabe en bevidsthed om hvornår man befinder sig i den åbne, kreative proces, og hvornår man befinder sig i den analytiske eller instrumentelle og målorienterede proces. Dette kan skabes ved tydelighed i processen eller ved tydelighed i det fysiske rum som den studerende befinder sig i. FabLab er det kreative, skabende rum der er i kontrast til kontoret eller gruppe-lokalet hvor det er det kritiske og analytiske der er i fokus. To forskellige rum hvor vejen til succes kræver forskellig arbejds metode og tilgang.

Med denne artikel – og med det biologiske fabrikationslaboratorium på RUC – kobles naturvidenskabelig, bioteknologisk læring med *rapid prototyping* og sandkassetilgange fra design- og teknologiudvikling.

Perspektivering og konklusioner

Udfordringer

En af udfordringerne er om laboratorierne faktisk er så åbne og tilgængelige som de er tænkt. Nogle studerende fortæller fx at det kan være vanskeligt at afkode hvordan

man kommer i gang med at bruge FabLab. Hvordan undgår man at gå i vejen eller forstyrre medarbejderne eller andre brugere? Hvordan får man den viden der skal til, før man kan færdes i dette rum? På mange måder bevæger man sig ind i et åbent og eksplorativt felt som man selv skal navigere i, og hvor der ikke er givet så mange svar på forhånd. Det er en del af intentionen med denne arbejdsform at man blødgør grænser mellem fagområder, og at man ikke har et fast korpus af viden som man skal tilegne sig før man kan få lov til at eksperimentere. Ulempen er at det kan skabe usikkerhed hos studerende som ikke er vant til at løsninger ikke er givet på forhånd, men hvor aktiviteten er nysgerrighedsdrevet, og målet ligger i selve den materielle udforskning og bearbejdning.

Voksende interesse fra andre fagområder

Det er vores oplevelse at der er en stor interesse for at være kreativt skabende med biologiske materialer, medier og organismer. Mange af dem der henvender sig til BioFabLab, laver ikke biologisk forskning, men undersøger hvad biologien og bioteknologien kan inden for deres domæne, og i den sammenhæng har et åbent og uformelt laboratorie som vægter gør det selv- og hverdagslige tilgange, stor appel.

Arkitekter, designere og kunstnere vil gerne arbejde kreativt og undersøgende med biologien og have mulighed for at stille spørgsmål om vores relation til naturen og andre arter gennem materialerne. En fornemmelse af denne interesse kan fås ved at undersøge "Bioart & Design Award" eller "Biodesign Challenge". I projektet *Grow your own cloud* spekulerer designere fx i hvordan man i fremtidens datacentre kan gemme information i planternes eller træernes DNA (Clarke et al., 2019), og i kunstinstallationen "Microbial Machine" arbejder kunstner Naja Ankarfeldt (2019) med bakterielt dyrkede tekstiler. Der har endvidere de sidste år været flere udstillinger der arbejder med samfundets forståelse af biologien, og her undersøges biologien i et krydsfelt mellem kunst, forskning og teknologi. Et par eksempler er "OU\ /ERT" på Transpalette, Contemporary Art Centre i Bourges, Frankrig, "Hybrid Matters" i Nikolaj Kunsthall og "MATTER(S) matter(s): Bridging Research in the Arts and Sciences" på MSU Broad Museum, USA.¹

Vanskeligt at skabe prototyper med biologiske materialer

Der er brug for en vis faglig viden i denne type af interessedrevne projekter da det kan være vanskeligt at få biologisk materiale til at leve og overleve. Man kan ikke sætte biologien på pause og gemme forsøget til næste uge. Biologien skal konstant holdes levende hvilket stiller krav både til et BioFabLab og til brugeren i forhold til kontinuitet

1 OU\ /ERT: https://www.academia.edu/40511785/OU_ER_T_Phytophilia_-_Chlorophobia_-_Situated_Knowledges_English_Press_Release_Hybrid_Matters: [https://exhibitions.hybridmatters.net/nikolaj_matter\(s\)_matter\(s\)](https://exhibitions.hybridmatters.net/nikolaj_matter(s)_matter(s)): <https://broadmuseum.msu.edu/exhibitions/matters-matters>

og vedholdenhed. Derfor arbejder BioFabLab p.t. med udvikling af modelorganismer for biologiske redskaber og materialer som BioFabLabs brugere selv kan arbejde med. Det kan fx være alger, bakterier, gær, dafnier, myrer, udvalgte planter osv.

Konklusion

Gennem de sidste to år er BioFabLab blevet etableret i rammerne af FabLab RUC.

Det er lykkedes at knytte an til en global trend hvor biologien inddrages og undersøges i andre fagområder, og der har været interesse fra både studerende, forskere i andre discipliner, specielt design og arkitektur, og universiteter uden for Danmark.

Vi har her præsenteret to projekter der illustrerer hvordan studerende der ikke studerer biologi, har kunnet inddrage biologiske organismer, bakterier og orme i deres projektarbejde. Det er lykkedes at give dem biologien i hænderne tidligt i deres projektfase og give dem mulighed for selv at skabe og modificere forskellige forsøgsopsætninger. De har fået en forståelse af hvordan biologien fungerer, hvor hurtigt det vokser, hvor rent vi skal arbejde, og hvad temperatur og fugtighed betyder. De har i projektet vekslet mellem deres teoretiske akademiske arbejde og den oplevelsesbaserede undersøgelse, og begge former for læring og videnskabelse har derfor været til stede i deres arbejde. Vi vil den næste tid arbejde videre på de biologiske værktøjer, organismer og metoder vi kan give de studerende i hænderne.

Udviklingsarbejdet i og omkring BioFabLab er med til at synliggøre hvordan man kan arbejde eksplorativt og interessedrevet med naturvidenskab og teknologi blandt universitetsstuderende på en hands-on- og studenterdrevet måde.

En af de problemstillinger som er dukket op i de interne diskussioner af den naturvidenskabelige læring der foregår i BioFabLab, er spørgsmålet om uddannelsesniveau. Er BioFabLab kun relevant for studerende på bachelorniveau og lavere? Er BioFabLab primært relevant for *ikke*-naturvidenskabsstuderende? Hvordan kunne nogle af styrkerne i uformel lablæring sættes i spil i gymnasiet? I folkeskolen?

I relation til undervisningspraksis i gymnasiet og folkeskolen er præsentationen af udviklingsarbejdet om BioFabLab en åben invitation til dialog og videns- og erfaringsudveksling. Dels er det muligt for undervisere at dykke dybere ned i tankegange bag FabLab og BioFabLab og hvert enkelt projekt. Dels kunne der være mulighed for at arbejde videre med oplevelseslæring i større fælles udviklingsprojekter – eller blot at komme forbi og arbejde med egne projekter!

Referencer

- Ankarfeldt, N. (2019). *Microbial Machine*. Besøgt den 18/12 19 på <http://cargocollective.com/najarydeankarfeldt/microbial-machine>.
- Brady, E. (2003). *Aesthetics of the Natural Environment*. Cornwall: Edinburgh University Press.

- Breum, H.S., Løvenskjold, M.I., Bogdahn, C.K., Breum, A., Bodé, A.K.D. & Larsen, H. (2019). Biosten som kystsikring. Besøgt den 13/11 19. Studenterrapport. Link til rapport: <https://ruc-thirdroom.dk/wp-content/uploads/2019/05/Biosten-som-kystsikring.pdf>.
- Brinkmann, S. & Tanggaard, L. (2013). *Kvalitative metoder – en grundbog*. København: Hans Reitzel.
- Chapman, O. & Sawchuk, K. (2012). Research-Creation: Interventions, Analysis and “Family Resemblances”. *Canadian Journal of Communication*, vol. 37, s. 5-26.
- Christensen, O., Gynther, K. & Petersen, T.B. (2011). Design-Based Research – introduktion til en forskningsmetode i udvikling af nye e-læringskoncepter og didaktisk design medieret af digitale teknologier, LOM Læring & Medier, Issue 9/2012 development. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Clarke, C. & Seyfried, M. (2019). Grow Your Own Cloud. Besøgt 18/12 19 på <https://growyourown.cloud/>.
- Davies, S. (2017). *Hackerspaces – Making the Maker Movement*. Polity Publishing.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Simon & Schuster.
- Haldrup, M. & Svabo, C. (2012). Humanistiske Teknologi- og Designstudier. I: Enevoldsen, T. & Jelsøe, E. *Tværvidevidenskab i Teori og Praksis*. Hans Reitzels Forlag, s. 201-221.
- Haldrup, M., Hoby, M., Samson, K. & Padfield, N. (2015). Remix Utopia – Eleven Propositions on Design and Social Fantasy. Nordes: Nordic Design Research Conference, vol 6.
- Haldrup, M., Hoby, M. & Padfield, N. (2018). The bizarre bazaar: FabLabs as hybrid hubs. *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 14(4), 329-344.
- Hoby, M. (2014). *Designing for Homo Explorens*, PhD thesis, Malmö: Malmö University.
- Kiib, H. (2004). PBL in architecture and design: problem and play based learning. I: L. Kolmos, Fink, F. & Krogh, L. (red.), *The Aalborg PBL model*, s. 197-209. Aalborg: Aalborg Universitetsforlag.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Koskinen, I., Zimmerman, J., Binder, T., Redström, J. & Wensveen, S. (2011). *Design Research Through Practice. From the Lab, Field, and Showroom*. Massachusetts: Elsevier/Morgan Kaufmann.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. New Jersey: Princeton University Press.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Law, J. (1993). *Organizing Modernity: Social Ordering and Social Theory*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Leavy, P. (2009). *Method Meets Art: Arts-based Research Practice*. New York: Guilford Publications.

- Makransky, G., Terkildsen, T.S. & Mayer, R.E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>.
- Roberts, J.W. (2012). *Beyond Learning by Doing – Theoretical Currents in Experiential Education*. NY & London: Routledge.
- Schön, D.A. & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Creativity and Innovation Management*, vol. 1, issue 2.
- Seidelin, L., Wahlberg, M. & Holmer, M. (2018). Using Live-Stream Video from an Artificial Reef to Increase Interest in Marine Biology. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(47), 2. <http://dx.doi.org.ep.fjernadgang.kb.dk/10.3390/jmse6020047>.
- Seidelin, L. (2019). Live-stream video of artificial reefs: A teaching tool to increase students' interest in natural science. Ph.d.-afhandling, SDU.
- Shanks, M. & Svabo, C. (2018). Scholartistry: Incorporating Scholarship and Art. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 6(1). Link: <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v6i1.1957>.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2006). Elevernes forhold til naturfag og teknologi: Et nordisk og internationalt perspektiv basert på ROSE-prosjektet. I: L. Bering, J. Dolin, L.B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelsen (red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Smith, T.E. & Knapp, C.E. (2011). *Sourcebook of Experiential Education – Key thinkers and their contributions*. NY & London: Routledge.
- Svabo, C. (2016). Performative Schizoid Method: Performance as Research. *PARTake: The Journal of Performance as Research*, vol. 1, issue 1, side 1-21.
- Turner, F. (2006). *From Counterculture to Cyberculture*, The University of Chicago Press.
- Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.

English abstract

This article describes Roskilde University BioFabLab's practice of experiential learning in which STEM topics are integrated with the FabLab movement's democratization of technology. Inspired by sandbox approaches to technology development, priority is given to curiosity and the interest of the learner. BioFabLab enables students to pursue their own interests and at the same time learn Biology, Chemistry and Biotechnology. Two examples illustrate how the students prototype their way to learning, as they create biostone from sand and urea or transform household waste to chicken feed through biological fabrication.