



Modellering som bro mellem teoretisk viden og praktisk laboratoriearbejde

- i biologiundervisning i STX

Anne Jensen & Charlotte Puge

Speciale i biologi og didaktik

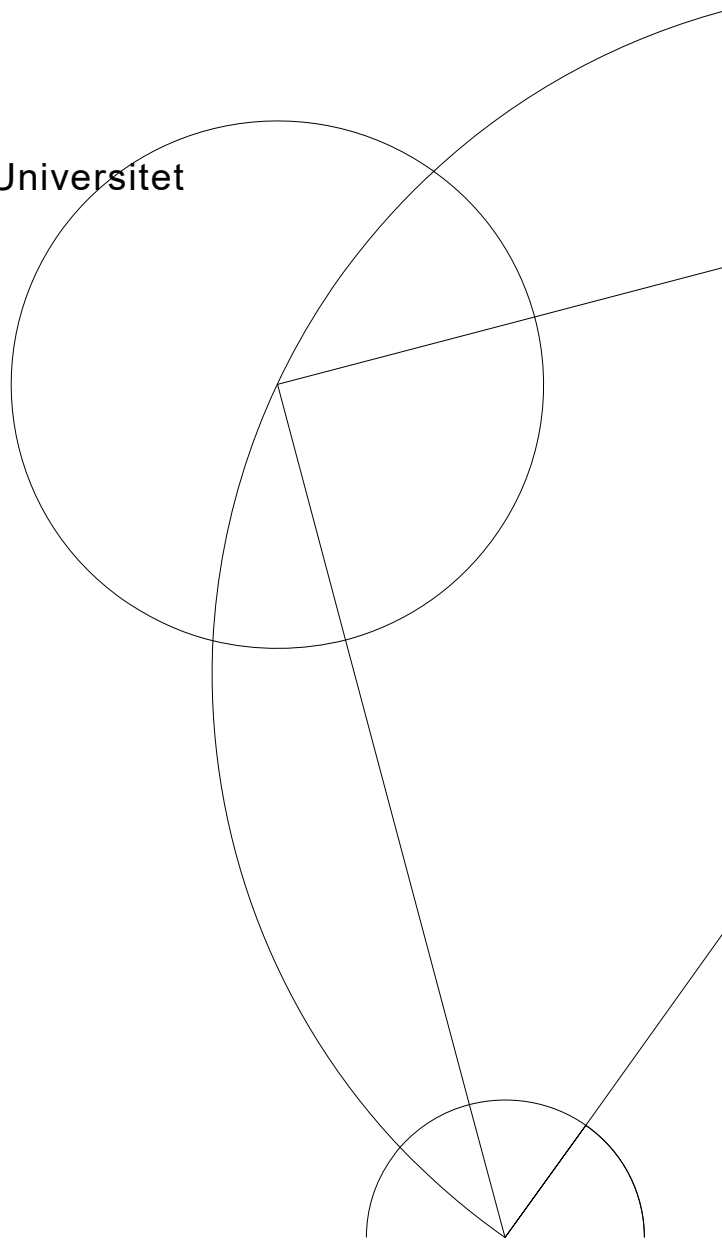
Fra Københavns Universitet & Aarhus Universitet

Vejledere:

Britta Eyrich Jessen

15. April 2024

IND's studenterserie nr. 121, 2024



INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK, www.ind.ku.dk

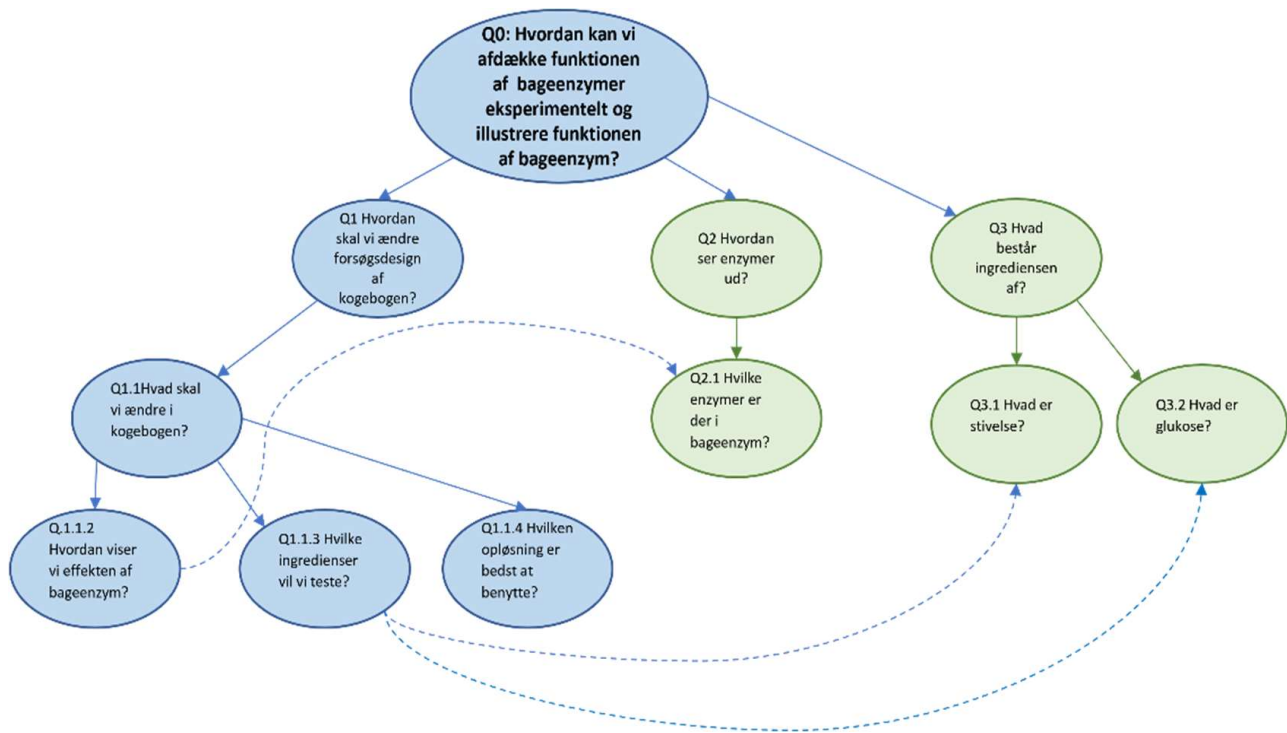
Alle publikationer fra IND er tilgængelige via hjemmesiden.

IND's studenterserie

90. Maria Anagnostou: Trigonometry in upper secondary school context: identities and functions (2020)
91. Henry James Evans: How Do Different Framings Of Climate Change Affect Pro-environmental Behaviour? (2020)
92. Mette Jensen: Study and Research Paths in Discrete Mathematics (2020)
93. Jesper Hansen: Effekten og brugen af narrative læringsspil og simuleringer i gymnasiet (2020)
94. Mie Haumann Petersen: Bilingual student performance in the context of probability and statistics teaching in Danish High schools (2020)
95. Caroline Woergaard Gram: "Super Yeast" - The motivational potential of an inquiry-based experimental exercise (2021)
96. Lone Brun Jakobsen: Kan man hjælpe elevers forståelse af naturvidenskab ved at lade dem formulere sig om et naturvidenskabeligt emne i et andet fag? (2021)
97. Maibritt Oksen og Morten Kjøller Hegelund: Styrkelse af motivation gennem Webinar og Green Screen (2021)
98. Søren Bystrup Jacobsen: Peer feedback: Fra modstand til mestring? (2021)
99. Bente Gulbrandsen: Er der nogen, som har spurgt en fysiklærer? (2021)
100. Iben Vernegren Christensen: Bingoplader i kemiundervisningen – en metode til styrkelse af den faglige samtale? (2021)
101. Claus Axel Frimann Kristinson Bang: Probability, Combinatorics, and Lesson Study in Danish High School (2021)
102. Derya Diana Cosan: A Diagnostic Test for Danish Middle School Arithmetics (2021)
103. Kasper Rytter Falster Dethlefsen: Formativt potentiale og udbytte i Structured Assessment Dialogue (2021)
104. Nicole Jonassen: A diagnostic study on functions (2021)
105. Trine Nørgaard Christensen: Organisatorisk læring på teknisk eux (2021)
106. Simon Funch: Åben Skole som indgang til tværfagligt samarbejde (2022)
107. Hans-Christian Borggreen Keller: Stem som interdisciplinær undervisningsform (2022)
108. Marie-Louise Krarup, Jakob Holm Jakobsen, Michelle Kyk & Malene Hermann Jensen: Implementering af STEM i grundskolen (2022)
109. Anja Rousing Lauridsen & Jonas Traczyk Jensen: Grundskoleelevers oplevelse af SSI-undervisning i en STEM-kontekst. (2022)
110. Aurora Olden Aglen: Danish upper secondary students' apprehensions of the equal sign (2023)
111. Metine Rahbek Tarp & Nicolaj Pape Frantzen: Machine Learning i gymnasiet (2023)
112. Jonas Uglebjerg: Independence in Secondary Probability and Statistics: Content Analysis and Task Design (2023)
113. Hans Lindebjerg Legard: Stopmotion som redskab for konceptuel læring. (2023)
114. Caroline Woergaard Gram & Dan Johan Kristensen: The ice algae Ancyronema as icebreakers: A case study on how the international Deep Purple Research Project can create meaningful outreach in Greenland. (2023)
115. Julie Sloth Bjerrum: 'KLIMA HISTORIER' The Art Of Imagining A Green Future. (2023)
116. Emilie Skaarup Bruhn: Muligheder og udfordringer ved STEM-undervisning (2024)
117. Milla Mandrup Fogt: Undersøgelsesbaseret undervisning i Pascals trekant (2024)
118. Mille Bødstrup: P-hacking (2024)
119. Nynne Milthers & Amanda Wedderkopp: Inquiry of the Past and Reflection on the Present: Teaching Rigour and Reasoning in Area Determination through Authentic Historical Sources (2024)
120. Pelle Bøgild: Med kroppen ind i fysikken (2024)
121. **Anne Jensen & Charlotte Puge: Modellering som bro mellem teoretisk viden og praktisk laboratoriearbejde (2024)**

IND's studenterserie omfatter kandidatspecialer, bachelorprojekter og masterafhandlinger skrevet ved eller i tilknytning til Institut for Naturfagenes Didaktik. Disse drejer sig ofte om uddannelsesfaglige problemstillinger, der har interesse også uden for universitetets mure. De publiceres derfor i elektronisk form, naturligvis under forudsætning af samtykke fra forfatterne. Det er tale om studentearbejder, og ikke endelige forskningspublikationer.

Se hele serien på: www.ind.ku.dk/publikationer/studenterserien/



Masterprojekt 15. april 2024

af

Anne Jensen & Charlotte Puge

Resumé

Af Anne Jensen

Formålet med studiet er at undersøge, hvordan modeller og modellering kan hjælpe elever med at koble teoretisk viden med forståelsen af praktisk laboratoriearbejde i biologiundervisning, når der benyttes præfabrikerede opskrifter på praktiske øvelser (kogebøger) i et undersøgelsesbaseret undervisningsmiljø tolket ud fra en ATD-ramme. Formålet er også at undersøge hvordan modelleringsaktiviteter evalueres i forhold til de traditioner, der findes i faget i forbindelse med summativ evaluering i gymnasiet.

Først udføres et metastudie om emnet for at skabe et overblik over brug og udbytte af kogebogen. Herefter benyttes metoden DE til at designe og analysere et undervisningsforløb med modeller, modellering og laboratoriearbejde i fokus. Den didaktiske kontrakt benyttes til at undersøge elevernes interaktion med det didaktiske miljø i studiet. Afslutningsvist vurderes hvorvidt arbejdet med elevernes modelleringskompetence er kompatibel med evaluering via SOLO-taksonomien.

Studiet viste, at det er muligt at benytte kogebøger undersøgelsesbaseret i en ATD-ramme og få eleverne til at benytte modellering, som et bindeled mellem teoretisk viden og empiriske observationer. Det kunne observeres, at elever der havde succes med at modellere, blev vurderet højt på karakterskalaen. Både deres begrebsapparat og evne til at argumentere og analysere blev udviklet gennem forløbet.

Der blev også observeret elever, som gjorde modstand mod undervisningen og ikke interagerede med det didaktiske miljø. På trods af, at flere af disse forbedrede deres fagsprog og efter forløbet selvstændigt udviklede modeller til et afsluttende elevprodukt, evnede de ikke at forklare deres empiriske data ud fra teoretisk viden og scorede derfor lavt i en summativ evaluering. Det tyder på, at de didaktiske rammer om modelleringsaktiviteten spiller en stor rolle. Observationer fra studiet peger yderligere i retning af, at visse modelleringsaktiviteter, såsom redesign, er vigtigere end andre i forhold til, hvordan eleverne afslutningsvist vurderes summativt.

Det kan konkluderes, at når elever vælger at indgå aktivt i undervisningsmiljøet kan modellering hjælpe dem med at koble empiriske observationer med teoretisk viden og det afspejles, når samme elever vurderes via SOLO-taksonomien. Det kan også konkluderes, at elever der vælger at gøre modstand mod undervisningsformen og først præstere i forbindelse med summative præstationer, evalueres lavt og formår ikke at benytte modeller til den intenderet læring.

Abstract

Af Anne Jensen

The purpose of this study is to investigate whether students can use models and modelling to understand the connection between theoretical knowledge and empirical data in biology, when using prefabricated recipes for practical exercises (cookbook) in an inquiry-based learning environment within an ATD-framework. Additionally, the study aims to examine how modeling activities can be evaluated through summative evaluation within the existing frame in high school.

First, a meta-study assessing the use and benefit of cookbook exercises is conducted. Afterwards, the method DE is employed to design and analyze teaching materials focusing on models, modelling, and practical laboratory work. Additionally, the theory of the didactic contract is used to explore student behavior in the analysis. Finally, the study evaluates if the modelling competences taught through study and research program is compatible with assessment by the SOLO taxonomy.

The results showed that it is possible to use cookbooks in an inquiry-based learning framework in the context of ATD and use modelling as the connection between theoretical knowledge and empirical observations. It was observed that students who succeeded in modelling were rated highly according to the SOLO taxonomy. Both their conceptual framework and their ability to argue and analyze were developed through the modelling activities.

Some students were resisting the teaching environment and were unable to explain their empirical data based on their theoretical knowledge. These students did however improve their subject-specific language and independently developed models for a final student product. Consequently, they were evaluated low according to the SOLO taxonomy. This suggests that the didactic frameworks surrounding modeling activities play a significant role in learning to connect theoretical knowledge and empirical data. Observations from the study further indicate, that certain modeling activities, such as redesign, are more important than others in summative assessment of the students.

In conclusion, modeling can help students to connect empirical observations with theoretical knowledge, and this is reflected in summative assessment following the SOLO taxonomy of the same students. It can also be concluded that students, who resist the instructional format, score lower in assessment, and fail to use models for the intended learning.

Indhold

| | |
|--|----|
| Resumé | 2 |
| Abstract | 3 |
| Indledning..... | 6 |
| Problemformulering | 7 |
| Teori | 8 |
| Modellering | 8 |
| Modeltyper | 8 |
| Modelleringspraksis | 9 |
| Dewey og oplevelseslæring..... | 11 |
| ATD..... | 12 |
| Didaktisk transposition..... | 12 |
| Prakseologi | 15 |
| Study and Research Paths og Det Herbartianske skema..... | 22 |
| Den didaktiske kontrakt..... | 24 |
| Evaluering af Undersøgelseskompetencer..... | 27 |
| Metodologi | 29 |
| Indledende analyse | 32 |
| Udviklingen af eksperimentelt arbejde historisk set..... | 32 |
| Argument for eksperimentelt arbejde i biologi B..... | 34 |
| Styringsdokumenter og forskning | 34 |
| Hvilket udbytte er der faktisk ved praktisk arbejde? | 37 |
| UBNU, SFF og kgebøger | 38 |
| Studiets rammer..... | 40 |
| A priori analyse og undervisningsdesign..... | 40 |
| Observationer, implementering og a posteriori analyse | 48 |
| Kommentarer til modulet..... | 48 |
| Valg af X ₁ , X ₄ og modul 2.2 og 5.2 til analysen..... | 49 |
| Herbartianske skema analyse..... | 50 |
| Analyse af SFF | 63 |
| Den didaktiske kontrakt..... | 68 |
| Summativ evaluering af produktet | 72 |
| Evaluering af eksperimentelle kompetencer, som det er observeret i SFF..... | 75 |
| Diskussion | 79 |
| Kogebogens plads i science-undervisningen..... | 79 |
| Modellering, ATD og kobling mellem teori og praktisk arbejde i naturfagsundervisning | 81 |

| | |
|--|----|
| Elevernes adfærd i den ændret undervisningsform og set i lyset af den didaktiske kontrakt..... | 84 |
| Elevers udbytte af modelleringsaktiviteterne | 87 |
| SOLO og evaluering af elevernes læring | 88 |
| Vurdering af studiets indsamlede empiri og validitet..... | 89 |
| Forhindringer, løsninger og forbedringer | 90 |
| Konklusion | 91 |
| Anerkendelse | 93 |
| Litteraturliste | 94 |
| Bilag | 98 |

Indledning

Af Charlotte Puge

Som undervisere i gymnasiet har vi gang på gang oplevet, at eleverne ikke får det ønskede ud af lave kagebogsøvelser i biologiundervisningen. Denne udfordring har vi igennem vores Masteruddannelse i Science (MiSU) interesseret os for, og vi er blevet opmærksomme på, at vi ikke er de eneste med den erfaring. Det har igennem årene på MiSU ført til mindre aktioner i vores egne klasser, hvor vi har afprøvet forskellige modeller og modelleringsaktiviteter i forbindelse med eksperimentelt arbejde. De fleste tiltag har været positivt modtaget og har givet os en tro på, at det understøtter og forøger elevernes udbytte. Vi er især blevet inspireret af Schnell-Nielsens (2020) som giver flere bud på, hvordan kombinationen af modellering og praktisk laboratorieundervisning kan praktiseres.

Vi er ligeledes optaget af, at eleverne skal arbejde undersøgelsesbaseret for at sætte gang i læringsprocesser og kompetenceudvikling. Denne filosofi er inspireret af bl.a. Dewey, som mener at undervisningen som udgangspunkt skal være praktisk orienteret, hvor eleverne selv kan opleve problemer, som kan generere videre nysgerrighed og et ønske om større indsigt. Undervisningen bør derfor være forberedt således, at eleverne selv stiller spørgsmål, som de efterfølgende selv skal svare på med lidt vejledning. Dette skal give eleverne en indføring i fagenes viden med vægt på den eksperimentelle metode. Denne tanke om, at indlæringen bør gå fra praktisk problemløsning til teori, har gået sin sejrsgang verden over og i de danske skoler. Det ses i UBNU, 5E, 6F osv. Det er undervisningsdesign som dagligt udfordrer gymnasielærere, fordi det er nemmere sagt end gjort. Vi er underlagt den didaktiske transposition som andre medbestemmelsesniveauer dikterer og derfor er vi som lærere især optaget af, at honorere de mål som eleverne bedømmes ud fra, til en afsluttende eksamen.

Vi vil derfor afdække, hvordan vi som undervisere kan støtte elevernes arbejde med modellering af eksperimentelt arbejde. Ligesom det er spændende at undersøge hvordan eleverne tager imod den nye undervisningsform, løser opgaven og hvilket udbytte der er ved inddragelse af empiriske modeller.

Vi anvender den antropologiske teori om det didaktiske (ATD) som ramme på vores studie, herunder ideen om studie- og forskningsveje SFF som et analyse- og designværktøj til udviklingen af undervisningsforløbet. Via didaktisk ingeniørarbejde (DE) kan vi dermed tilgå både elevernes modelleringskompetence og undersøgelseskompetence.

Problemformulering

Af Anne Jensen og Charlotte Puge

- Med hvilket grundlag har den eksperimentelle kogebog fundet sin vej til undervisning i naturvidenskabelige fag i gymnasieskolen, hvilke problematikker er forbundet med brug af kogebøger og hvilke tiltag er forsøgt, for at øge elevernes udbytte af eksperimentelt arbejde?
- Hvordan kan elever bruge modellering til at koble teoretisk viden med forsøgsdesign og databehandling og hvilke muligheder har de for at bruge koblingen til at videreudvikle forsøgsdesign ud fra en eksperimentel kogebog i et forløb omhandlende bageenzym og gæring i en 3.g stx-klasse, som følger biologi på B niveau?
- Hvordan kan værktøjerne Studie- og ForskningsForløb (SFF) og en Herbartiansk skema analyse, som begge hører til under metoden didaktisk ingeniørarbejde (DE) fortolket via den antropologiske teori om det didaktiske (ATD), benyttes til at synliggøre hvorvidt elever benytter modellering til at koble teori med empiri gennem modellering?
- Hvordan tager eleverne imod en ændret undervisningsform med fokus på modellering og kan eventuelt modstand forklares i forhold til teorien om den didaktiske kontrakt?
- Kan elevernes læring fra et SFF evalueres ud fra SOLO-taksonomien?

Forfatterens interesser i forhold til studiet

Af Anne Jensen

Den fælles interesse er, hvordan modellering kan benyttes til at koble teoretisk viden sammen med forståelsen af praktisk arbejde. Charlotte har især fokuseret på anvendelse af og problematikker forbundet med kogebøger. Hun har været nysgerrig på, hvad der sker i et klasserum i en ATD ramme og hvad der sker, når den didaktiske kontrakt brydes og om læring gennem modellering i et SFF kan bedømmes via SOLO-taksonomien. Anne er dykket ned i modelleringsbegrebet og den didaktiske transposition, der er forbundet med brug af modeller i biologiundervisning. Hendes interesse har særligt handlet om, hvordan SFF og det Herbartianske skema kan benyttes til udvikling og analyse af undervisning, når kogebøger bliver integreret i undersøgelsesbaseret undervisning. Resultatet er i dette studie blevet et billede med flere vinkler på, hvordan DE i en ATD-ramme kan benyttes til at tilrettelægge naturvidenskabelig undervisning med blik for de traditioner, som eksisterer i biologiundervisningen i gymnasieskolen.

Teori

Modellering

Af Anne Jensen

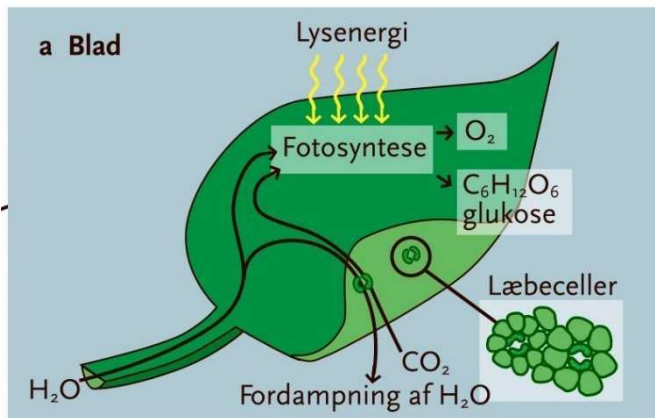
Når man åbner en naturvidenskabelig undervisningsbog, bliver man mødt af flotte illustrationer, tabeller, grafer og symbolmodeller. En stor del af undervisningen tager udgangspunkt i selv samme præfabrikerede og illustrative modeller, der benyttes som forenkede versioner af virkeligheden. Modellerne benyttes oftest for at få eleverne til at zoome ind på den specifikke del af virkeligheden, som undervisningen skal handle om (Christiansen J. L., et al., 2019; Krell & Krüger, 2015).

I dette afsnit introduceres begreberne modeller, modellering og metamodellering. Der stilles skarpt på de typer af modeller og modellering elever i gymnasieskolen arbejder med i forbindelse med deres biologiundervisning.

Modeltyper

Modeller er specialiserede repræsentationer, som benyttes til at illustrere, forklare eller forudsige en mekanisme, en sammenhæng eller en funktion (Schwarz, et al., 2009). I en undervisningskontekst er modellernes opgave at støtte elevers konstruktion af mentale repræsentationer (Christiansen J. L., et al., 2019).

Ifølge Christiansen (2020) kan præsentationsmodeller beskrives som værende en-, to- eller tredimensionelle, se bilag 1 (Christiansen J. L., 2020). Endimensionelle modeller er auditive modeller. Det kan f.eks. være verbale modeller, hvor elever i en samtale sammenligner forsøgsdata. Todimensionelle modeller er som navnet antyder flade modeller. Flade modeller deles yderligere op i symbolmodeller, illustrationsmodeller og simulationsmodeller. Symbolmodeller er statiske modeller som f.eks. kemiske formler, reaktionsligning, tegninger eller elektronprikformler. Illustrationsmodeller kan både være statiske såsom en tegning, et foto, en graf eller dynamiske, såsom en animation. Begrebet tegning går igen som både symbolmodel og animationsmodel, da der findes overlap mellem de forskellige kategorier. I figur 1 ses et eksempel, som både er en symbolmodel og en illustrationsmodel. På figuren ses en tegning, som illustrerer opbygningen af et blad. Men figuren viser også, hvordan et blad ånder, danner ilt og glukose via fotosyntese, som angives med kemiske formler.



Figur 1. Symbol- og illustrationsmodel.

Tegning af et blad med angivelse af bladets ånding og fotosyntese. Figuren er lånt fra en fagbog beregnet til undervisning i biologi C i STX (Egebo, Paludan-Müller, Torp, & Ussing, 2010).

Den sidste kategori af visuelle modeller er simuleringsmodeller, som er dynamiske modeller såsom computersimulering eller rollespil. Igen ses et overlap, da både begrebet simulering og aktiviteten rollespil kan have en rumlig dynamisk dimension. F.eks. hvis elever udfører et teaterstykke omhandlende aktivering af immunforsvaret. Tredimensionelle kan også være både statiske såsom konkrete fysiske modeller i forskellige størrelsesforhold (Christiansen J. L., 2020).

Modeller deles yderligere ind i kategorierne ekspressive modeller (forudsigende modeller), hvor elever konstruerer egne modeller og udtrykker deres egen opfattelse af verden omkring dem og eksplorative modeller (beskrivende modeller), hvor eleverne opdager, udforsker og tester en eksisterende model (Lijnse, 2008; Michelsen, 2020; Nielsen & Nielsen, 2019). I dette studie arbejder eleverne med alle dimensioner af modeller og både ekspressive og eksplorative modeller. De arbejder med ekspressive modeller, når de udarbejder en model for eget forsøgsdesign. De arbejder eksplorativt, når de skal genkalde sig lært viden om bl.a. enzymer, kulhydrater og gæring fra modeller i fagbøger.

Ifølge ovenstående beskrivelse af modelbegrebet kan praktisk laboratoriearbejde også betragtes som en model. Alt afhængig af karakteren af det praktiske arbejde, kan et forsøg simulere en simplificering af virkeligheden, f.eks. hvordan enzymer påvirkes af temperatur. I så fald må eksperimentelt arbejde klassificeres som en visuel rumlig dynamisk model, der både kan være ekspressiv og eksplorativ.

Modelleringspraksis

Udarbejdelsen af en model betegnes modellering. Schwarz har via en inddeling i fire elementer operationaliseret elevens modelleringspraksis (Schwarz, et al., 2009). Ifølge de fire elementer kan eksperimentelt arbejde kategoriseres som følgende: **1)** Elever konstruerer modeller, når de udarbejder forsøgsdesign. **2)** Elever anvender modeller, når de udfører eksperimentelt arbejde. **3)**

Elever sammenligner og evaluerer modeller, når de forholder sig til hvorvidt der er overensstemmelse mellem forsøgets hypotese og resultater. 4) Elever reviderer modeller, når de redesigner deres forsøgsdesign.

Der er ikke konsensus om klassificeringen af eksperimentelt arbejde som modellering, men inddelingen er i overensstemmelse med Auning (2020) som mener, at undersøgelse- og modelleringskompetencen er en iterativ proces, hvor de to kompetencer anvendes på samme tid, når elever bl.a. arbejder med at opstille fagligt funderede hypoteser eller forudsiger og udleder forklaringer og sammenhænge (Auning & Nielsen, 2020). Schnell-Nielsen (2020) advokerer for, at en sammentænkning af modelleringskompetencer med undersøgelseskompetencer vil bidrage til en mere varieret og mindre "universel" og "opskriftsagtig" tilgang til skolens brug af naturvidenskabelige arbejdsmetoder (Nielsen S. S., 2020).

Nielsen (2019) giver desuden et bud på hvordan modellering, viden om modellering (metamodellering) og emne-specifik viden tilsammen danner basis for elevers modelleringskompetencer (Nielsen & Nielsen, 2019). Emne-specifik viden har en central plads i dagens læreplaner, i eksaminer og i den eksisterende undervisningspraksis. Modeller i naturvidenskab repræsenterer viden og for at kunne modellere er det nødvendig, at have viden om det fænomen en model repræsenterer. Metamodellering opfattes som en generel forståelse af modellering og deles op i to grene (hvori den praktiske dimension ikke direkte er inkluderet). Den ene gren betegnes *metakognitiv viden om modelleringsprocessen* og dækker over den viden, der er nødvendig for at kunne reflektere over alle modelleringsprocessens dele. Altså hvilke handlinger der er nødvendige for at udarbejde en model, som at indsamle data, vurdere validiteten af modellen og revidere modellen. Den anden gren betegnes *meta-modelleringsviden* og dækker over forståelsen af funktionaliteten af modeller i forhold til modellernes repræsentative, fortolkende og forudsigende natur. Begrebet dækker også over en forståelse af, hvordan modeller kan benyttes som et værktøj til læring og forståelse, kan benyttes til at kommunikere viden, kan benyttes til at konstruere ny viden og kan benyttes til at illustrere, fortolke og forudsige fænomener (Constantinou, Nicolaou, & Papaevripidou, 2019).

Elevernes modelleringskompetence udgøres altså af deres evne til at modellere, deres overblik over modelleringsprocessen samt faglig viden. Schwarz (2009) har introduceret en sammenhæng mellem elevers evne til at arbejde med egen forståelse og deres evne til at kommunikere deres forståelse videre til andre samt metamodellering (Schwarz, et al., 2009). Benyttet i dette studies kontekst, hvor elever skal skabe "bro" mellem teoretisk viden og praktisk arbejde gennem modellering, vil sådan

en sammenhæng hjælpe eleverne med at koble empiriverdenen med teoriverdenen. Det er altså ikke nok, at eleverne kan tegne en flot model og danne en hypotese ud fra deres model. Før de kan betegnes som modelleringskompetente, skal de også have et overblik over processens sammenhæng.

Arbejdet med at udføre forsøgsarbejde stimulere flere af vores sanser på samme tid, vi **ser** farveskift af indikatorer, vi **føler** temperaturændringer og vi **dufter** esterdannelse. Alt dette er oplevelser, som er grundlæggende for at hjælpe eleverne med at manifestere teoretisk viden i oplevelser. Læring for Dewey handler grundlæggende om deltagelse og oplevelser, hvilket næste afsnit handler om.

Dewey og oplevelseslæring

Af Charlotte Puge

Ved at fokusere på oplevelseslæring kan man tage hensyn til den enkeltes behov og omgivelsernes påvirkning. Dette inkluderer tidligere viden, underviserens prioriteringer og fysiske omgivelser så som artefakter og modeller. Ifølge John Dewey bidrager både de fysiske og sociale omgivelser aktivt til læringsoplevelsen (Svabo & Borch, 2020). Elever kan kun lære om verden og sig selv i sociale situationer og de bedste situationer til dette formål er de, der er tilrettelagt på intelligent vis af erfarne lærere. De fysiske forhold er vigtige for at skabe oplevelser. 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 og udvikle modeller inden for naturvidenskab. Læringsoplevelser i laboratorier er i høj grad defineret af videnskabelige procedurer, apparatur og sikkerhedsprocedurer. Derfor giver det god mening at forstå det eksperimentelle og modellering-praksisser som oplevelseslæring (Svabo & Borch, 2020)

“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). (Svabo & Borch, 2020).

Idéen om læringslandskaber er især udviklet inden for nyere teori om mesterlære og situeret læring. Her er motivation, ligesom hos Dewey, ikke et indre, mentalt anliggende, men et spørgsmål om

bestemte egenskaber ved relationen mellem mennesker og omgivelser. Læring for Dewey handler grundlæggende om deltagelse. Hvis en person ikke kan se formålet med deltagelse, eller hvis vedkommende ikke kan se en mulighed for adgang til deltagelse, vil man måske sige, at personen mangler motivation (Brinckman, 2024). Både børn og voksne er i verden som handlende væsener, optaget af forskellige gøremål, og må indlade sig på reflektiv tænkning i de øjeblikke, hvor disse gøremål bliver problematiske. I vores moderne videnssamfund kan læring og motivation gennem gøremål vise sig at blive mere aktuelt end nogensinde. Nutidens fokus på evnen til at omsætte viden i handling (jf. fokus på kompetencer i lærerplanerne) passer glimrende med Deweys pragmatiske tænkning, ifølge hvilken viden altid er forbundet med handling (Brinckman, 2024).

ATD

Af Anne Jensen

Dewey arbejdede hele livet med sammenhængen mellem praksis og teori (Dupont, 2014). En lignende opdeling findes i Chevallards antropologiske teori om det didaktiske (ATP), som danner rammen for dette studie og præsenteres i følgende tre afsnit.

Didaktisk transposition

Af Anne Jensen

I dette afsnit introduceres begrebet didaktisk transformation. Didaktisk transposition er en del af stort set alle undervisningssituationer og indgår som en del af ATD. Tanken med at introducere didaktisk transposition er at sætte fokus på den proces der sker, når viden og teori omsættes til undervisning og hvordan begrebet forbindes med modeller.

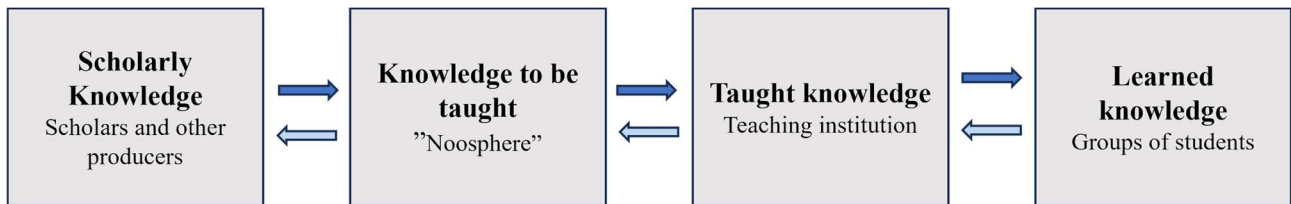
Ifølge Chevallard kan et fænomen betragtes som det teoretiske modstykke til den mangfoldige verden af empiriske data, men afbilleder også netop de empiriske data og uanset udviklingsstadiet kan intet videnskabeligt sprog hævde, at redegøre for hele mangfoldigheden af empiriske data (Chevallard, 1989). Et fænomen, såsom tyngdekraften eller hvordan DNA indeholder den genetiske kode, kan illustreres med en model. En model, som ifølge ovenstående begrebsforståelse, kan benyttes til at illustrere dele af virkeligheden, men aldrig give et fuldstændigt billede af virkeligheden, så hvilken virkelighed skal modellen illustrere?

Den didaktiske omsætning af viden er overgangen fra at betragte viden som et værktøj til at betragte viden som noget, der skal undervises i og læres (Chevallard, 1989). I en læringssituation vil viden

udvælges og tilpasse til det elever skal lære. Den proces betegnes didaktisk transposition og dækker over den proces der sker, når forskningsdata translokeres fra et forskningsmiljø til en undervisningssituation og transformeres til undervisningsmateriale. Processen didaktisk transposition finder sted hver gang nogen udbreder viden til andre. Selv valget om direkte at afbillede forskningsdata i en fagbog er et aktivt valg og dermed en didaktisk transposition. Tilpasning af viden er nødvendig for, at den passer til en specifik situation på et bestemt niveau og det didaktiske objekt har ikke nødvendigvis nogen modpart i den virkelige verden (Achiam, 2014; Chevallard, 1989)

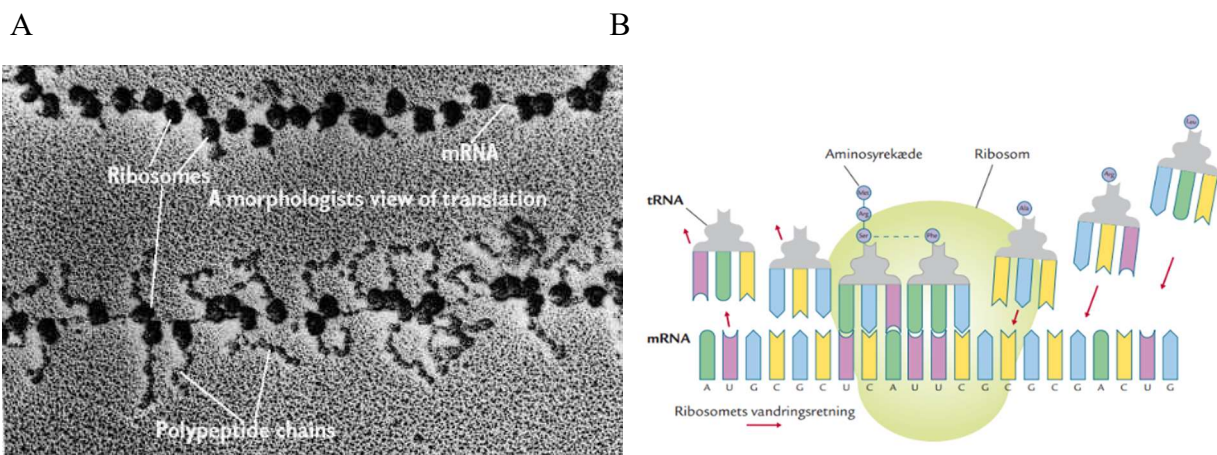
Empiriske data og viden, scholarly knowledge, udarbejdes af forskere og lignende og bearbejdes i tre trin, inden det ender som den viden, elever lærer i skolen (Bosch & Chevallard, 2014), se figur 2. I læreplanerne for biologifagets forskellige niveauer står lister af kernestof, som elever skal arbejde med i gymnasieskolen. Allerede her sker den første udvælgelse af materiale, den eksterne didaktiske transposition, som foregår uden for skolen, når videnskabelig viden udvælges og det besluttes hvad der skal formidles i læreplaner og lærebøger. De fleste lærebøger til biologiundervisning i gymnasiet udgives af forlaget Nucleus, som er biologilærerforeningens eget forlag og bøgerne skrives af gymnasielærer med flere års undervisningserfaring. På næsten alle siderne i fagbøgerne findes illustrationer, som har undergået en transformation, så de oprindelige forskningsdata er tilpasset til mål og niveau. Se figur 3.

Den videre transposition fra "knowledge to be taught" til den viden, der egentlig skal undervises i, kalder Chevallard "intern didaktisk" transposition (Bosch & Chevallard, 2014). Dette arbejde varetages internt på gymnasierne af lærerne og er ofte baseret på tilgængelige lærebøger. Mens kun få lærere deltager i den eksterne transposition, er intern transposition altså noget alle beskæftiger sig med, som en væsentlig del af lærerarbejdet. Den enkelte underviser tilpasser materialet, så det passer til individets egen undervisning. Ud over at være bundet af tilgængeligt undervisningsmateriale er den enkelte underviser også forpligtet til at sikre, at fagets læreplan er dækket samt at eleverne er blevet trænet i at besvare både skriftlige og mundtlige nationale eksamensopgaver (Jessen & Kjeldsen, 2021). Det sidste trin er relationen mellem "taught knowledge" og den viden, eleven egentlig lærer, "learned knowledge". Denne relation beskriver sammenhængen mellem undervisning og læring. Det vil sige samspillet mellem underviseren og eleven i den konkrete læringsituation under indflydelse af blandt andet læringsmiljøet og de øvrige elever i situationen.



Figur 2: Skematisk illustration over de led, som indgår i den didaktiske transposition, når empiri translokeres og transformeres fra forskningsteori til pensum i biologi i STX. Billedet er en kopi af en figur lånt fra Chevallard & Bosch (Chevallard & Bosch, 2014).

I figur 3 er angivet et eksempel på didaktisk transposition af translation i proteinsyntesen. Figur 3A viser et billede af translation i en eucaryot celle optaget med et elektronmikroskop (Childs, 2014). Billedet viser processen, som den faktisk ser ud og det forventes, at akademikere indenfor samme felt kan afkode billedet mens andre har brug for en didaktisk omsætning af billedet. Figur 3B viser en illustration af samme proces, billedet er lånt fra en lærebog udviklet til biologi på B niveau i STX (Bidstrup, Hede, Paludan-Müller, & Raae, 2011).



Figur 3. Didaktisk transposition af proteinsyntesen. A. Et elektronmikroskopibillede af translation (Childs, 2014). B. Illustration af translation lånt fra en fagbog udviklet til undervisning i gymnasiet (Bidstrup, Hede, Paludan-Müller, & Raae, 2011).

I illustrationen ses det, at størrelsesforhold er ændret for at øge fokus på den proces, som foregår på billedet. Der er inddraget farver for at illustrere forskelle og ligheder på illustrationens detaljer og processen er simplificeret, da modellen kun viser et ribosom fremfor adskillige, som på figur 3A. Den virkelighed figur 3B illustrerer er fokuseret på funktion (translation) og mekanisme (hvordan codon aflæses af anti-codons) på bekostning af den virkelighed, som handler om antal og størrelsesforhold.

Ifølge Chevallard (1989) kan det ikke undgås, at der sker en ændring af viden under en didaktisk transposition. Han postulerer, at den viden der undervises i er sammenstykket af små fragmenter af viden og hvert fragment eksisterer i sammenhænge og i specifikke miljøer, som ikke kan replikeres i skolen. Så det er op til den enkelte underviser at sikre et godt didaktisk miljø, hvor den underviste viden forbliver en illustration af dele af virkeligheden (Chevallard, 1989). Generelt kan de samme modeller genfindes i samtlige fagbøger til biologifaget, hvilket tyder på, at der ikke udvikles nye transformationer af modeller i forbindelse med udvikling af nye fagbøger. Udvalget af modeller til biologiundervisning er derfor begrænset og det reducerer muligheden for at lade elever sammenligne forskellige modeller af samme mekanisme. Nye undervisere oplæres normalt af en mere erfaren underviser. Det sikrer at fagets tradition vedligeholdes ligesom de didaktiske transpositioner overleveres fra erfaren til uerfaren underviser. Men det giver også mulighed for, at den oprindelige viden forvrænges fra led til led så den faktiske viden ikke kan kobles med den underviste viden og modeller i fagbøger med tiden bliver opfattet som virkelighed i stedet for dele af virkeligheden.

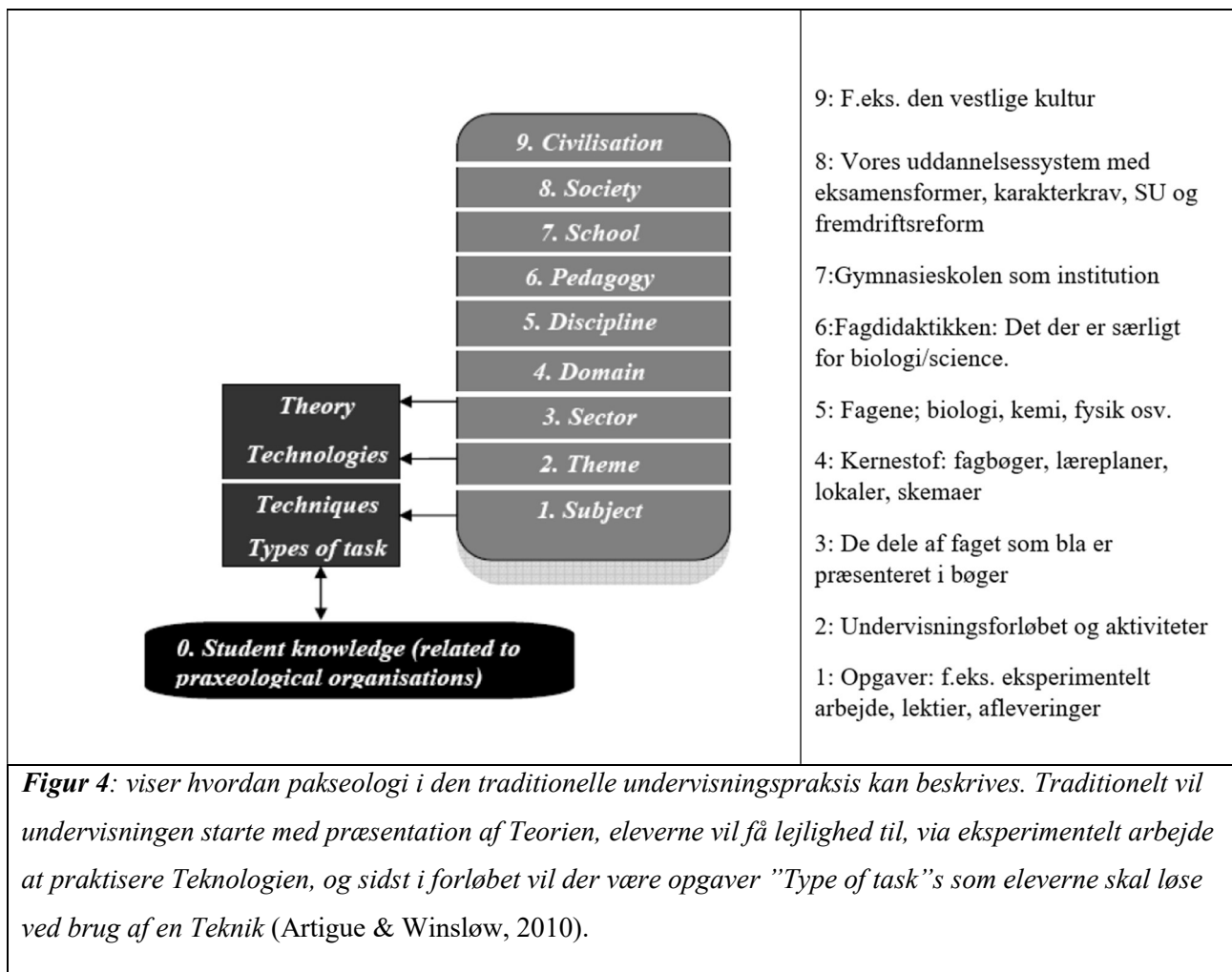
Didaktisk transposition indebærer ofte, at det didaktiske objekt bliver illustreret via forskellige typer af modellering. I dette studie betragtes arbejdet med at designe, udføre, vurdere og gendesigne forsøg som modellering i lige så stor grad, som det betragtes som undersøgelse. Der er derfor brug for et designværktøj, som både indhøster modellering- og undersøgelsesaspektet på samme tid. Det finder man i ATD, hvis modelleringsprocessen anskues som en genopbygningsproces. I en ATD-ramme er det ikke selve løsningen på en problematik som er interessant, men hvad løsningen kan bruges til. De eneste interessante problematikker er de, der kan blive reproduceret og udviklet til mere komplekse typer af problemer, som giver anledning til udvikling af nye teknikker og teknologier. Processen sættes i gang af et indledende spørgsmål, der leder til udvikling af nye prakselogier og sammenkobling af prakselogier af stigende kompleksitet (Garcia, Pérez, Higuera, & Casabó, 2006).

Prakseologi

Af Charlotte Puge

Pointen med at interessere os for transpositionen og de forskellige medbestemmelses-niveauer er, at vi på den måde kan studere og forstå hvordan transformationen af naturvidenskab i den didaktiske transpositionsproces påvirker vores virke som lærer og få vigtig indsigt i, hvorfor et givet emne (feks enzymer), undervises på en bestemt måde og hvorfor det læres på en bestemt måde. Til dette

har Chevallard konstrueret en model med de institutionelle og didaktiske medbestemmelsesniveauer (Artigue & Winsløw, 2010).



På modellen ses de to øverste niveauer: civilisation og samfund. De ligger i de niveauer som netop er gennemgået i didaktisk transposition afsnittet og repræsenterer "samfundet" (8) hvor forskningen og det der skal undervises i foregår, og "civilisationen" (9) hvor de kulturelle normer og traditioner er afgørende. Imellem samfundet (8) og skolen (7) ligger "noosferen" hvor den eksterne didaktiske transposition foregår.

Niveau 1-5 er niveauer som relaterer direkte til den måde naturvidenskab konceptualiseres og undervises på i skolen. "Disciplin" i lag 5, beskriver en gren af viden, der er forenet af en fælles epistemologi og ontologi (feks delt i fagene: biologi, fysik og kemi) (Artigue & Winsløw, 2010). Niveaet "domæne" (4) henviser til de betingelser der opstår som følge af den måde hvorpå underdiscipliner (feks økologi eller cellebiologi) er organiseret inden for en disciplin (feks biologi).

I skolen ser vi det i de anvendte lærebøger eller de rammer som et lokale eller et skema giver for undervisningen i biologi. "Sektoren" (3) kan f.eks. under økologi være biodiversitet, nicher eller biologiske interaktioner. Niveaut "tema" (2) henviser til det design som læreren har konstrueret (ud fra de tilgængelige lærebogsmaterialer og traditioner) og kan være tilrettelagt så eleverne arbejder med biodiversitet i havet eller på savannen, og når vi kigger på den nederste kategori "emne/opgaver" (1) så er vi helt nede på didaktisk tilrettelæggelse af f.eks. elev-forsøg eller modelproduktion.

Figuren indeholder også tre sorte bokse som illustrerer, at de tre nederste niveauer udgør det som Chevallard definerer som prakselogi eller ATD (Artigue & Winsløw, 2010).

Begrebet prakselogi benyttes til at beskrive og analysere menneskelig aktivitet. Det er blevet et nøglebegreb i den antropologiske teori for didaktik (ATD) (Bosch & Gascón, 2006). Prakselogi er en sammentrækning af praksis og logos (det græske ord for fornuft, argumentation, tænkning og viden) (se figur 5). Menneskelig aktivitet opfattes altså som en kombination af praksis og viden.

En prakselogi kan beskrives med en 4t-model, se figur 5.



Figur 5: Viser hvordan de to blokke adskilles i et know-how og en know-why som eleverne bevæger sig i når de handler i undervisningen. Tegnet af Charlotte Puge.

Denne model kan både bruges til at studere og forstå mere traditionelle undervisningsformer og som et værktøj til at udvikle nye praksisser, f.eks. undersøgelsesbaseret undervisning og SFF. I dette studie benytter vi netop ATD'en til at lave en SFF og et herbatiansk skema (se "study and Research Path s.28).

For at introducere anvendelsen af ATD præsenteres her et eksempel på den traditionelle tilrettelæggelse af undervisningen. Den er som oftest tilrettelagt med udgangspunkt i tilgængelige

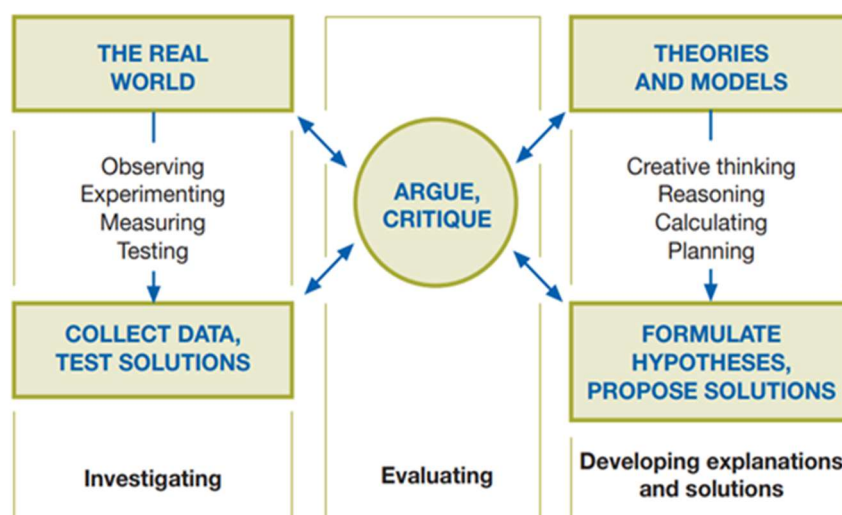
bøger og de aktuelle lærerplaner som er opbygget ud fra nogle domæner (4. niveau på figur 5) også kaldet kernestof (molekyler, celle, individ, population og økosystem) ”knowlegde to be taught”. Her foretager læreren den interne didaktiske transposition. Typisk vil læreren tilrettelægge undervisningen med at præsentere **teorien** og dernæst vil der være planlagt noget arbejde med **teknologien** som er diskursen indenfor hvordan man producere viden inden for kernestoffet. Eller sagt på en anden måde: diskursen for hvordan man løser en given opgavetype. Et eksempel inden for biologi kunne være et forløb inden for ”kost og sundhed”. I *Biologi i Udvikling* (Frøsig, Hede, Grønlund Jørgensen, & Paludan-Muller, 2014) ses et eksempel på hvordan kapitlerne er opbygget i en typisk lærebog (se kapitlet: ”Kost og sundhed”). Her er teorien præsenteret i de første redegørende afsnit hvor eleverne skal læse om kemisk opbygning af de energigivende stoffer, dernæst en gennemgang af processer som fører til nedbrydning og optagelse af disse stoffer via biologiske processer i fordøjelsessystemet og i slutningen af kapitlet et ”tema” som forklarer hvordan usund kost kan fører til livstilssygdomme. I et sådanne forløb vil man ofte, som afslutning, bede eleverne om at lave en kostanalyse af deres egen diæt, og ud fra den analyse, at vurdere om de spiser sundt og efter anbefalingerne (praxis-blokken). Dette arbejde med **teorien** og elevernes konstruktion af viden bliver lejlighedsvis, rituelt og begrænset til at gentage lærernes eller lærebøgernes forklaringer, hvor eleverne løser en række af opgaver ”**type of task**” som ligner dem, læreren har løst. Når læreren er tilfreds med graden af succes hos eleverne med hensyn til at udføre **teknikken**, så fortsætter undervisningen i de andre områder inden for kernestoffet (Chevallard, 1989).

Hvis der gøres forsøg på at relatere det gennemgået stof til andre områder, er det på niveau med instrumentel teknologi (for eksempel til at skelne mellem "lignende" men alligevel forskellige typer opgaver). Eksempelvis kunne man bede eleverne om at analysere en burger-meny's indhold af energigivende stoffer eller lade dem udarbejde den perfekte diæt for en sportsudøver, et barn eller en patient med diabetes (her bruger de deres ”knowhow” til at løse en opgave (T)).

Denne klassiske type af didaktisk organisering kan opleves som tidseffektiv, især i sammenhænge, hvor eksaminer og prøver hovedsageligt handler om at vurdere elevernes know-why (logos). Ofte vil det i en læringssituation ses som meget lærerstyret undervisning. Der er typisk arbejdsspørgsmål som guider eleverne til at finde de vigtige pointer i en lektie eller der er planlagt praktiske øvelser med tilhørende afrapportering. Dette er lærerens overlevering af: "disse er trinene involveret i udfører teknikken". I sådanne forløb interesserer vi os sjældent for hvilken forforståelse eleverne

har om fordøjelsen, energigivende stoffer eller definitionen på en sund krop. Derved misser vi indsigten i hvordan de de- og rekonstruerer deres viden under selve læringsprocessen.

Chevallard (2006) har lidt sarkastisk betegnet denne type didaktik, som "besøg af monumenter" (Chevallard, 2006). Prakseologier besøges kortvarigt, ligesom når travle turister får at vide, at det ene eller andet monument er vigtigt, fornemme og af stor betydning. Men eleverne går videre til næste monument så snart "fotosessionen" er ovre. Det gavner ikke læringen hos hverken turisten eller eleverne. De skal i stedet, ligesom John Dewey opfordre til, inviteres til at konstruere deres egen viden.



Figur 6: Modellens centrum angiver det centrale i et sciencefag, nemlig evaluering af argumenter og kritik. I venstre side af modellen arbejder forskeren med at observere, teste og analysere data. I højre side arbejdes der med at lave teorier ud fra kreative tanker og ideer og det fører til udvikling af nye hypoteser og udviklingen af nye forklaringer. (Osborne, 2015)

Osborne (Osborne, 2015) er også interesseret i hvordan man via undersøgelsesbaseret undervisning kan give eleverne oplevelsen af hele undersøgelsesprocessen, som man ser i forskningens verden. Osborne advokerer for, at det kræver, at eleverne bliver involveret i hele processen og forstår hvilke spørgsmål de stiller. De skal selv designe forsøget og sørge for dataindsamling. Dernæst skal de selv analysere data og konstatere hvilke påstande de kan udlede fra data. Se figur 6 : "The three major spheres of activity and their constituent practices". Som navnet indikerer, giver den, ligesom ATD, en metode at kunne følge en aktivitet hos forskere eller elever.

Osborne argumenterer for, at det praktiske arbejde i science har stort potentiale som ikke udnyttes og som ofte bruges forkert. Hans første argument er, at de aktiviteter der sker når man forsker i science, mest handler om at udvikle og teste ideer. Derfor skal vi som undervisere sørge for at lade eleverne opleve og undersøge nogle fænomener på egen hånd. Osborne peger også på, at man i skolerne ofte tilrettelægger eksperimentelt arbejde således, at der hovedsageligt blot testes tidligere ideer og til at reflektere over andres resultater. Og dette er en brøkdelen af hvad det professionelle virke inden for science egentlig byder på (Osborne, 2015). Derfor har vi en forpligtelse til at foretage en mere realistisk transposition og derved give eleverne et mere realistisk indblik i hvordan man opnår scientific literacy. Denne højre del af figur 6 er underrepræsenteret i undervisningen i science. I midten har vi argumentationen og kritikken hvor man sammenligner sine data med hypoteserne og man finder huller i egne eller andres ideer. Denne del er også meget lidt repræsenteret i science undervisning i gymnasiet. Man kan desuden se, at pilene fører begge veje, så rent praktisk vil en forsker/elev skulle genbesøge midterfeltet flere gange imens forskellige hypoteser og modeller testes og der undersøges om de passer med den "virkelige verden".

For at afspejle dette perspektiv har man inden for ATD for nylig set udviklingen af nye måder at modellere viden som svar på spørgsmål eller praksisologier snarere end som afprøvede og sande fakta, der skal huskes af eleven. Denne udvikling i ATD er også parallel med tankegangen bag f.eks. Undersøgelser Baseret Naturvidenskabelig Undervisning (UBNU), IBSE, 5E og 6F.

Målet med at stille spørgsmål til verden bør ifølge Chevallard være, at de studerende – og senere borgerne, trænes i at blive herbartianere, hvilket betyder at have en "modtagelig holdning over for endnu ubesvarede spørgsmål og uløste problemer". Dette er normalt videnskabsmandens holdning inden for hans forskningsområde og derfor en mere autentisk didaktisk transposition af "scholarly knowledge" fra forskningens verden til gymnasieskolen (Jessen, 2017b).

I dette studie tilrettelægges undervisningen derfor ud fra en undersøgelsesbaseret didaktik. Her vil læreren starte med at præsentere eleverne for opgavetypen; **type of task**. For at bruge eksemplet med sundhed og fordøjelse, kunne det være "Undersøg hvorfor et stort indtag af animalsk fedt kan føre til hjertekarproblemer?" Det skal være et spørgsmål som vækker elevernes interesse og giver dem mulighed for at handle (et generisk spørgsmål Q₀). De skal ikke være i stand til at besvare det, uden at engagere sig i en studie- og forskningsproces (SFP).

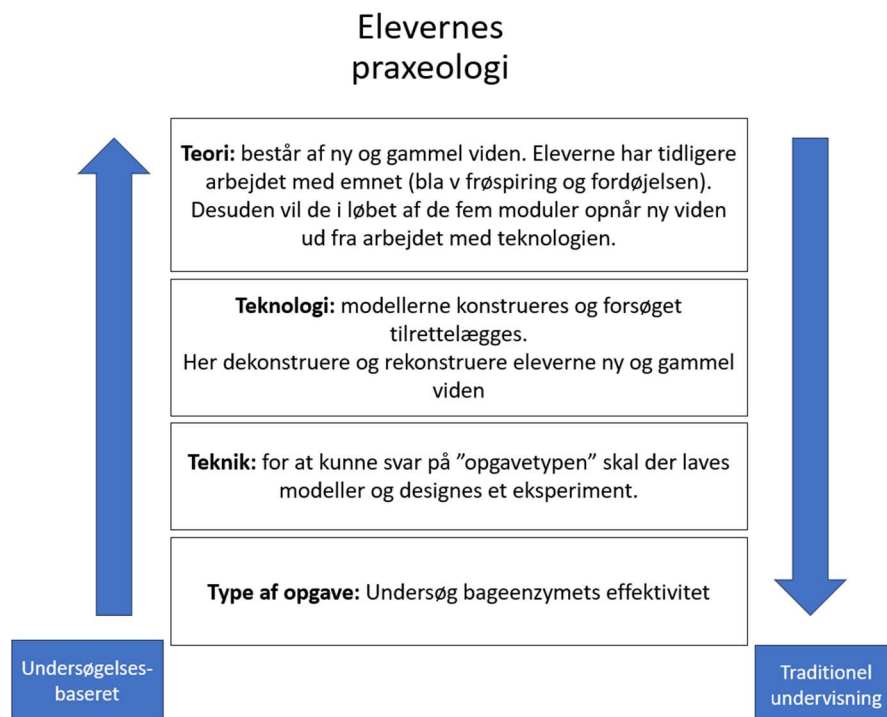
Herved sættes der gang i den menneskelige aktivitet; Praxis. Hvis opgavetyperen er spændende nok, så vil den motivere eleverne til at udføre handlinger, som giver dem mulighed for at lære. Feks kan teknikken være ”lav en pjece der forklarer hvilken alternativ kost man kan indtage” eller ”undersøg eksperimentelt hvordan animalsk fedt og planteolier adskiller sig fra hinanden”. Derved kommer praksis til at bestå af både en opgave og en Teknik.

Når eleverne går i gang med at undersøge ”type of task” befinder de sig i logos. I logos kan vi følge med i retfærdiggørelsen af teknikken. Vi er interesseret i, at eleverne skal dekonstruere og rekonstruere deres viden når de arbejder med undersøgelsen. Når eleverne arbejder i logos blokken, så vil de gøre brug af deres gamle og nye erfaringer og viden for at finde besvarelser på det generende spørgsmål (Q₀). Det er netop den måde forskere og studerende arbejder. De finder svar ved at opsøge viden i tekster, deltage i forelæsninger, spørge en ekspert eller diskutere emnet med andre (Chevallard 2005). Tilsammen udgør teori og teknologi en blok, som behandler begrundelser eller hvorfor-spørgsmål. Det er en væsentlig pointe, at teori udspringer af praksis (Winsløw, 2012), man kan således ikke forestille sig en teoretisk blok uden en tilhørende praksis blok.

ATD kan altså være os behjælpelig med at designe en SFP som kan guide os til, at designe et læringslandskab, således at eleverne får så meget som muligt ud af vores hypotese om, at arbejdet med modellering vil hjælpe eleverne med at udvikle deres undersøgelseskompetence. Desuden kan vi via SFP følge elevernes brug af teorien og teknologi til at besvare det generende spørgsmål Q₀, og endelig kan vi ved at opstille deres forskningsvej i et herbatiansk skema følge deres SFF (studie og forskningsforløb). Vi kan med denne viden evaluere på om vores design af SFP ud fra prakseologien faktisk førte til det forventede resultat. I givet fald, vil den kunne løse flere opgaver når der skal undervises undersøgelsesbaseret på andre hold, på andre niveauer eller i andre temaer. Vi har derfor udviklet følgende SFF med ATD som rammen. Herunder fremgår det, at designet har fokus på at eleverne skal bruge teknikken; ”lav en model og et design af et eksperiment som kan vise bageenzymets effekt”. De skal selv finde og opbygge teori og anvende relevant teknologi for at løse opgaven. I sidste ende finder de forhåbentligt et svar på det overordnet spørgsmål.

Den teoretiske ramme for studiet i denne opgave er altså ”antropologiske teori om det didaktiske (ATD), herunder ideen om studie og forskningsveje (Barquero, Bosch, & Romo, 2015)) hvilket bruges som et analyse og designværktøj til udvikling af undervisningsforløb som er skitseret på figur 15 (s. 48) og figur 7.

Den prakseologi vi forventer hos eleverne er illustreret i venstre side af figur 7..



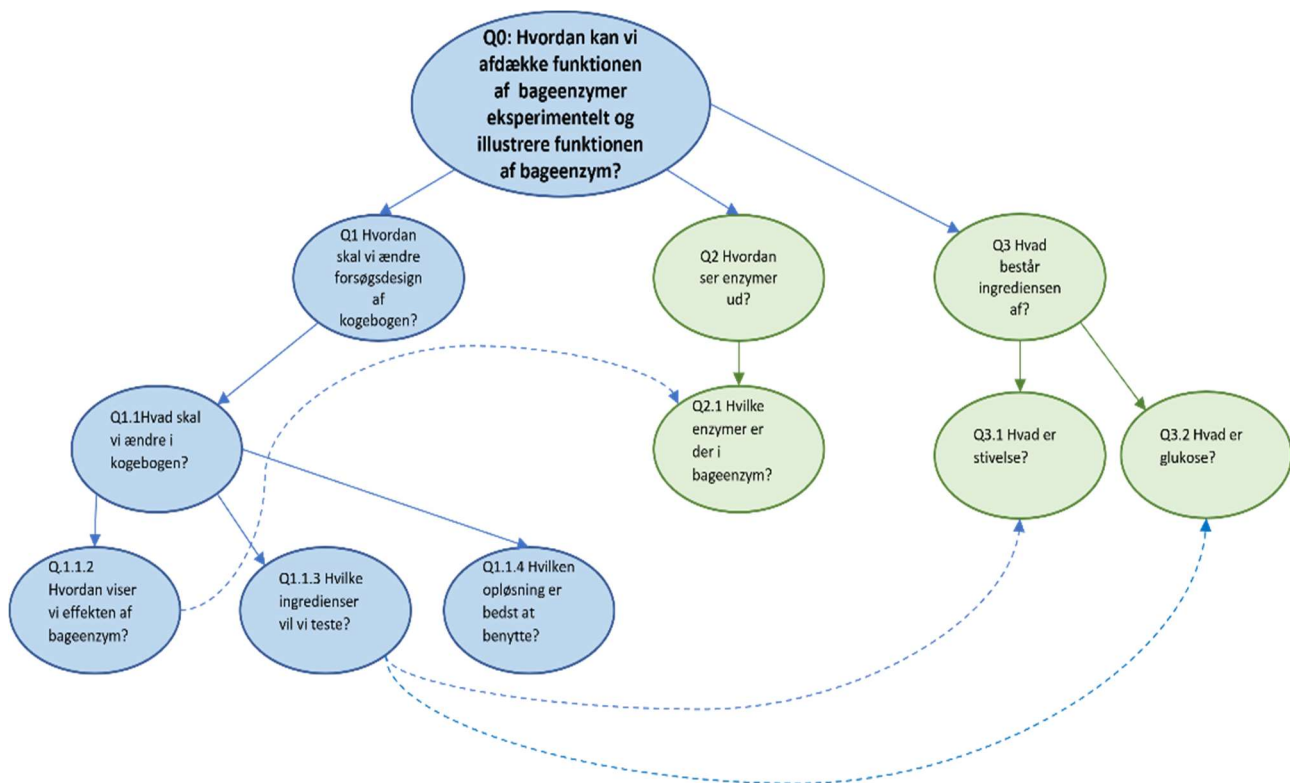
Figur 7: viser forskellen på hvordan teorien om ATD kan bruges til at designe hhv. klassisk og undersøgelsesbaseret undervisning. Desuden kan man evaluere på elevernes vej igennem prakseologien og se hvordan de bruger teknikken, teknologien og teorien til at løse opgave-typen.

Study and Research Paths og Det Herbartianske skema

Af Anne Jensen

Indenfor ATD benyttes værktøjerne Studie- og ForskningsForløb (SFF) og det Herbartianske skema. SFF giver et indblik i elevernes arbejde med at koble teori med problem gennem arbejdet med spørgsmål (Q) og svar (A) (Barquero, Bosch, & Gascón, 2007). SFF er bygget op omkring et centralt stillet generende spørgsmål Q_0 , som eleverne arbejder med at finde svaret på (Jessen, 2014). I processen hvor eleverne arbejder med at besvare Q_0 vil eleverne selv støde på spørgsmål, som skal besvares for at nå frem til svaret på Q_0 . Elevernes spørgsmål betegnes Q_i og svarene betegnes A_i , hvor i betegner hver gren af spørgsmål og underspørgsmål samt deres besvarelse. Samlet set skal besvarelserne af Q_i kunne besvare Q_0 . Ud fra elevens samtale kan der udarbejdes enten spørgsmålstræer eller træer, med elevernes besvarelser. Træerne giver et overblik over hvilke spørgsmål elever har arbejdet med for at kunne besvare Q_0 og hvilke sammenhænge elever finder mellem Q_i og A_i . Et spørgsmålstræ angiver direkte hvilke spørgsmål, der afledes af hinanden og

hvordan elever stiller nye spørgsmål eller genbesøger tidligere besvarede spørgsmål for at besvare eller udvikle nye spørgsmål. I figur 8 ses et udsnit af et spørgsmålstræ omhandlende en eksperimentel undersøgelse af funktionen af bageenzym. Træet udfoldes helt under a posteriori analysen i dette studie. Fordi eleverne arbejder med at besvare et problem frem for at lære et koncept, er det muligt at følge hvert trin i elevernes proces og evaluere hele deres studieproces frem for kun deres endelige produkt (Barquero, Bosch, & Gascòn, 2007).



Figur 8: Udsnit af et spørgsmålstræ. Øverst ses det generende spørgsmål Q_0 , herunder de afledte spørgsmål Q_i . Optrukne pile angiver direkte sammenhænge mellem spørgsmål mens stiplede linjer angiver sammenhænge mellem, i det her tilfælde, teori (grøn) og spørgsmål som er knyttet til udvikling af et forsøgsdesign (blå).

Elevernes vej frem til en besvarelse af Q_0 påvirkes af mange faktorer, såsom hvilke redskaber og teori de har til rådighed, de data de får fra eksperimentelt arbejde eller udleveret af underviseren, hvor meget lærerhjælp de modtager, deres eksisterende viden osv.. Tilsammen udgør dette det didaktiske miljø. Det Herbartianske skema er et nyttigt redskab til at analysere omstændighederne omkring elevernes proces med at udvikle en prakseologi eller dele af en prakseologi (A^\heartsuit).

Tilsammen udgør A^\heartsuit_i de intermediate svar eleverne udvikler og benytter til besvarelse af A^\heartsuit , i dette studie er A^\heartsuit_i modeller. Ifølge ATD er et Herbartiansk skema en reference model for en given

undersøgelse: $S(X,Y,Q_0) \Rightarrow A^\heartsuit$ betyder, at eleverne (X) producere deres egen svar A^\heartsuit til et spørgsmål (Q_0) med hjælp fra deres lærer (Y) (Bosch M. , Chevallard, García, & Monaghan, 2019). Det Herbartianske skema præsenterer en undersøgelse fra start til slut, fra det initierende spørgsmål til den afsluttende besvarelse. For at illustrere det, skal det Herbartianske skema udfoldes til også at inkludere det didaktiske miljø M: $S(X,Y,Q_0) \Rightarrow M \Rightarrow A^\heartsuit$. M dækker over elevernes tillærte og eksisterende viden viden (A^\diamond), de spørgsmål som afledes fra Q_0 og A^\diamond (Q_i), elevernes arbejde med at udvikle prakseologier (W_i), som benyttes til at teste mulige besvarelser samt finde nye spørgsmål og besvarelser samt de data de når frem til i processen (D_i). Når elevens viden, arbejdsproces og produkter inkluderes i det Herbartianske skema kan det præsenteres på følgende måde: $[S(X,Y,Q_0) \Rightarrow \{ A^\diamond, Q_i, W_i, D_i \}] \Rightarrow A^\heartsuit$. I figur 9 angives Q_0 og Q_i . W_i er i figuren det forsøgsdesign (køgebogen), som eleverne arbejder med at udvikle, D_i er de data der opnås gennem udførsel af forsøget og den samlede besvarelse af Q_0 er A^\heartsuit .

Det Herbartianske skema giver et overblik over det didaktiske miljø, som lærer og elever indgår sammen i, og afspejler dermed ”spillebrættet”, som findes i en undervisningssituation. Ud over spillebrættet vil en undervisningssituation også inkludere ”spilleregler”, som er den uformelle specifikation af ansvar og forventninger i forhold til undervisningen og hvilken rolle deltagerne her forventes at indtage; også betegnet den didaktiske kontrakt.

Den didaktiske kontrakt.

Af Charlotte Puge

Ifølge Brousseau (1997) kan man ikke udelukkende anskue læring kognitivt, da det er en social proces med nogle indforstået spilleregler. Man benytter ordet didaktisk kontrakt om de spilleregler, der eksisterer mellem underviser og elev i en læringssituation. Den didaktiske kontrakt er ikke en fysisk kontrakt, som lærer og elev skriver under på, men en uformel specifikation af ansvar og forventninger i forhold til undervisningen. Kort fortalt er den didaktiske kontrakt knyttet til et konkret didaktisk miljø. I science fagene vil det typisk omfatte læreren, modeller, opgaver, eksperimentelle situationer og teorier. Elevernes arbejde i og med det didaktiske miljø kan minde om forskerens arbejde med en åben problemstilling. De arbejder begge med en åben problemstilling, men hos eleverne er der en lærer til stede. Denne lærer har planlagt ”spillet” ud fra en intention om at eleven skal lære noget specifikt. Det er altså lærerens ansvar at tilpasse de didaktiske miljøer, så eleven kan vinde spillet. Der findes en række faser (se figur 9) som, ikke nødvendigvis skal gennemføres i den listet rækkefølge, men det er vigtigt at der planlægges med

adidaktiske situationer. De er kendetegnet ved, at eleverne arbejder uden lærerens indgriben. Der ligger et potentiale i disse situationer hvor eleverne har mulighed for at handle selvstændigt. Miljøet skal være udfordrende og yde noget modstand, men det skal også kunne overvindes så der skal planlægges med ressourcer, f.eks. aktiviteter og artefakter som kan hjælpe eleven igennem (Windsløw, 2006a).

| | Lærerens rolle | Elevernes rolle | Miljø | Situation |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Devolution | Igangsætte Afklare | Modtage og forstå opgave | Etableres | Didaktisk |
| Handling | Observere Reflektere | Handle Reflektere | Problemfelt Udforskningsfelt | Adidaktisk |
| Formulering | Organisere Spørge | Formulere Præcisere | Åben diskussion | Adidaktisk el. didaktisk |
| Validering | Lytte Evaluere | Argumentere Reflektere | Styret diskussion, bedømmelse | Normalt didaktisk |
| Institutionalisering | Præsentere Forklare | Lytte Reflektere | Institutionel viden | Didaktisk |

Figur 9: Faser i det didaktiske spil (klasseundervisning). Skemaet viser hvilke roller lærer og elever har i de forskellige faser. Det ses at læreren er den primære aktør i devolution og institutionalisering. Eleverne har initiativet i handlings- og formuleringssituationer. Tabellen er en kopi. (Windsløw, 2006a)

Der er både lokale og mere globale aspekter på de didaktiske traditioner. Selvom de også kan forandres (og bliver det) er de betydelig sværere for den enkelte lærer at ændre. Hele uddannelsessystemet er i høj grad præget af disse didaktiske traditioner og de er til en vis grad med til at forhindre at forandringer i den eksterne didaktiske transposition slår igennem i den interne (Windsløw, 2006).

Den didaktiske kontrakt rummer et grundlæggende princip, som er ukendt i andre sociale sammenhænge, nemlig at læreren stiller eleven over for faglige problemer som han/hun selv kender svaret på. Hensigten med at stille spørgsmålet er ikke at få et svar, men at få eleven til selv at finde et svar. Elevens forpligtigelse i kontrakten er altså den unaturlige opgave at finde svar på de stillede spørgsmål, vel vidende at spørgeren allerede kender det. Læreren må på sin side ikke fortælle eleven præcist hvad hun/han skal gøre, for ikke at ødelægge hendes/hans mulighed for selv at gøre det.

Både underviser og elev må acceptere den didaktiske kontrakt inden undervisning kan begynde.

- a) Eleven skal altså acceptere at arbejde i det didaktiske miljø, som underviseren skaber, og acceptere at engagere sig i problemstillingerne i en given undervisningssituation.

- b) Underviseren skal acceptere, at han eller hun er ansvarlig for at designe et didaktisk miljø og eventuelt modificere miljøet, så eleven har mulighed for at tilegne sig ny viden.

Der findes uheldige sideeffekter ved situationer hvor kontrakten forsøges overholdt;

- **Topaze-effekten:** Underviseren udvander opgavens krav, når eleven ikke selv kan finde løsningen. Her vil læreren, i et forsøg på at undgå at eleven tager fejl (så det didaktiske spil tabes) gradvist reducerer opgavens krav, indtil det er læreren selv, som overtager det fulde ansvar for opgaveløsningen ved mere eller mindre at forære eleverne svaret.
- **Jourdain-effekten:** Eleven følger underviserens anvisninger uden at kende det dybere indhold. En del faglige opgaver vil således fra starten være designet med henblik på at sikre at eleverne får en formel succes fremfor, at de rent faktisk opnår den intenderet viden. Læreren kan så bagefter overbevise sig selv og andre om, at eleverne har udført et selvstændigt og lærerigt arbejde. Mange laboratorieøvelser med kogebøger har denne tendens indbygget. Her følger eleverne øvelsesvejledning som feks kan eftervise en naturlov eller en proces som fotosyntesen, uden at opbygge forståelse for hvilken teori der ligger bag.

Trods disse uheldige effekter, så er den didaktiske kontrakt en uomgængelig forudsætning for at undervisning kan finde sted. Den didaktiske kontrakt er under stadig forhandling i de fleste undervisningssituationer, idet den både skal og kan forsvinde momentvis (Windsløw, 2006a).

I forhold til læring vil fastholdelse eller brydning med den didaktiske kontrakt påvirke elevernes udbytte. Brugen af SFF'en er (som der er redegjort for i sidste afsnit) en genforhandling af den didaktiske kontrakt. Filosofien bag, er at eleverne først bliver ejere af deres egen læring, når de har viljen og evnen til selvregulering af deres egen læreproces. Dette kræver ofte metaviden om læring, god læringsadfærd samt opmærksomhed og kritisk refleksion over igangværende læring. Der er altså tale om grundlæggende metakognitive strategier (bla selfmonitering, goal-setting og help-seeking) af den slags som John Hattie har vist har effekt på læring (Hattie, 2007).

I dette studie er vi også bundet af den klassiske didaktiske kontrakt, som er oprettet med eleverne på valgholdet. De er erfarne elever som har modtaget undervisning i mange år, og de har alle en forventning om, hvad der vil ske når de går ind til biologiundervisningen. Deres individuelle forventninger og erfaringer er både ens og forskellige, og det vil påvirke deres ageren i dette studie. Ligeledes er vores SFF et forsøg på at ændre på de traditionelle rammer for undervisningen og læreren vil derfor bevidst prøve at designe adidaktiske situationer. Derfor vil der blive en omtale af om hvorvidt SFF formår at guide eleverne igennem de didaktiske og adidaktiske situationer og

hvorvidt det lykkedes at fastholde eller bryde kontrakten og ligeledes om genforhandlingen vil føre til den ønskede læring hos eleverne.

Evaluering af Undersøgelseskompetencer

Af Charlotte Puge

Der er mange måder at evaluere elevers læring, og i dette studie er vi interesseret i deres eksperimentelle problemløsningskompetence (Jacobsen L. B., 2008) og hvad de samlet set har fået lært i forhold til både deres undersøgelses- og modelleringskompetence bedømt ud fra de film, som de har optaget og afleveret individuelt efter forløbet.

Som lærer er man altid opmærksom på, at eleverne skal klædes bedst muligt på til en eksamen. De afsluttende prøver i gymnasiet er summative og her vægtes deres karakter ud fra de faglige mål og kompetencer som beskrevet i læreplanen for faget (Biologi B stx, 2017). Derfor kan man træne nok så mange kompetencer og færdigheder i det daglige, men hvis ikke det er noget som vurderes til eksamen, kan eleverne blive snydt for at præstere godt i de situationer.

De prøver der er i gymnasiet er påvirket af de højere niveauer af medbestemmelse. Derfor er vi nysgerrige på om undersøgelsesbaseret undervisning kan honorere de krav som vores eksamener kræver. Enhver evaluering hviler på et sæt af grundantagelser, som gør det muligt at afdække visse områder, men samtidig blænder af for andre. Elevernes formåen er dynamisk og medieres af dialog, peer-interaktioner og artefakter. Derfor skal vores evaluering også i videst muligt omfang prøve at indfange kvaliteten af de læreprocesser som har fundet sted (Krogh L. B., 2009).

Når man skal evaluere læring summativt er der forskellige måder at gøre det på og hver måde har sine fordele og ulemper mht. validiteten og reliabiliteten. Reliabiliteten handler om at måle på pålidelig vis. Skriftlige eksamener give ofte en høj reliabilitet da indtrykket af eleven vil være den samme uanset tid og opgavetype, mens der ved mundtlige eksamener (med lodtrækning som det foregår ved biologi B eksamen) er mindre sandsynlighed for at eleven vil få samme karakter ved en anden test i et andet emne eller på en anden dag, og derfor en lavere reliabilitet. Det er svært at opnå en høj reliabilitet i forbindelse med mundtlige eksamener. Dog vil de give en relativ høj validitet da man, som eksaminator har mulighed for at spørge ind til de mål som læreplanen angiver. Derfor skal man, når man vil vurdere elevernes kompetencer og i det hele taget deres naturvidenskabelige almindelse; scientific literacy, være meget specifik med hvad man vil måle på (Krogh L. B., 2009). For at imødegå dette, vil det her forklares hvordan SOLO taksonomien er opstillet i dette

studie, så det vil kunne give et billede af elevernes læring i dette forløb med relativ høj validitet og reliabilitet.

Vores SFF er udformet ud fra det princip, at eleverne skal konstruere deres egne svar på egne eller åbne spørgsmål. Det betyder at elevernes svar bliver så komplekse, at de ikke kan bedømmes entydigt som "rigtige" eller "forkerte". Biggs' SOLO-taksonomi (Collins, 1982) er udviklet til netop denne udfordring. Taksonomien klassificerer svar efter, hvor mange relevante og centrale aspekter der indgår, om de er sammenkoblet (f.eks. i en diskussion eller årsag-virkning sammenhæng), og om der er uventede, men relevante elementer (f.eks. i en perspektivering). Anvendelsen af SOLO-taksonomien kræver grundlæggende, at læreren prædefinerer de faglige elementer, der forventes i et rimeligt svar (Krogh & Andersen, 2017). Biggs påpeger også at det er vigtigt at man allerede fra begyndelsen har indtænkt hvilke kompetencer der skal evalueres på. Et såkaldt "constructive alignment" (Collins, 1982). Desuden skal evalueringen ske i overensstemmelse med læringsmålene for forløbet og den måde der er undervist på. Det giver eleverne en fair mulighed for at honorere evalueringens krav. De skal med andre ord trænes i og have mulighed for at opnå kompetencer med de hjælpemidler som den summative evaluering byder. Det mener vi er overholdt bla ved vores SOLO kategori-inddeling (se bilag 2). Men der vil være en diskussion af om det er tilfældet under "summativ evaluering af produktet"

For at få en høj validitet, bør evalueringen baserer sig på kriterier som eleven kender. Her kan det ofte være nyttigt med specifikation på "tegn på læring" ala vores SOLO taksonomi. Vi er meget opmærksomme på hvad formålet med SFF var (se "a priorianalyse" s.40 og SOLO skemaet (bilag 2)) men samtidig vil vi ikke afslører alt for meget af vores hensigt, for ikke at "skolastisere" forløbet og dermed fratage eleverne det genererende spørgsmål. I et SFF forløb hvor rammen netop er, at eleverne arbejder med egne spørgsmål og svar vil vi dermed undgå at mindske læringspotentialet.

I dette forløb, bliver elevernes eksperimentelle kompetencer, ikke testet med en dialog, som man ville ved en mundtlig eksamen. Men produktet, filmen (A[♥]₅), kan godt sammenlignes med de ca. 10 minutter som eleven vil have til at fremlægge i starten af en eksamenssituation. De får her mulighed for at præsentere det som de har forberedt i deres én time lange forberedelse, hvor der også indgår data fra kendte og ukendte eksperimenter.

Denne evalueringsmetode er let at overskue for læreren og forståelig for eleverne. Ydermere viser forskning, at uafhængige bedømmere kan opnå en høj grad af enighed om vurderingen af et givet

svar. Ved at anvende SOLO-taksonomien på denne måde, sikres dermed en høj grad af pålidelighed selv ved åbne elevsvar (Krogh & Andersen, 2017).

Med udgangspunkt i den beskrevne teori har vi udviklet og afprøvet et forskningsprojekt indenfor en ATD-ramme med fokus på anvendelsen af modeller, modellering ved eksperimentelt arbejde. Vores benyttede metodologi, analyse og vurdering af forløbet beskrives i de fortløbende afsnit.

Metodologi

Af Anne Jensen

I studiet benyttes ATD i kombination med metoden didaktisk ingeniørarbejde (DE) og værktøjet SFF samt det Herbartianske skema til at designe og analysere elevernes modelleringsaktiviteter. Teorien om den didaktiske kontrakt inddrages for at vurdere hvilke forhindringer undervisningsdesignet møder i forhold til elevernes interaktion med undervisningsmiljøet. Herefter evalueres det om modelleringsaktiviteterne i studiet er kompatible med en evaluering via SOLO-taksonomien. Afslutningsvist redegøres der for, hvorfor den kvalitative metode er valgt til forskningsdesignet og hvordan validitet sikres i studiet.

Ifølge ATD betegnes viden som svaret på et spørgsmål. Viden er altså ikke værdifuld i sig selv og viden, der ikke kan benyttes til at besvare et spørgsmål eller løse en problemstilling skal sorteres fra (Achiam, 2014). Så ifølge ATD skal en model kun inkludere den viden, som kan benyttes til at løse et problem. Dvs. til hver problemstilling bør der i princippet være en model, som illustrerer den viden, der giver svaret på problemstillingen. Derfor er ATD valgt som teoretisk ramme, da studiet netop handler om på elevs arbejde med at koble logos og praksis og besvare problemstillinger via forskellige modellerings aktiviteter. Modellering benyttes altså som et værktøj.

I studiet skal elever finde svaret på en biologisk problemstilling via egne eksperimentelle designs i Biologi på B niveau i en 3.g klasse i STX. Eleverne skal ud fra deres eksisterende A[◇] om emnet og ny tilegnet A[◇] omskrive en eksperimentel kogebog. Kogebogen er designet til at undersøge gæring i bagegær med forskellige tilgængelige substrater. Kogebogen skal omskrives, så den kan benyttes til at vise, hvordan bageenzym påvirker aktiviteten af bagegær og dermed øger bageresultatet.

Metoden DE har fire faser: 1. En preliminær analyse, 2. Design og a priori analyse, 3. Implementering, observation og data opsamling og 4. A posteriori analyse. Når faserne fortolkes i

en ATD-ramme har de givet indhold i form af transposition, SFF og den Herbartianske skema analyse (Barquero & Bosch, 2015). De fire faser udfoldes i den følgende tekst.

I den præliminære udføres et meta-studie af hvordan og hvorfor kogebogen har fået en plads i naturvidenskabelig undervisning i gymnasieskolen. Biologifagets læreplan benyttes til at illustrere hvilke rammer, der er opstillet for laboratoriearbejde i den aktuelle undervisning. Herefter stilles der skarp på elevers udbytte af og de problematikker, der er forbundet med praktisk laboratoriearbejde i naturvidenskab og hvordan elevers udbytte forsøges øget via inddragelse af undersøgelsesbaseret undervisning (UBNU). I afslutningen af den præliminære analyse inddrages hvordan elever forberedes til studiet og hvilke elevaktiviteter, der kan styrke dette studies validitet.

I studiets design af undervisningsaktiviteter fokuseres der på hvilke typer af modellering og undersøgelse, som eleverne skal arbejde med. Derudover inddrages Vygotskys socialkonstruktivistiske tilgang i forbindelse med elevernes gruppearbejde og deres interaktion med hinanden (Dolin & Kaspersen, 2017), ligesom aspekter af 6F modellen (Madsen, Evans, & Bruun, 2020) og teorien om eksperimentel problemløsnings kompetence (Jacobsen L. B., 2008) inddrages for at få eleverne til at arbejde undersøgelsesbaseret. For at underviseren har mulighed for at følge elevernes arbejde, indtænkes der elevprodukter for næsten hvert modul i forløbet.

I a priori analysen benyttes teorien om didaktisk transposition til at beslutte hvilke transpositioner, der bør inddrages af underviseren. En SFF-analyse inddrages for at afdække hvilke spørgsmål eleverne forventes at kunne svare på ved forløbets opstart og hvilke spørgsmål eleverne forventes at arbejde med i løbet af forløbet. Der udarbejdes et genererende spørgsmål Q_0 , som er det overordnede spørgsmål, som eleverne skal besvare samt underspørgsmål Q_i , som skal hjælpe eleverne i den ønskede retning.

Det besluttet at opsamle *in vivo* data via lydoptagelser af elevsamtaler fra modul 1, 2.1, 2.2 og 5.2 samt elevprodukter i form af modeller. Herudover tilføjes der lærerobservationer, både fra selve underviseren og fra observatør. Lydoptagelserne giver mulighed for at følge eleverne i deres arbejdsproces og afdække hvor mange elever, der deltager aktivt i det didaktiske miljø. Lydoptagelserne benyttes desuden til løbende at tilpasse undervisningsforløbet til elevernes progression.

I a posteriori analysen sikres en detaljeret gennemgang af observationer og deltagernes handlinger ved at udføre en analyse med brug af det Herbartianske skema. På baggrund af lydoptagelserne udvælges to grupper til den videre analyse. De to grupper vælges ud fra kriterierne; den ene gruppe skal være interesseret i at arbejde aktivt med opgaven, kommunikere kontinuert og give et billede af

hvordan elever, der normalt vurderes omkring middel, arbejder. Den anden gruppe vælges ud fra et kriterie om, at gruppen mangler interesse i at samarbejde og ikke kommer i mål på praksislogikken. Der udvælges ligeledes to moduler til analysen. Modulerne vælges ud fra en vurdering af, hvornår eleverne arbejder mest intensivt med modellering.

I a posteriori analysen inddrages desuden en SFF-analyse af samme moduler og grupper for at give et overblik over, hvordan og hvor meget eleverne benytter deres underviser samt for at synliggøre om eleverne benytter modeller til at koble teoretisk viden med empiriske data fra deres forsøg. Som en del af a posteriori analysen vurderes det, hvorvidt modelleringsaktiviteterne i studiet kan bedømmes summativt via SOLO-taksonomien ud fra en evaluering af et afsluttende elevprodukt. Teorien om den didaktiske kontrakt inddrages for at kunne give et bud på, hvorvidt ansvarsfordelingen i studiet har været en hindring for elevernes læring eller for studiets resultat, da elevernes interaktion kan påvirkes af deres modvilje mod studiets rammer.

Afslutningsvist diskuteres observationer, analyse og hvilke ændringer, der kan give andre vinkler på studiet eller større viden om elevernes ageren og årsagssammenhænge mellem leveret undervisning og elevernes læring.

Studiet udføres ud fra et kvalitativt forskningsdesign, som er kendetegnet ved, at det er induktiv, subjektiv og kontekstuel (Morgan, 2014). I et induktivt design dannes teori ud fra observationer, metoden er fleksibel og analyse og dataopsamling er koblet, hvilket er i overensstemmelse med rammerne for SFF-analysen og det Herbartianske skema i ATD. Metode og aktivitetsplan er udviklet inden afvikling af aktionen, dog med indtænkt plads til ændringer og tilpasninger i forhold til elevernes progression. Begge dele er i overensstemmelse med et induktivt design af studiet. Studiet har et subjektivt formål, da dataanalyse og tolkning af data er forbundet med et tæt samarbejde mellem forsker og forskningsobjekt. Det er underviseren, som er forskeren og det tætte samarbejde er lærer-elevrelationen. Det er underviseren, som hjælper eleverne med at udarbejde ideer, er sammen med eleverne om processen og som fokuserer på at forstå og følge elevernes tankegang. Samtidig er studiet kontekstuel, da kun få elevgruppers modelleringskompetencer følges i løbet af projektperioden og der er fokus på at undersøge dybde og detaljer. Yderligere følger forskeren via lydoptagelser og observationer med i gruppernes arbejde i løbet af elevernes arbejdsproces.

For at sikre studiets validitet tages der udgangspunkt i Creswell og Millers artikel om validitet i kvalitative studier (Creswell & Miller, 2000). Her gøres brug af et naturalistisk perspektiv med fokus på, at læring er konstruktion af nye ideer, holdninger og kompetencer baseret på allerede

eksisterende A[◇] og vi befinder os derfor i det interpretivistiske (fortolkende) paradigme. I det interpretivistiske paradigme sikres validitet, når forskeren leder efter afkræftende beviser, når eleverne føler sig trygge i situationen gennem længerevarende engagement i området og når læseren bliver informeret gennem detaljerede beskrivelser af observationer og deltagere (Cresswell & Miller, 2000). Det Herbartianske skema benyttes til at udarbejde en detaljeret gennemgang af undervisningsmiljøet. For at sikre at eleverne føler sig bekendte med undervisningsmetoden og dermed trygge i situationen tilrettelægges et forløb inden dette studie, hvor eleverne blev introduceret til SFF arbejdsmetoden og lydoptagelser. Herudover har eleverne flere gange arbejdet med deres modelleringskompetence i faget, hvor forskellige typer af modellering er blevet præsenteret.

Indledende analyse

Udviklingen af eksperimentelt arbejde historisk set

Af Charlotte Puge

I uddannelsesforskningen og bekendtgørelser er der gennem tiden blevet skiftet imellem at forstå laboratoriarbejde, som kilden til læring af så godt som alle faglige mål og blot at være en tidskrævende og dyr motivationsfremmende aktivitet. Lærere og elever opfatter derfor disse aktiviteter, som lidt af en udfordring. Det kan give store oplevelser, der sætter spor som man vil huske resten af livet jvf Dewey. Men de kan også skabe frustrationer både hos lærerne og eleverne og der opleves ofte et tidspres i en hektisk hverdag styret af økonomi, timetælling og læreplaner. Derfor vil vi i dette afsnit dykke ned i det historiske argument for at have øvelser tilknyttet undervisningen i science. Herved kan vi prøve at forstå argumentet for at bruge så meget tid på praktiske øvelser. Vi vil også få et indblik i hvordan kogeboøgerne er opstået og med hvilket formål. Senere vil vi i næste afsnit afdække hvilke didaktiske argumenter, der er for det praktiske arbejde i science.

Oprindeligt (fra ca 1850'erne) var praktisk arbejde i forbindelse med science-undervisning kun tiltænkt de elever som skulle videre i en naturvidenskabelig karriere. Derfor var mål og indhold tilpasset hertil (Hodson, 2008). Det meste var tilrettelagt således, at eleverne selv skulle undersøge forskellige sammenhæng. Det var den induktive og heuristiske tilgang, hvor man antager at læringen sker effektivt gennem aktioner frem for passiv assimilering. Den tilgang er udstyrstung, hvilket førte til udviklingen af øvelsesvejledninger, som trinvis beskriver fremgangsmåden. I nogle

tilfælde er der også inkluderet formål og efterbehandling i disse øvelsesvejledninger (Jacobsen L. B., 2010). De første kokebogs-opskrifter var hermed født.

Omkring 1900-tallet opstod en ny bevægelse. Der blev lagt mere vægt på indhold frem for metode, og dermed fik det praktiske arbejde en lavere status. Den induktive tilgang blev forladt og erstattet med brug af laboratoriarbejde som eksperimentel verifikation af teorier. Dette førte til endnu mere brug af kokebogsøvelser designet til at verificere teorier og illustrere koncepter. Man anså i denne periode, at undervisning i teorier og modeller var vigtigere end arbejdet i laboratoriet. Det praktiske arbejde blev brugt til at illustrere og verificere postulerede udsagn (Jacobsen L. B., 2010).

Først i 1960'erne blev det praktiske arbejde igen en del af undervisningen for alle elever uanset videre uddannelsesvej. Man havde, via undersøgelser fundet, at mange lærere slet ikke bekymrede sig om det praktiske arbejde i undervisningen. Som resultat af dette opstod en ny bevægelse; den undersøgende læring eller oplevelseslæring. Her lægges der mere vægt på opdagelse hvor eleverne skal opmuntres til at opdage videnskaben for sig selv. De underliggende antagelser var, at eleven ikke havde nogen forudfattede meninger (induktivistisk holdning) så alle observationer blev opfattet som neutrale. Mange af disse ideer var identiske med de tidligere heuristiske ideer. Nu blev mange skoler blev udstyret med laboratoriefaciliteter, og meget science-undervisning blev tilrettelagt ud fra synet på eleverne som værende semiprofessionelle videnskabelige forskere der skulle lære et håndværk (Jacobsen L. B., 2010).

I 1980'erne opstod ideen om procestilgangen. Her blev naturvidenskab stort set forstået som et fokus på de processer hvor videnskabelig viden tilegnes. Filosofien var, at eleverne, via oplevelser i laboratorier, ikke nødvendigvis kan huske teorien, men de kan huske teknologien og har en anerkendelse af hvordan fakta er fremkommet. Forklaringen på denne tilgang skal nok findes i, at viden indenfor science dengang var vokset sig så stor, at ingen studerende kunne lære et hele. Derfor var fokus på ”hvordan” man kan få adgang til og bruge denne viden (Haue, 2017).

I 1990'erne blev færdigheds- og procestilgangen igen erstattet af en anden filosofi, nemlig konstruktivismen. De tidligere induktive ideer om science, hvor begreber udelukkende udsprang af observationer uden relation til teori, havde vist sig at være forkerte. På baggrund af omfattende forskning i elevernes forforståelse, er den konstruktivistiske tilgang til undervisning og læring i science, udviklet til det vi har i dag (Hodson, 2008) (Jacobsen L. B., 2010).

I den seneste tid er den praktiske del af science i gymnasieskolen blevet introduceret til den holistiske tilgang. Her er designet af undervisningen gjort med henblik på at give eleverne mulighed

for at udvikle kompetencer i at arbejde, som ægte problemløsende videnskabelige forskere.

Undersøgelserne er åbne problemer og kan tilrettelægges på mange forskellige måder: en halv time til et halvt semester, men oftest af uger; individuelt eller i grupper; i klassen eller hjemme.

Træningen i praktisk arbejde fører til, at eleverne bliver problemløsere med en varierende grad af autonomi. Løsningerne er ikke indlysende, heller ikke for læreren. Og de giver eleverne mulighed for at bruge og anvende fagbegreber, kognitive processer og træne praktiske færdigheder (Jacobsen L. B., 2010).

Gymnasireformerne fra 2003 og 2017 er blevet lavet på baggrund af nogle internationale test fra bla PISA (VIVE, 2022). Eleverne klarer sig dårligt inden for science og deres interesse for naturvidenskab er dalende. Der er opstået rekrutteringsproblemer til de videregående naturvidenskabelige uddannelser. Dette har ført til, at der er krav om, at alle elever i gymnasiet skal have et naturvidenskabeligt fag på B-niveau uanset studieretning. Lærerplanerne er blevet tilpasset så undervisningen imødekommer interesse og evner hos alle gymnasieelever. Der er nu vægt på almindelse og tværfagligt samarbejde. Den indledende del af læreplanen vil blive uddybet i næste afsnit.

Argument for eksperimentelt arbejde i biologi B

Af Charlotte Puge

-Styringsdokumenter og forskning

Laboratoriearbejde i biologi i gymnasieskolen skal ifølge bekendtgørelsen fylde mindst 20 procent af undervisningstiden. Der er lige blevet redegjort for, at praktisk eksperimentelt arbejde i mange år har udgjort en central del af undervisningen i de naturvidenskabelige fag på de gymnasiale uddannelser. Biologi B's identitet fremgår af læreplanen fra 2017: *Biologi er et naturvidenskabeligt fag med vægt på eksperimentelle arbejdsmetoder, såvel i laboratoriet som i naturen. I det almene gymnasium tager faget udgangspunkt i videnskabsfaget, og det er præget af udviklingen inden for moderne biologisk forskning og bioteknologi* (undervisningsministeriet, 2017).

Desuden ses det, at der er et krav om hvor stor en del af undervisningen som skal være praktisk:

Eksperimentelt arbejde

Elevernes eget eksperimentelle arbejde skal udgøre ca. 20 pct. af fagets undervisningstid.

Eksperimentelt arbejde:

- står centralt i undervisningen*
- vælges bredt og varieret, omfatter både laboratoriearbejde og feltundersøgelser og både kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde*
- omfatter både eksperimenter med fokus på fagets problemstillinger og anvendelse af **fagets metoder** til undersøgelse af problemstillinger med afsæt udenfor faget*
- tilrettelægges med **både lærerstyret og mere selvstændigt** tilrettelagt eksperimentelt arbejde.*

Figur 10: *Med den historiske gennemgang af det eksperimentelle arbejdes rolle i science in-mente, kan vi se, at der stadig er fokus på den konstruktivistiske, holistiske og induktive tilgang til elevernes arbejde med faget (undervisningsministeriet, Biologi B stx, 2017).*

Læreplanen er et vigtigt styringsdokument for alle gymnasielærere. Når der tilrettelægges et undervisningsforløb, vil man derfor indtænke noget eksperimentelt. Ved nærlæsning af læreplanerne fremgår det, at der er ret frie rammer for hvilke typer af praktisk arbejde, der kan indgå. Det giver både en frihed, men også en usikkerhed på, om man får udvalgt de ”rigtige” eksperimenter. Det viser sig ofte i løbet af en lang karriere, hvilke forsøg der giver hvilken læring. Men som ny i faget må man støtte sig til kollegers råd og vejledning og læse i ”vejledningen til læreplanen”. Læreplanen er løbende blevet tilpasset de forskellige elevtyper og bl.a. derfor skal der i dag, tages udgangspunkt i ”problemstillinger med afsæt uden for faget”. Desuden skal noget af det eksperimentelle arbejde være ”elevstyret” og derfor være induktivt tilrettelagt. Det er en udfordring for mange undervisere at følge med i udviklingen af nye forsøg og det koster tid at sætte sig ind i nye vejledninger, fremstille de opløsninger som skal bruges og teste om der kommer de ønskede resultater (og hvornår de kommer!). Man kommer derfor ofte til at spørge sig selv, om al denne forberedelse (og oprydning) overhovedet nytter i forhold til elevernes læring. Det er der en del forskning som har forskellige svar på. Det vil blive præsenteret i det følgende afsnit ”hvilket udbytte er der faktisk ved praktisk arbejde?”.

Selve tolkningen af læreplanen står lærerne for. De skal stå på mål for tilrettelæggelsen af undervisningen overfor eleverne og ledelsen. Derfor er det interessant at se hvilke didaktiske transpositioner, lærerne har mht det eksperimentelle arbejde. Det vil forskellige studier herunder vise.

En af de første forskere der undersøger lærernes mål med at afholde laboratorieøvelser er Kerr (1963). Han viste, at lærere prioriterede ”Træning i problemløsning” og ”At opmuntre og vedligeholde motivation” højest (gentaget i 1975, 1996 og i 2009). I overensstemmelse hermed viser andre studier, at de vigtigste mål med eksperimentelt arbejde er, at hjælpe eleverne med at koble teori med praksis (konceptuelle evner), lære eksperimentelle metoder (procedurale evner) og få kendskab til de naturvidenskabelige metoder (Jacobsen L. B., 2010). Samme tendenser findes ligeledes i et studie af Lynch (Lynch, 1987). Der viste at for folkeskole- og gymnasielærere var følgende punkter vigtige begrundelser for når de anvendte praktisk arbejde i deres undervisning.

- 1) At motivere og stimulere interesse og inspiration
- 2) At undervise i laboratoriefærdigheder
- 3) At fremme læring af videnskabelig viden
- 4) At give indsigt i naturvidenskabelige metoder og udvikle ekspertise i at anvende dem.
- 5) At udvikle særlige ”naturvidenskabelige holdninger” som fx fordomsfrihed, objektivitet og accept af at man ikke skal drage forhastede konklusioner.

Lynch (1987) fandt i øvrigt også, at lærernes mål ikke stemte overens med elevernes opfattelse af målene. Denne uoverensstemmelse mellem lærer og elever, findes også i et studie udført af Boud (1980). Det viser, at elever, i modsætning til lærerne mener, at det vigtigste er at lukke gabet mellem teori og praksis. Undervisererne vægter dog stadig brugen af det praktiske til at opdage noget nyt inden for faget højt.

Tamir (1991) kritiserer også laboratoriearbejdet og dets formål. Han beskriver det således: i fysik udfører eleverne observationer, målinger og udfører eksperimenter. De bruger ofte apparater til at tolke på selve det fysiske fænomen, uden at de faktisk kan se fænomenet. Feks når der arbejdes med elektriske kredsløb, så forventer læreren at deres observationer skal forklares ud fra elektroneres adfærd, og dem kan eleverne jo ikke se. Denne mangel på fortolkning af sammenhængen er karakteristisk for meget laboratoriearbejde i fysik (Tamir, 1991).

I 2000 fandt Hart (Hart et al. 2000) at selvom mange elever ikke vidste hvorfor de skulle udføre forsøg i laboratoriet, så påstod de alligevel, at det var med til øge deres forståelse af teorien. Men de kunne dog ikke komme med et eneste konkret eksempel på, hvordan det rent faktisk var lykkedes for dem selv.

Disse ældre og nyere studier tyder på, at hvis målet med det praktiske arbejde var mere tydeligt ville der måske opstå mere læring. Men det lader ikke til at lærerne bruger tid på at forklare eleverne

hvorfor øvelserne skal udføres (Lunetta A. H., 2004) (Lunetta V. N., 1983) (Millar, 1998). Det kan der være mange gode grunde til, f.eks. at der ikke er tid, at lærerne ikke vægter det højt i deres forberedelse, eller at lærerne ikke selv ved hvad årsagen er. Problemet er også, at ved at være alt for tydelig omkring målene med praktiske undersøgelser, så vil det undersøgende læringspotentiale mindskes. Der vil følge for meget metaviden med præsentationen. I et SFF forløb hvor rammen netop er at eleverne arbejder med egne spørgsmål og svar vil det formentlig forhindre eller mindske læringspotentialet.

Hvilket udbytte er der faktisk ved praktisk arbejde?

Af Charlotte Puge

De fleste gymnasielærere har oplevet at eleverne kan huske hvordan et forsøg er blevet udført, altså fremgangsmåden, men de mangler en kobling mellem teori og praksis. Derfor er vi nysgerrige på hvilket udbytte forskningen viser, der kan være ved praktisk arbejde.

Flere er kommet frem til, at de studerende sjældent får det udbytte af det praktiske arbejde, som underviserne har tiltænkt. Et eksempel er brug af kogebooksøvelser, som ofte resulterer i et lavt udbytte. Formålet med øvelserne er ofte at eftervise noget teoretisk stof. Eleverne lærer at følge en opskrift, øver elementære laboratoriefærdigheder og får deres egne data, som de kan regne på og sammenholde med teori. Nogle didaktikere vil hævde, at det er tidsspilde og spild af ressourcer at lade eleverne lave den slags øvelser (Krogh & Andersen, 2017). Hodson (Hodson, 2008) har ligeledes erfaret, at praktisk arbejde, er dårligt forstået, sammenrodet og uproduktivt. Det bibringer kun lidt til reel uddannelsesmæssig værdi (Osborne, 2015).

Ifølge Abrahams & Millar (Abrahams & Millar, 2008) husker elever kun fragmenter fra selve aktiviteten. En gruppe elever husker f.eks. kun, at de har båret mursten for at bygge et sted, hvor deres lærere kunne udføre et forsøg. Eller at læreren blandede forskellige ting og det sluttede af med et brag eller en gruppe elever huske, at de har destilleret en blå væske. I det tilfælde kan eleverne huske lidt af fremgangsmåden. Fra eksemplerne fremgår det, at der ingen teoretisk erindring er hos eleverne. Så selv om eleverne kan huske situationen, hjælper det dem ikke med at huske ideen og teorien bag forsøget. Moeed (2011) har analyseret spørgeskemaer fra gymnasieelever (i UK) og fandt, ligesom Abrahams og Millar, at der var en lille sammenhæng mellem hvad eleverne tænkte og hvad de gjorde, men de havde dog en større sammenhæng imellem "minds-on" og "hands-on" i biologi og kemi end det man havde i fysik (Moeed, 2011).

Harrison (Harrison, 2016) studerede effekten af praktisk arbejde i naturvidenskabelige fag. Selv om resultatet var nedslående i forhold til elevernes udbytte af arbejdet, kunne det konkluderes, at diskussioner under praktisk arbejde påvirker elevens forståelse af forsøgets underliggende ideer positivt. Desværre lader det ikke til, at diskussionselementet kan give anledning til en bredere forståelse af det emne, som er relateret til det praktiske arbejde.

Abrahams og Millar anbefaler, at der bruges mindre tid på, at få studerende til at reproducere fysiske fænomener og mere tid på at hjælpe de studerende til at skabe en kobling mellem det praktiske arbejde og de ideer, der knytter sig til arbejdet. (Abrahams & Millar, 2008).

Derfor er det relevant at orkestrere undervisningen på en ny måde. Designet af vores uv-forløb, vil kræve refleksion og diskussion under forsøget. Det er især målene, om at producere en model og designe et forsøg vi har i fokus. Argumentet for dette skal findes i UBNU.

UBNU, SFF og kagebøger

Af Anne Jensen

Den moderne læringsteori advokerer for, at de traditionelle øvelser erstattes med UBNU (Krogh L. B., 2009). I UBNU undersøger elever autentiske spørgsmål, de arbejder med at konstruere empirisk begrundede forklaringer og argumenterende svar på spørgsmål og opgavens ejerskab, er lagt over til eleverne i så stor en grad, som de kan håndtere. Samme opbygning ses i et SFF.

Centralt i UBNU er elevernes egen videnskonsstruktion og mulighed for at udvikle ejerskab til læringsprocessen gennem frihedsgrader (Andersen & Krogh, 2017). Frihedsgrader kan skabes ved, at give eleverne mulighed for selv at bestemme, hvad de vil undersøge indenfor en bestemt rammesætning eller hvordan de vil undersøge en problemstilling. I figur 11 ses en oversigt over elevernes frihedsgrader. I venstre kolonne er beskrevet hvordan fem elementer i UBNU kan justeres og rækkerne viser, hvordan elevindflydelse og valgfrihed aftager med stigende lærerinddragelse og faste rammer for besvarelsen af en opgave.

| | Elevindflydelse og valgfrihed aftager → | | | |
|--|--|---|---|--|
| Formulering af spørgsmål | Eleverne stiller spørgsmålet. | Eleverne vælger mellem spørgsmål. | Eleverne spidsformulerer lærerens spørgsmål. | Eleverne arbejder ud fra lærerens spørgsmål. |
| Prioritering af forskellig evidens | Eleverne vælger evidensgrundlag og indsamler data. | Eleverne får anvist, hvilke data de skal indsamle. | Eleverne får nogle data, de skal analysere. | Eleverne får nogle data og retningslinjer for analysen. |
| Evidensbaserede forklaringer | Eleverne formulerer forklaringer ud fra evidens. | Eleverne får vejledning i processen. | Eleverne får vist mulige måder at forbinde empirien med forklaring. | Eleverne får serveret evidensen. |
| Forklaringer baseret på videnskabelig viden | Selvstændig indsamling af info fra andre kilder. | Opmærksomheden henledes på kilder til relevant viden. | Mulige koblinger til relevant faglig viden udpeges for eleverne. | Eleverne får et direkte link til al relevant teori. |
| Kommunikation af resultater og forklaringer | Eleverne formulerer forklaringer og argumenter. | Eleverne bliver vejledt i forhold til formuleringen. | Eleverne får guidelines i forhold til formuleringen. | Eleverne får en punktopstillet skabelon for kommunikation. |

Figur 11: Skematisk illustration over hvordan der kan arbejdes med frihedsgrader i IBSE. Figuren er lånt fra (Krogh & Andersen, 2017).

Tilrettelæggelse af UBNU i STX kan være udfordrende. UBNU med et stort antal frihedsgrader er brugbar i læringssituationer, hvor det faglige niveau af praksis er let tilgængelig, såsom dissektion af et hjerte eller mikroskopering af planteceller. Når der arbejdes med mere komplicerede teknikker, såsom koncentrationsbestemmelse via titrering eller undersøgelse af enzymatiske reaktioner, bliver undersøgelsen for kompleks til, at eleverne kan komme i mål med et stort antal frihedsgrader. De har brug for mere vejledning og en konkret beskrivelse af en metodes fremgangsmåde. Det samme gør sig gældende for den kagebog, som dette studie er bygget op omkring og et SFF giver mulighed for at benytte kagebogen undersøgelsesbaseret. I et SFF er eleverne bundet af et fast lærerstillet spørgsmål Q_0 , men værktøjet giver også plads til, at eleverne selv stiller og vælger spørgsmål. I præsentationen af kagebogen får eleverne nogle faste retningslinjer og data for øvelsen. De får serveret evidens for forsøget og i et ressourcerum, får de adgang til relevant materiale, hvilket indskrænker antallet af frihedsgrader. Herefter skal eleverne selv vælge evidens for deres eget forsøg og indsamle data. De skal selv tolke og formulere deres hypoteser, finde relevante kilder og argumentere for deres observationer. Dermed stiger elevernes indflydelse og valgfrihed og samtidig stiger antallet af frihedsgrader. Undervisningsdesignet i dette studie giver derfor plads til, at eleverne arbejder undersøgelsesbaseret i et SFF med en kagebog.

Studiets rammer

Af Anne Jensen

Den preliminnære analyse af de prakseologiske rammer afdækker, at det eksperimentelle arbejde og elevernes opgave med at designe model og forsøg udgør praksis. Det eksperimentelle arbejde leder frem til logos, som kan være kendt eller ukendt teori og omfatter den teoretiske viden, der benyttes til at beskrive, forklare eller bekræfte den praktiske del (Girault, d'Ham, Alturkmani, & Chaachoua, 2011). Logos er elevernes forhåndsviden om A^\diamond (gær, respiration, ingredienser i dej og funktionen af enzymer) samt den A^\diamond , de opnår gennem praksis.

For at øge muligheden for brugbare resultater, afholdes der to undervisningsforløb for at forberede eleverne til studiet. I det første forløb arbejdede eleverne med et forsøg om frøspiring. I den forbindelse blev eleverne bedt om at konstruere en model for spiringsprocessen. Elevernes første model blev for de fleste en illustrationsmodel. Eleverne blev herefter bedt om at revidere egen model og koble symboler til modellen. Det afsluttende produkt blev derfor en model, som både var en illustrationsmodel og en symbolmodel, det er en de samme modeltyper, som i dette studie. I andet forløb arbejdede eleverne adidaktisk med et generende Q_0 om nervesystemet. Eleverne optog selv lyd fra gruppearbejdet og blev bedt om at konstruere egne Q_i . Formålet med opgaven var at afmystificere lydoptagelserne og forhåbentlig hjælpe eleverne med at føle sig trygge og frie i deres gruppearbejde på trods af, at de bliver optaget.

A priori analyse og undervisningsdesign

Af Anne Jensen

I kommende afsnit beskrives undervisningsdesign og a priori analysen. Afsnittet er delt op i moduler og for hvert modul gennemgås formål og undervisningsplan samt hvilke modelleringsaktiviteter og didaktiske transpositions tanker, der er inddraget i planlægningen. Til nogle af modulet er der desuden koblet et spørgsmålstræ eller modeller, som er udviklet for at give et overblik over, hvad der forventes af hhv. elever og underviser.

Modul 1

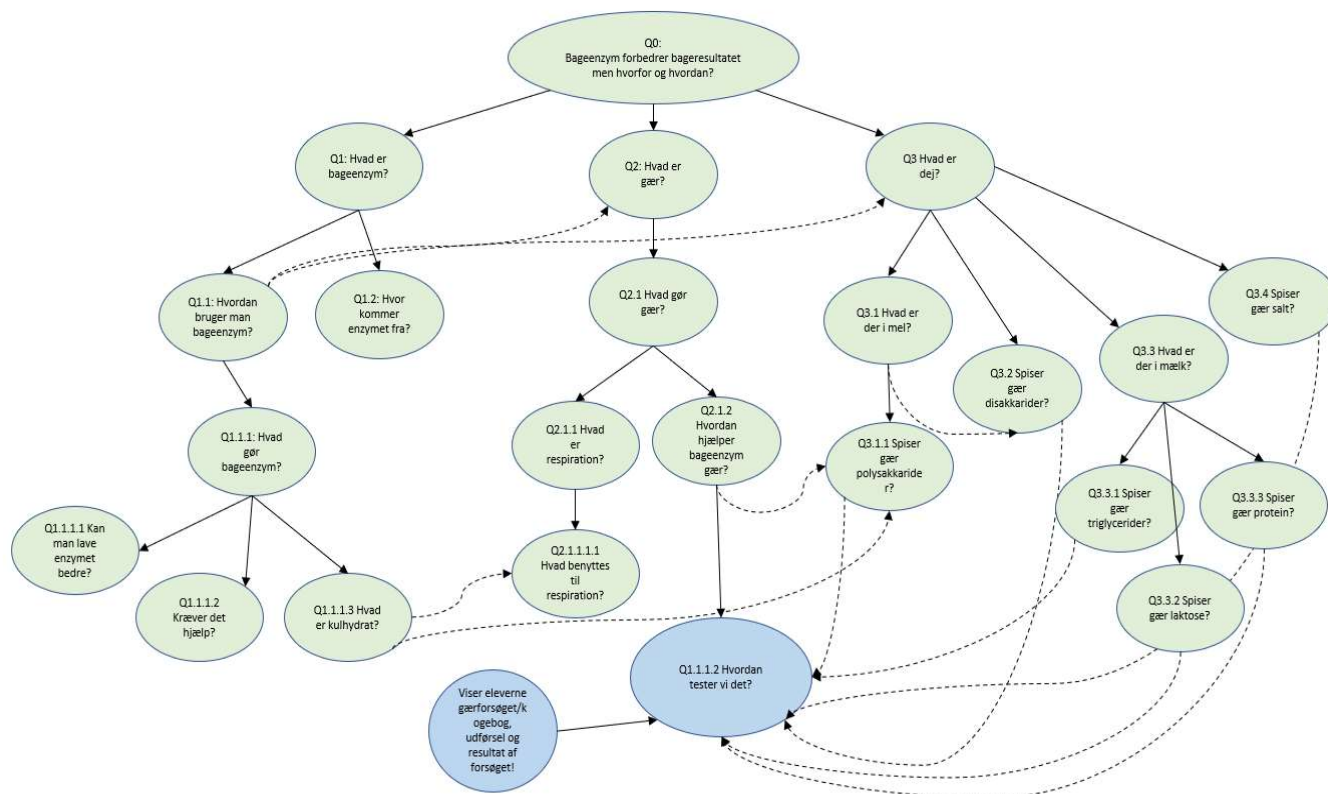
Eleverne skal genkalde sig lært A^\diamond samt få interesse for bageenzym. Som lektier til modulet ses et afsnit af DR programmet; *Den store Bagedyst*, omhandlende gæring ved forskellige temperaturer. Eleverne starter med at spise og undersøge brød af forskellig kvalitet og de introduceres til

bageenzym. Herefter arbejder eleverne i grupper med at genopfriske A^\diamond og deler A^\diamond på tværs af grupper for at få dannet et fælles vidensplateau. Gruppearbejde giver elever mulighed for at undvige deltagelse i det didaktiske miljø, men forhåbentlig smitter elevernes A^\diamond af på hinanden. Som afslutning udarbejder hver gruppe en plakat (A^{\heartsuit}_1) med udvalgte figurer.

Læringsaktiviteterne er centreret omkring symbolmodeller og illustrationsmodeller i fagbøger. Det valg er taget ud fra flere begrundelser: 1) Det skal hjælpe eleverne med at genkalde tidligere lært materiale. 2) Hjælpe eleverne med at visualisere enzymer, hvordan de ser ud og hvad de gør. 3) Give eleverne inspiration til at udvikle deres egen model. Da øvelsen kun inkluderer flade modeller, er det muligt, at eleverne begrænses i deres kreativitet i forhold til egen model. Til gengæld illustrerer modellerne både simple illustrationer, som billeder af enzymer og komplekse virkeligheder, såsom enzymatisk nedbrydning af substrater og simuleringer af komplekse systemer som proteinsyntese (Christiansen J. L, 2020).

Effekten af bageenzym kobles sammen med forskellige typer af artefakter såsom brød og bageenzym. I princippet kan effekten af bageenzym også introduceres via kvantitative data i form af grafer og tabeller. Men det vil ikke give samme effekt, hvor eleverne får koblet funktionen af bageenzym sammen med en hverdagsituation og dermed muligheden for, at den enkelte elev har erfaringer, som ny A^\diamond kan kobles sammen med. Eleverne tilgår direkte tilgængelig A^\diamond i fagbøger uden underviserens indblanding. Dog er eleverne blevet undervist i emnerne tidligere og kan forhåbentlig genkalde sig den didaktiske situation, underviseren på daværende tidspunkt har stillaseret omkring teorien i fagbøgerne.

Der konstrueres et spørgsmålstræ for at afdække hvilken A^\diamond det er nødvendig, eleverne genkalder sig i modul 1. Spørgsmålstræet benyttes til at udvælge fagmateriale til opgaven og skal også benyttes pejlemærke, så underviseren får et overblik over hvilke Q_i , eleverne skal arbejde med at besvare i modulet. Se figur 12.



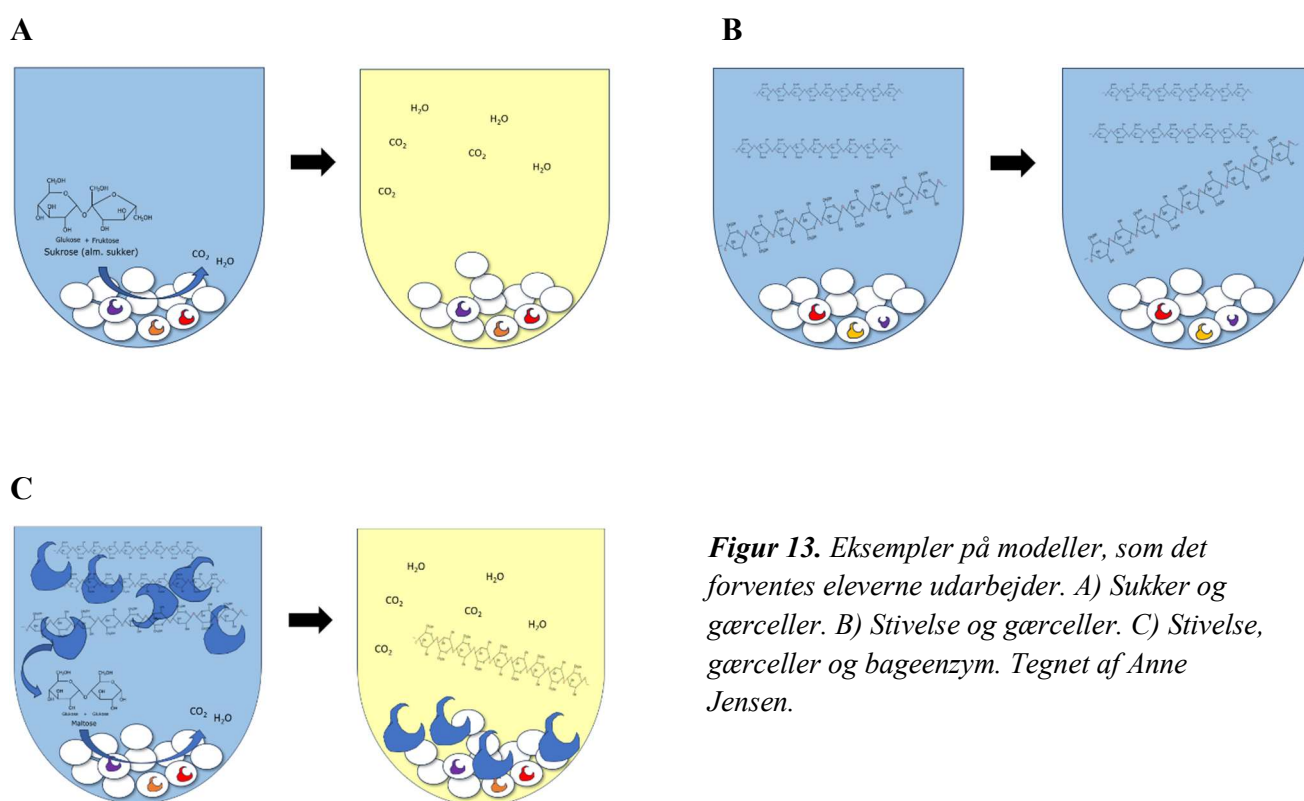
Figur 12. Spørgsmålstræ over hvilke Q_i eleverne bør kende svaret på ved afslutning af modul 1. Den grønne farve indikerer at spørgsmålet har en teoretiske karakter og den blå farve indikerer spørgsmål, som er knyttet til design af elevernes eget forsøg. En større version af spørgsmålstræet kan ses på bilag 3.

Modul 2

Eleverne skal selv designe forsøg og udarbejde en illustration (A_2), som viser eget forsøgsdesign (W_2) med tilhørende hypotese. Modulet startes op med deling af A_1 med fokus på besvarelse af spørgsmål fra figur 12. Herefter introduceres eleverne til kogebogen (W_1) (Nucleus, 2024), et ressourcerum (bilag 5) og reagensglas med fysiske eksempler på de blandinger, som der er beskrevet i kogebogen. Eleverne introduceres desuden til studiets Q_0 : *Hvordan kan vi afdække funktionen af bageenzym eksperimentelt og illustrere funktionen af bageenzym?* Ud over Q_0 guides eleverne også af tre afledte spørgsmål, nemlig Q_1 : *Hvordan skal vi ændre forsøgsdesign af kogebogen?* Q_2 : *Hvordan ser enzymer ud?* Q_3 : *Hvad består ingrediensen af?* Hele den første introduktion foregår i plenum og er optakt til, at eleverne selv bliver klædt på til at udvikle eget forsøgsdesign. Efterfølgende arbejdes der i korte sekvenser, hvor de veksler mellem besvarelse af Q_i og vidensdeling. Modulet afsluttes med at eleverne får feedback og uploader A_2 til en fælles platform.

Som en del af a priori analysen udarbejdes der eksempler på modeller, se figur 13. Studiet er centreret omkring enzymers funktion og derfor vælges det at gå på kompromis med hensyn til størrelsesforhold og antal i modellerne, ligesom i eksemplet i figur 3. Enzymer, enzymsubstrater og enzymprodukter er forstørret i forhold til gærcellers størrelse, så fokus henledes herpå. Det er valgt at simplificere den virkelige opbygning af enzymer og tegne enzymer som figurer med en fordybning, som illustrerer enzymers aktive område, fremfor at fokusere på den korrekte tredimensionelle struktur af enzymer. Det er valgt, da der er fokus på enzymers funktion i studiet, fremfor den rumlige opbygning. Substrater og produkter er angivet med korrekte symbolmodeller, da symbolmodellerne viser, at der er forskel på størrelsen af sakkari- der.

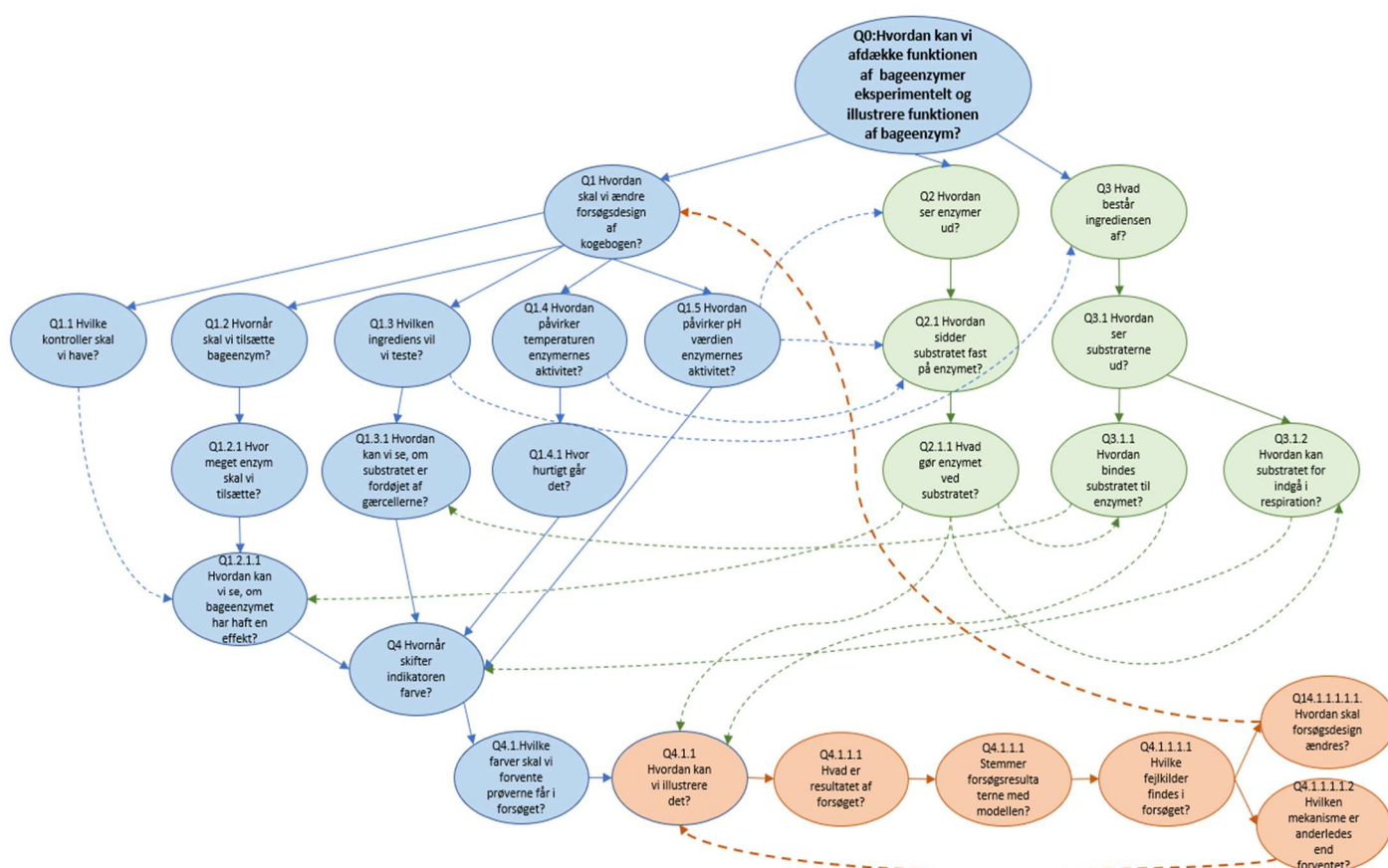
I figur 13 er der i hvert reagensglas tilsat fosfatbuffer og gær-alginatkugler (hvide kugler) (Nucleus, 2024). De lilla, orange og røde figurer er gærens egne enzymer. Den blå og gule farve illustrerer, at der er tilsat indikatoren BTB. BTB skifter farve fra blå til gul, når væskens pH værdi sænkes, som følge af gæringsprocessen. Modellen i figur 13A illustrere, at sukrose kan optages direkte af gærceller og af gærcellernes egne enzymer nedbrydes til glukose, som indgår i gæring. Modellen i figur 13B illustrere, at stivelse ikke kan optages af gærcellerne og dermed sker der ingen gæring. Modellen i figur 13C illustrerer, at stivelse nedbrydes af bageenzym til disakkarider, som optages af gær, nedbrydes til glukose af gærens egne enzymer og indgår derefter i gæring.



Figur 13. Eksempler på modeller, som det forventes eleverne udarbejder. A) Sukker og gærceller. B) Stivelse og gærceller. C) Stivelse, gærceller og bageenzym. Tegnet af Anne Jensen.

Eleverne skal selv udarbejde modeller og kan begrænses i deres kreativitet, hvis de bliver introduceret til en lærermodel (A^{\heartsuit}_y), da de kan opfatte denne som et facit. Modellernes funktion er derfor kun at hjælpe underviseren med at afdække, hvad det forventes eleverne selv tegner og hvilke elementer, underviseren skal hjælpe eleverne med at få inddraget i deres egne modeller.

Der udvikles desuden et spørgsmålstræ for at afdække hvilke spørgsmål, det forventes eleverne stiller til eget forsøgsdesign, se figur 14. Spørgsmålstræet sammenlignes i analysen med de spørgsmålstræer, som udarbejdes over elevernes faktiske spørgsmål.



Figur 14: Træet viser en oversigt over hvilke spørgsmål det forventes eleverne kommer til at stille, når de arbejder med besvarelsen af Q_0 . Farvekoderne er følgende: Grøn - Teoretisk viden, blå – Forsøgsdesign og Rød – modellering. En større version af spørgsmålstræet kan ses på bilag 4.

Modul 3+4 – to sammenhængende moduler

Eleverne skal udføre forsøget fra deres eget forsøgsdesign (W_2). Som hjemmeopgave skal eleverne udarbejde A^{\heartsuit}_3 , som er en mere detaljeret version af A^{\heartsuit}_2 . Der er ikke indtænkt vidensdeling. Grupperne arbejder selvstændigt og udfører forsøget. Der vil sandsynligvis være forskel på størrelsen af gruppernes forsøg og dermed også hvor lang tid opsætningen af forsøget tager. I nogle

tilfælde vil eleverne kunne begynde af sammenligne A^{\heartsuit}_3 med D og vurdere, hvorvidt der er overensstemmelse mellem de to, men selve modelleringsaktiviteten, hvor eleverne arbejder med at revidere A^{\heartsuit}_3 , er planlagt til modul 5.

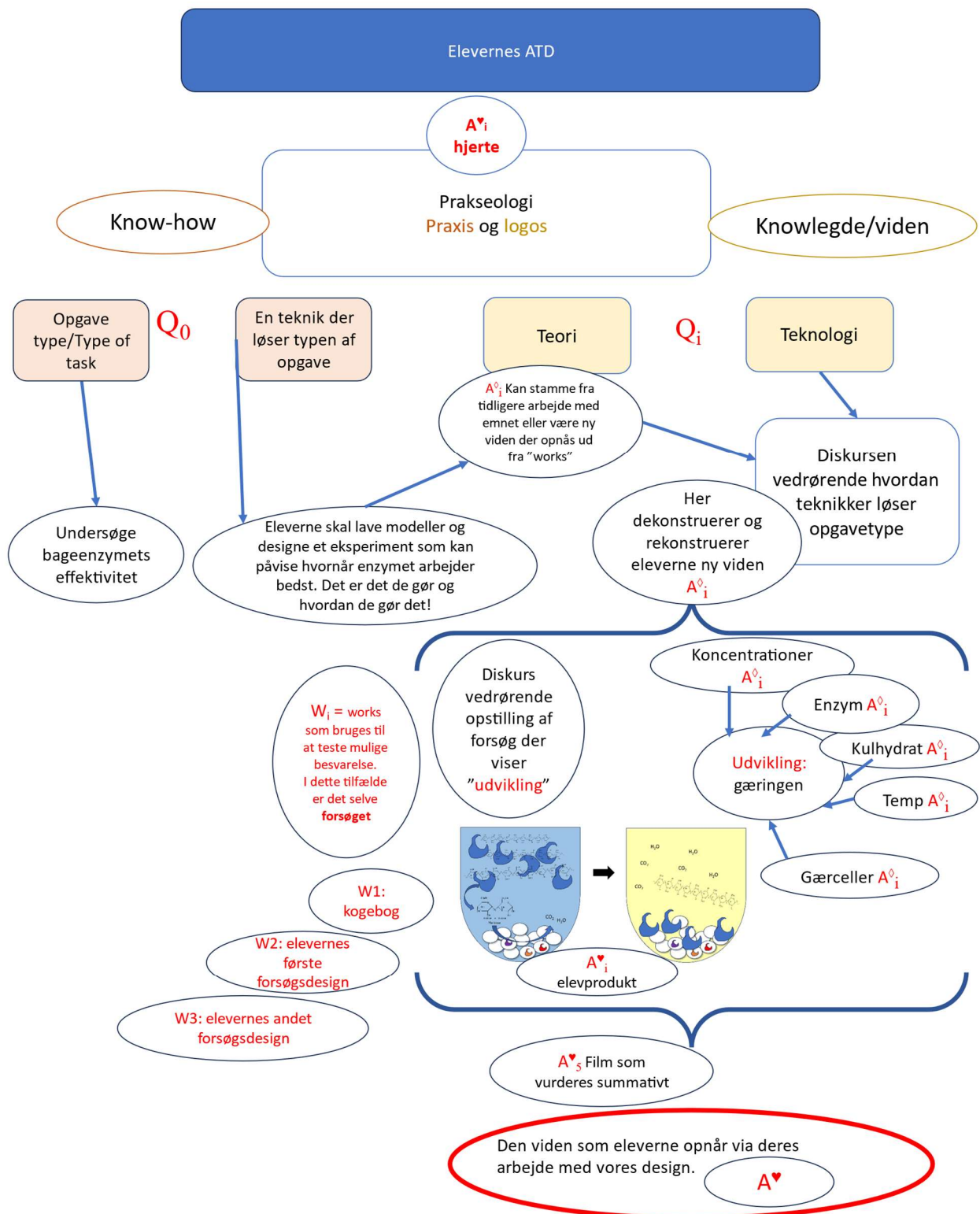
W_2 beskriver en simuleringsmodel af den virkelige verden. For at det kan lade sig gøre, er det underviserens ansvar at danne paralleller mellem forsøgsopstillingen og den virkelige verden. I modul 1 blev eleverne introduceret for forskellige typer af brød og viden om, hvordan bageenzym påvirker luftigheden af brød. I princippet skal eleverne nu forestille sig, at hvert reagensglas symboliserer hæveprocessen af et brød. I elevernes forsøgsdesign har de planlagt at blande forskellige ingredienser i forskellige reagensglas. Det skal forestille, at eleverne har udviklet opskrifter til forskellige brød med forskellige ingredienser. I hvert reagensglas blander de forskellige ingredienser, den aktivitet med at blande ingredienser svarer i den virkelige verden til, at eleverne følger de forskellige bageopskrifter og blander dej til brød med forskellige ingredienser. Herefter skal reagensglassene inkuberes. Inkubationstiden af reagensglassene symboliserer dejens hævnings og bagning. Det farveskift, der ved forsøgets afslutning kan observeres, skal forestille, hvor meget dejen er vokset under hævnings og bagning. Når bageprocessen transformeres fra køkkenet til laboratoriet, gør det processen mere kompleks og mere besværlig for eleverne at forstå. Men hvis eleverne bare bagte boller med og uden bageenzym, vil eleverne formentlig kun kunne svare på spørgsmålet: *Bliver brødet større, hvis der benyttes bageenzym i dejen?* Eleverne arbejder imidlertid med et spørgsmål omhandlende funktionen af bageenzym. For at besvare det spørgsmål, er det nødvendigt, at eleverne kan monitorere effekten af bageenzym sammen med de forskellige ingredienser i en bolledej og dermed er det nødvendigt at opstille et kontrolleret forsøg, som symboliserer de processer, der sker i en dej under hævningsprocessen.

Modul 5

Eleverne skal vurdere D, sammenligne D og A^{\heartsuit}_3 og udarbejde en revideret model (A^{\heartsuit}_4). Modulets andet elevprodukt er en individuel videopræsentation (A^{\heartsuit}_5), som er indtænkt, for at få et overblik over elevernes faktiske læring versus den intenderede læring i forløbet. Eleverne må gerne udvikle A^{\heartsuit}_5 sammen i grupper, så de har mulighed for at diskutere indholdet igennem. Der er også oprettet en spørgetime, hvor eleverne har mulighed for at sparre med deres underviser om A^{\heartsuit}_5 . I modulet introduceres eleverne til resultater fra tre forsøg (se bilag 6), som er designet ud fra W_1 og kan besvare A^{\heartsuit} . To af forsøgene indeholder eksperimentfejl mens det tredje forsøg er udført korrekt.

Det skal hjælpe eleverne i gang med at vurdere eventuelle fejlkilder og eksperimentfejl i enten A_3 eller W_2 . Eleverne arbejder i grupper og vidensdeler grupperne imellem.

En opsamling på undervisningsdesignet ses i figur 15, som er en skitse over undervisningsforløbet og dets produkter ud fra en ATD-tankegang. I næste afsnit udføres en analyse af elevernes arbejde og udbytte af modul 2.2 og 5.2.



Figur 15: Figuren viser en oversigt over undervisningsforløbet ud fra en ATD-ramme. Tegnet af Charlotte Puge.

Observationer, implementering og a posteriori analyse

Af Anne Jensen

I a posteriori analysen beskrives det først kort, hvilke ændringer der blev udført i forbindelse med udførelse af undervisningsforløbet samt relevante observationer fra modulerne inklusiv elevernes fremmøde, da flere af klassens 17 elever ofte var fraværende. Det gav et problem i forhold til undervisningens flow, hvilket diskuteres senere i opgaven. Herefter argumenteres for hvilke grupper og moduler, som udvælges til analysen. I analysen inddrages værktøjerne Herbartianske skemaanalyse for at få et indblik i elevernes progression og samarbejde, samt en SFF-analyse. SFF-analysen giver et overblik over elevernes aktiviteter, om de benytter modellering til at koble teori og empiri og om de inddrager den forventede teori. Det bedømmes bl.a. ud fra en sammenligning med a priori spørgsmålstræet i figur 14 og spørgsmålstræer udarbejdet på baggrund af elevernes samtaler.

Kommentarer til modulerne

Af Anne Jensen

Det blev som udgangspunkt forventet, at forløbet kunne gennemføres på fem moduler, men det faktiske forbrug af moduler blev syv moduler, da modul 2 og 5 hver blev delt op i to moduler for at tilpasse undervisningen til elevernes progression. Studiets observatør deltog i modul 2.1 og 5.2. I løbet af forløbet arbejdede eleverne i fire arbejdsgrupper på hhv. 4-5 elever, som var tilfældigt sammensat af underviseren.

Kommentarer til modul 1

Der mødte 8 elever op til modulet. Alle fik produceret A^{\heartsuit}_1 og lydfilet afslørede, at eleverne kunne arbejde med opgaven stort set uden lærerhjælp. Det tyder på, at eleverne kunne indgå i miljøet og havde den nødvendige teknik til at løse opgavetyper. Lydoptagelserne afslørede dog også, at eleverne stort set ikke tilgik besvarelsen af Q_i fra figur 12. Det blev derfor besluttet at sætte ekstra fokus på at få besvaret spørgsmålene i forbindelse med opstart af modul 2.

Kommentarer til modul 2

Der mødte 12 elever op til modulet. Flere af de tilstedeværende elever deltog ikke i modul 1. Ved afslutningen af modulet havde eleverne ikke udviklet et W_2 eller A^{\heartsuit}_2 . Lydfilet afslørede, at eleverne endnu ikke kunne besvare Q_i fra figur 12 og 14. Grupperne havde en ide om, hvad de vil undersøge, f.eks. temperatur eller betydningen af mængden af bageenzym, men endnu ikke en

beskrivelse af, hvordan de vil gøre det. Det besluttes derfor at forlænge modul 2 til to moduler, modul 2.1 og modul 2.2. I anden halvdel af modul 2 fortsatte eleverne deres arbejde, hvor de slap i modul 2.1.

Til modul 2.2 mødte 14 elever op. Som lektier til modulet var eleverne blevet bedt om at sætte sig ind i kogebogen og udarbejde A^{\heartsuit}_2 . For mange var det ikke lykkedes. Kort efter opstart tegner læreren derfor dele af modellerne i figur 13 på tavlen. Modellen i figur 13 blev ændret i forbindelse med afholdelse af undervisningen, da sakkariderne blev simplificeret til sekskanter, for at gøre det lettere for eleverne. I næste sekvens blev Q_0 , Q_1 , Q_2 og Q_3 genopfrisket og eleverne mindet om, at der findes et ressourcerum for netop at øge fokus på A_i og A^{\diamond} .

Kommentarer til modul 3+4

Alle klassens elever dukkede op til undervisningen. Hvilket er interessant, da der indtil nu har været ret sporadisk fremmøde. Det kan tyde på, at eleverne prioriterer at deltage i praktisk arbejde fremfor teoretisk arbejde med faget. Alle grupper får lavet en forsøgsopstilling af forskellig kvalitet.

Kommentarer til modul 5

Mens eleverne arbejdede med W_2 blev det tydeligt, at eleverne manglede forståelse for, hvorfor der benyttes gærceller i forsøget. Det blev derfor planlagt at splitte modul 5 op i to moduler, modul 5.1 og 5.2 og inddrage undervisning om gærceller og gæring i modul 5.1.

I modul 5.1 deltog 16 elever og i modul 5.2 deltog 13 elever. I den sidste del af modul 5.1 fik eleverne deres forsøg tilbage. Allerede her kunne eleverne begynde at forholde sig til, hvorvidt der var overensstemmelse mellem A^{\heartsuit}_3 og D. Det virkede dog til, at eleverne brugte en del tid på at finde ud af hvilke glas, der indeholdt hvad og tage billeder af forsøgsresultatet og måske konstatere, at der ikke nødvendigvis var de ønskede farveskift uden at begynde at overveje hvorfor. I modul 5.2 fik eleverne igen udleveret deres forsøgsresultater og modulet forløb stort set som planlagt.

Valg af X_1 , X_4 og modul 2.2 og 5.2 til analysen

Af Anne Jensen

I studiet blev eleverne delt ind i fire grupper, X_1 , X_2 , X_3 og X_4 . X_3 slettede selv deres lydoptagelser i to af modulerne. De resterende lydoptagelser blev lyttet igennem og to grupper blev udvalgt til analysen, X_1 og X_4 . Den ene af grupperne præsterede lidt over middel og den anden gruppe præsterede under middel. Det var dog ikke grunden til, at de blev udvalgt. X_1 blev udvalgt, da de

arbejdede seriøst med opgaven og førte faglige samtaler om opgaverne, som gjorde det muligt at følge deres tankegang og tilgang til opgaven. I X_1 er der 5 elever, som refereres til som X_{1A} , X_{1B} , X_{1C} , X_{1D} og X_{1E} . X_4 var interessant, fordi de aldrig købte helt ind på opgaven og forsøgte at løse opgaven med mindst mulig indsats. X_4 bestod af fire elever, som der her refereres til som elev X_{4F} , X_{4G} , X_{4H} og X_{4I} . Ud over X_1 og X_4 udvælges der også to moduler til a posteriori analysen. De to moduler er modul 2.2 og modul 5.2. Modulerne er udvalgt, fordi det er de to moduler, hvor eleverne arbejder mest koncentreret med modellering.

Herbartianske skema analyse

Af Anne Jensen

Validitet kan som tidligere skrevet sikres ved, at læseren bliver informeret gennem detaljerede beskrivelser af observationer og deltagere. For at sikre validitet og en grundig analyse af de udvalgte grupper og moduler udføres en analyse med brug af det Herbartianske skema og modul aktiviteter beskrives detaljeret. Det er valgt at inddrage opstarten af modul 3 i overgangen mellem analysen af modul 2.2 og 5.2, da eleverne hjemme arbejder videre på A^{\heartsuit}_2 fra modul 2.2 og producerer A^{\heartsuit}_3 .

Herbartiansk skemaanalyse af modul 2.2 gruppe X_1

I X_1 var tre elever til stede, X_{1B} , X_{1C} og X_{1E} . X_{1B} har som den eneste udført hjemmearbejdet, som var at sætte sig ind i og udarbejde en model af W_1 . X_{1B} har misforstået opgaven og tegnet en model af, hvordan der fremstilles stamopløsninger til W_1 . X_{1B} deltog ikke i modul 2.1, hvilket måske er grunden til det misforståede hjemmearbejde. X_{1B} deltager aktivt gennem hele modulet mens bidrag fra X_{1C} og X_{1E} er varierende.

I starten samtaler X_{1B} og X_{1E} om W_2 og hvilke mulige blandinger X_1 har til rådighed. De diskuterer i hvilke prøver bageenzym skal tilsættes, men uden fokus på funktionen af bageenzym eller på besvarelse af Q_0 . Efter flere interaktioner med Y , hvor de både modtager vejledning og undervisning, begynder elev X_{1C} at bidrage til samtalen. X_1 begynder nu at undersøge funktionen af bageenzym og opbygning af kulhydrater og elev X_{1B} og X_{1C} overtager samtalen om W_2 . X_{1E} har midlertidigt forladt X_1 og bliver derfor koblet af gruppearbejdet. X_{1E} forsøger efterfølgende at deltage igen ved at stille opklarende spørgsmål, men X_{1B} og X_{1C} vælger at arbejde videre uden at bruge tid på at forklare X_{1E} , hvad de har fundet ud af under fraværet. Det fremgår af nedenstående uddrag af samtalen i figur 16.

Uddrag af X_1 's samtale:

X_{1C} : Det er fordi amylase nedbryder de der kæder, som sidder sammen.

X_{1B} : Jamen så skal vi også tilsætte de der kæder, men det ved jeg ikke.

X_{1C} : Prøv at spørge hvad det modsatte at amylase er, kan man ikke google det.

X_{1C} : Stivelse

X_{1B} : Den nedbryder amylose.

X_{1C} : Glukose er forbundet med... det er lidt tungt det her.

X_{1B} : Amylase er et enzym, der hydrolyserer glukosebindinger i polysakkarider som f.eks. stivelse (læser højt).

X_{1B} : Så vi skal altså tilsætte stivelse.

X_{1C} : Hvad kan man tilføje af stivelse.

X_{1B} : Glukose er vel også stivelse, ik? Glukose er bindinger.

Her prøver X_{1C} at tilkalde underviseren, uden held.

X_{1C} : Stivelse det er sgu da mel. Så hvis vi tilføjer noget mel og så den her, så har vi noget amylase, som nedbryder mel.

X_{1C} : Hvor har du været? (Spørger elev X_{1E})

Elev X_{1E} forklarer sit fravær. X_{1B} arbejder videre og afbryder den ikke faglige samtale, der er opstået mellem X_{1C} og X_{1E} .

X_{1B} : Men skal vi så lave 4 glas med fosfatbuffer og 4 glas med saltopløsning og så sammenligne dem.

X_{1C} : Ja det gør vi.

X_{1B} : Det er bageenzymet der er amylase. Det består af enzymet amylase.

X_{1E} : Er det ikke det der gør det syrligt?

X_{1B} : Det nedbryder glukosebindinger i stivelse, så hvis vi tilføjer stivelse, så vil man kunne se effekten af enzymet.

Figur 16. Uddrag af dialog i X_1 .

Det fremgår af samtalen, at X_{1B} er ved at spore sig ind på funktionen af bageenzymet. X_1 vælger nu at vidensdele med en anden X . Deling af W_2 på nuværende tidspunkt er ikke planlagt, men X_1 tager selv initiativet, måske fordi de oplever, at de er ved at have en basal forståelse af bageenzymets funktion og ønsker af afprøve deres ide på en af de andre X_i 'er i klassen. X_1 inviterer Y_1 med ind i samtalen og får afdækket nogle tvivlsspørgsmål. Herefter arbejder X_1 videre med deres forskningsdesign og alle X_1 's elever deltager nu.

Selv om X_1 nu har nogenlunde styr på, hvad bageenzym er og hvilket substrat det nedbryder, er der flere dele af W_2 , som vælges ud fra en "mavefornemmelse"; de benytter praksis uden logos. F.eks. valget af opløsningsmiddel er ret essentielt for, at forsøget virker. Modul 2.2 blev sat i gang i plenum og et af formålene med den fælles opstart var blandt andet at illustrere fordelene ved at

benytte fosfatbufferen fremfor saltopløsningen, men eleverne har tilsyneladende ikke opnået den intendede læring. X_1 kan vælge mellem fosfatbuffer eller saltopløsning og vælger tilfældigt fosfatbufferen ud fra en vurdering af, at der ikke er ret meget i saltopløsningen, se figur 17.

Uddrag fra elevsamtale:

X_{1C} : Hvis vi bare tager udgangspunkt i saltopløsningen.

X_{1B} : Skal vi bare tage saltopløsningen.

X_{1C} : Ja

X_{1B} : Saltopløsningen er der ingenting i.

X_{1B} : Så lad os tage fosfatbufferen.

X_{1C} : Ok, skal jeg tage.....

Figur 17. Uddrag af dialog i X_1

X_1 benytter Y_1 flittigt og X_1 evner at stille opklarende spørgsmål til Y_1 . På intet tidspunkt ytres sætningen: *Vi forstår ikke, hvad vi skal?* Det er tydeligt, at X_1 forsøger at afdække opgavens krav, som de endnu ikke forstår. Alligevel formår de at undersøge det udleverede materiale, skabe sig et overblik og prøver at præcisere deres spørgsmål til Y_1 , indtil de forstår opgavens omfang. F.eks., stiller X_1 spørgsmål til, om det er vigtigst at volumen er konstant i alle reagensglas eller om det er vigtigst, at der tilsættes samme volumen fosfatbuffer til alle reagensglas. X_1 mangler viden om, at stivelse, bageenzym og glukose faktisk er opløst i fosfatbufferen. Men selv om spørgsmålet er konkret, mangler X_1 et fagsprog, der gør dem i stand til at stille spørgsmålet. Y_1 forstår ikke spørgsmålet og besvarer det derfor ikke. På trods af dette formår X_1 alligevel at angive volumener i A^{\heartsuit}_2 og udvikle et W_2 , som kan benyttes til at besvare Q_0 delvist. Ved afslutningen af modul 2.2 har X_1 udarbejdet W_2 og A^{\heartsuit}_2 , se figur 20A.

Herbartiansk skemaanalyse af modul 2.2 gruppe X_4

X_4 består af fire elever, men kun X_{4F} , X_{4G} og X_{4H} er mødt op til modul 2.2. X_4 starter modulet med at bekræfte hinanden i, at de ikke forstår opgaven, hvorefter de hyggesnakker. Ingen har udført deres hjemmearbejde. Y_1 besøger gruppen flere gange og prøver at aktivere X_4 uden succes. X_{4H} prøver at tegne lidt og der er stille. Efter lidt tid spørger X_{4G} ind til, hvad det er X_{4H} tegner. X_{4H} forklarer men er usikker på, hvad det egentlig er der tegnes. Se figur 18.

Uddrag af elevsamtale:

X_{4G}: Hvorfor har du tegnet den pil?

X_{4H}: Fordi jeg putter 1 ml glukose i.

Tavshed

X_{4H}: Er det ikke bare et af glassene, vi skal vælge?

X_{4H}: Hvorfor tegner vi alle sammen, er det ikke ligegyldigt?

X_{4F}: Jo, vi har jo bare det der glukose-noget i og så bliver der tilsat fosfat og det der universel-diktator og en mængde gær i den og en anden i den anden og en anden i den her ...

Figur 18. Uddrag af dialog i X₄.

X₄ kommer ikke længere med W₂ inden der undervises i plenum. Herefter prøver X₄ igen. Deres samtale består igen af en blanding af fagstof og hyggesnak med lange pauser i samtalen. Kun når Y₁ prøver at aktivere gruppen og stiller Q_i til eleverne, handler samtalen om fagstof. Generelt opsøger X₄ hverken A[◇] eller arbejder med A[♥]_i. X₄ oparbejder tilsyneladende ikke A[◇] om emnet. Se figur 19.

I modsætning til X₁ benyttes sætningen: *Vi forstår ikke, hvad vi skal?* ofte i X₄. X₄ ønsker ligesom X₁ at inddrage Y₁, men på andre præmisser. X₄ beder Y₁ om hjælp, men arbejder ikke videre med den hjælp de modtager og ønsker, at Y₁ skal løse opgaven for dem. Enkelte fra X₄ prøver at tage initiativ til et gruppearbejde, men resten af gruppen ønsker ikke at deltage og der er ofte stilhed i gruppen eller snak om ikke fagligt stof.

Uddrag fra elevsamtale:

Y₁: Så hvis I skal bevise, hvordan dette enzym virker og hvorfor det er godt at tilsætte brød, hvad ville I så gøre med jeres glas?

X_{4F}: Vi vil ændre på mængden af bageenzym. Og så kan man se, hvor meget der skal til for at det bliver klippet helt over.

Y₁: Og hvilket kulhydrat skal det så gøre det på?

X_{4F}: I forhold til det med fosfat eller hvad?

Y₁: Nej, det er ikke kulhydrater.

X_{4F}: Hvad mener du med hvilken slags kulhydrat?

Y₁: Det hedder polysakkarider, monosakkarider og disakkarider. Indtil videre kan jeg kun se at I har tilsat glukose...

X_{4H}: Ja, vi har taget glukose.

Y₁: Hvis I har glukose og amylose sammen? Nej amylase?

X_{4F}: Amylasen vil være en udvidet form for glukose...

Y₁: Sukkeret ender på ose og enzymet ender på ase.

X_{4F}: Så amylase er enzymet.

Y₁: Og hvad kan det med glukose? Kan det noget? Der er plads til to

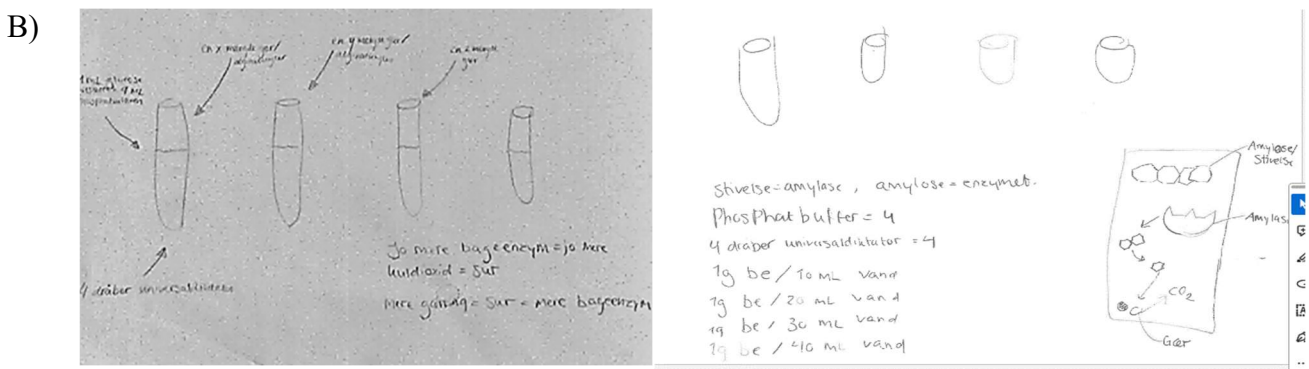
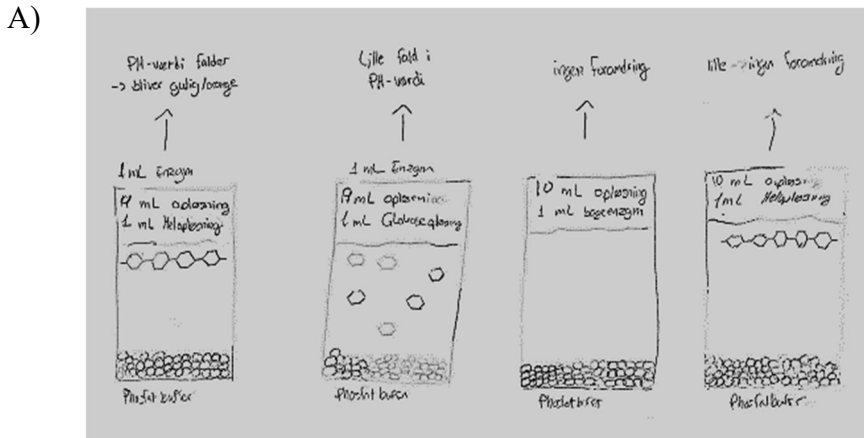
X_{4G}: Den vil spise det.

Figur 19. Uddrag af dialog i X₄. Bidrag fra Y er understreget.

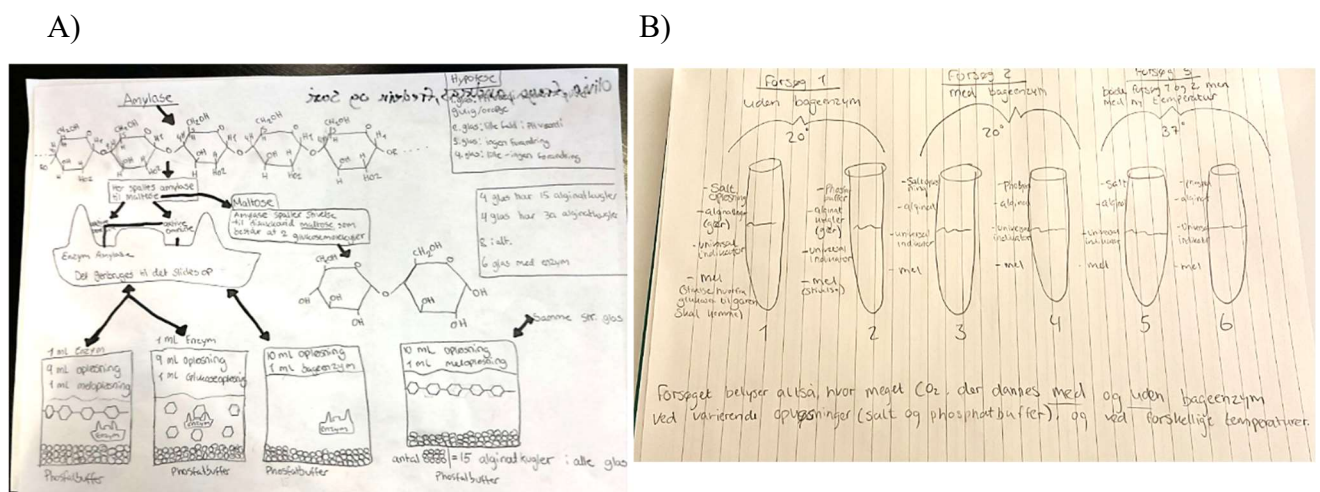
Ved afslutningen af modul 2.2 har X₄ udarbejdet A[♥]₂ for W₂ (se figur 20B). Det fremgår, at de ønsker at undersøge hvilken effekt mængden af tilsat bageenzym har, hvilket ikke kan benyttes til at besvare Q₀. A[♥]₂ indeholder en overordnet hypotese men kun delvise angivelser af, hvordan forsøget i praksis skal udføres samt en skitse af, hvordan stivelse nedbrydes enzymatisk. Der er altså stor forskel på kvaliteten af A[♥]₂ udarbejdet af hhv. X₁ og X₄, se figur 20.

Som lektier til modul 3 blev X bedt om at arbejde videre på A[♥]₂, denne version henvises til som A[♥]₃. I X₁ og X₄ har en elev i hver gruppe udført opgaven. En elev fra X₃ har udarbejdet en detaljeret A[♥]₃. På trods af, at det ikke er planlagt eller der opfordres til deling af X₃'s A[♥]₃, er de andre grupper hurtige til at lade sig inspirere. Som underviser opfattes det ofte irriterende, når eleverne kopierer hinandens arbejde, men det er egentlig også interessant, at den deling vi planlægger eleverne imellem ofte bliver tvungen, mens eleverne selv søger inspiration fra hinanden, når de opfatter, der er god information at få fat i. Deling af modellen fører til udarbejdelsen af en mere detaljeret A[♥]₃ i X₁, som dog fejlagtigt illustrere, at bageenzymet amylase bindes til både stivelse og glukose. X₄

beholder den version af A³, der er udarbejdet hjemme, se figur 21. X₁'s endelige W₂ kom til at indeholde otte reagensglas og ikke fire, som illustreret i A³, fire glas med lav koncentration af gær og fire glas, hvor de fordobler gærconcentrationen. Se figur 22.



Figur 20. A² udviklet i modul 2.2. A) Gruppe 1, B) Gruppe 4.


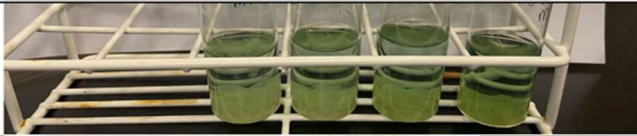
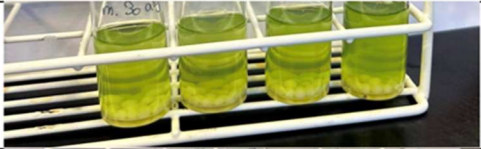
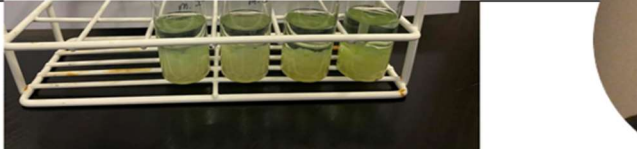


Figur 21. A³ udviklet af X₁ (A) og X₄ (B).

Herbartiansk skemaanalyse af modul 5.2 gruppe X₁

I modul 5.2 deltager begge studiets undervisere og henvises til som Y₁, klassens primære underviser og Y₂, observatør. I modul 5.2 vurderer X A[♥]₃ ud fra D. Det er meningen, at X skal udarbejde en ny model (A[♥]₄), hvor de inkluderer D i en revidering af W₂ til W₃.

I X₁ er der kun dukket to elever op, X_{1B} og X_{1D}. Begge elever arbejder fokuseret gennem hele modulet og deres samtale er koncentreret om at løse modulets opgave. I forsøget viser D kun en svag farveændring og det kan dermed konkluderes, at det ikke er lykkedes X₁ at udføre forsøget med succes, se figur 22.

| | Glas 1 | Glas 2 | Glas 3 | Glas 4 |
|-----------------------------------|---|--------|--------|--------|
| Phosfatbuffer | + | + | + | + |
| Stivelse-opløsning | + | - | - | + |
| Glukose-opløsning | - | + | - | - |
| Bageenzym | + | + | + | - |
| Glas med 15 alginatkugler (start) |  | | | |
| Glas med 15 alginatkugler (slut) |  | | | |
| Glas med 30 alginatkugler (start) |  | | | |
| Glas med 30 alginatkugler (slut) |  | | | |

Figur 22. X₁'s forsøgsresultater.

I X₁ taler de om, at de måske kan se små forskelle uden at vurdere, om de minimale farveskift giver mening i forhold til de ingredienser, der er i de forskellige reagensglas. Herefter prøver de at vurdere hvilke fejlkilder og eksperimentfejl, der kan være tale om i deres forsøg. X_{1B} nævner temperatur, som en mulig fejlkilde, også selv om X₁ ikke har inddraget temperatur som en variabel i deres forsøg. Valget af temperatur kan sandsynligvis henledes til A[◇], da der i starten af forløbet var fokus enzymers temperaturoptimum. X₁ bliver enige om, at de burde have kontrolleret temperaturen og sat forsøget i varmeskab. Den beslutning tager de uden at vurdere, hvordan temperatur kan

påvirke forsøget. X_1 virker ikke selv overbeviste om deres valg af temperatur som forsøgsfejl og vender tilbage til analysen af deres forsøgsresultat. Se uddrag af X_1 's samtale i figur 23.

Uddrag af samtale:

X_{1B} : Vil ikke rigtig kunne kontrollere...jeg ved ikke om vi skal sige det er en fejlkilde, vi har jo selv kunne vælge at sætte dem i varmeskabet men...

X_{1D} : Ja ja, men fra starten af forsøget havde det jo ikke været sådan, vi har jo udført det som det skulle udføres, ikke?

X_{1B} : Jo

X_{1D} : Så, Jeg synes også vi havde rimelig varieret, så havde vi det med 15 og det med 30 og alt mulig med og uden stivelse og glukoseopløsning og alt sådan noget. Hm, det ved jeg sgu ikke.

X_{1B} : Hvad gjorde vi forkert?

X_{1D} : Jamen altså, Ikke for at tale os selv op.

X_{1D} : Alle glas har stået på samme måde og samme sted.

Figur 23. Uddrag af dialog i X_1 .

Herefter begynder X_1 faktisk at vurderer i hvilke glas, de havde forventet et farveskift. Sammen med Y_2 får X_1 øjnene op for, at de faktisk har små farveforskelle i deres reagensglas. Interaktionen med Y_2 får gruppen til at sammenholde D med A^\diamond . X_1 arbejder videre med mulige fejl i nogle minutter inden de igen får lærerhjælp. De gennemgår sammen med Y_2 , hvad de har blandet, hvad de ser og kommer frem til, at når der tilsættes mere gær ses et større farveskift. X_1 glemmer at vurdere, om der er forskel i farve i forhold til substrater, de udfører altså kun en delvis analyse. Herefter afprøver X_1 deres idéer om eksperimentfejl af på underviser Y_2 . Y_2 leder dem i en anden retning end temperatur og taler med dem om, at deres gær muligvis er svækket. Det er en tanke, X_1 ikke selv har haft, se nedenstående uddrag i figur 24 af samtalen, som udfolder sig efter X_1 bliver introduceret for idéen med svækket gær.

Uddrag af samtale:

X_{1B}: Der er ikke sket en gæring og det er derfor den muligvis ikke har ændret farve.

Y₂: Ja, muligvis.

X_{1D}: Så den lille farveændring kan være pga. bageenzymet, som er en lille smule mere syrlige eller hvad?

Y₂: Ja, eller de glas I har flere gærceller i er blevet lidt mere gule, så det kan være nogle få gærceller overlevede.

X_{1D}: Det kan det også godt være. Ja ok, meget spændende.

Y₂ forlader eleverne.

X_{1B}: Det havde vi jo aldrig fundet ud af selv, altså

X_{1D}: Nej, det tror jeg heller ikke

Figur 24. Uddrag af dialog i X₁.

Selv om X₁ ikke selv kom frem til ideen med svækket gær, har de tilsyneladende let ved at acceptere forslaget, da det er i overensstemmelse med A[◇], altså gær er levende og kan derfor også blive svækket eller dø.

Efter arbejdet med fejlkilder får X besked på, at de skal udvikle A[♥]₄. Samtidig introduceres de også til en aflevering (A[♥]₅) omhandlende forløbet med bageenzym, som skal bedømmes summativt. X₁ mister fokus på udvikling af A[♥]₄ og fokuserer herefter mest på at arbejde med A[♥]₅. X₁ har idéer til, hvad de vil ændre fra W₂ til W₃, men får ikke udarbejdet hverken W₃ eller A[♥]₄.

Arbejdet med A[♥]₅ får X_{1B} og X_{1D} til at genbesøge A[◇] og opdager, at de mangler viden om enzymeres specificitet og hvor der findes enzymer. Se uddrag af samtale i figur 25.

Uddrag af samtale:

X_{1B}: Ja, du skal forklare, jeg tror lidt det er sådan. Vi har lavet det her forsøg bla bla bla, som tager udgangspunkt i at forklare, hvordan der sker en gæring i de her på grund af det her bageenzym, så kan du sige sådan noget med, vi har tilsat det et enzym, der består af amylase og amylase nedbryder amylose som f.eks. er stivelse og stivelse består af en masse... det er maltose er det ikke eller hvad? Amylose spaltes til maltose.

X_{1D}: Amylose det er stivelse. Altså det er poly, det er mange.

X_{1B}: Det er et polysakkarid.

X_{1D}: Som bliver nedbrudt til maltose, som er di.

X_{1B}: Som bliver spaltet til maltose, disakkarid. To glukose molekyler. Som til sidst bliver...

X_{1D}: En glukose.

X_{1B}: Ja!

X_{1B}: Så alt det, der sker her, det er det, der sker på grund af bageenzym. Og det er så det, vi har testet i et forsøg om hvorvidt bageenzymet havde nogen påvirkning på ...

X_{1D}: Vi er enige om, at bageenzymet kan jo kun klippe en bestemt? Altså den kan ikke klippe dem alle sammen. Den kan kun klippe polysakkariderne eller kan den både det og så maltosen og så glukosen?

X_{1B}: Det ved jeg faktisk ikke.

X_{1D}: Der står det passer specifikt til...

X_{1B}: Nej, jeg tror at amylase passer til amylose,

X_{1D}: som er?

X_{1B}: et di.

X_{1D}: Den lange kæde?

X_{1B}: Så amylasen spalter til maltose

X_{1D}: Hvad nedbryder så maltosen?

X_{1B} spørger computeren, kan høre hun taster.

X_{1B}: Maltase.

X_{1D}: Hvor kommer det fra I vores tilfælde?

X_{1B}: Ja, det er et godt spørgsmål?

Figur 25. Uddrag af dialog i X₁.

X₁ vælger først at søge svar på internettet. De er altså kompetente i forhold til selv at søge A[◇]. Da det ikke lykkes, spørger de Y₂. De får afklaret deres tvivl og finder frem til, at flere enzymer er involveret i at omdanne amylose til glukose og nogle af de enzymer findes i gærcellerne. Herefter vender X₁ tilbage til at arbejde med A[♥]₅. De udvælger modeller og bliver enige om, hvad de vil sige til de forskellige modeller. Samtalen viser, at X₁ benytter specifikke fagbegreber, de adskiller

sakkarider efter størrelse og benytter både sakkaridernes og enzymernes korrekte navne. Der er altså sket en stor udvikling af X_1 's begrebsapparat, da de i forløbets første moduler var usikre på, hvad enzymer og kulhydrater var.

Y_1 tjekker ind hos X_1 , for at høre hvordan det går. Det leder til en længere samtale. X_1 stiller spørgsmål til, hvad der helt præcist er deres W_2 og hvad der er deres A^{\heartsuit}_3 . De får ikke på plads, at A^{\heartsuit}_3 indeholder både A^{\diamond} og W_2 . X_1 fortæller Y_1 om D og forslag til eksperimentfejl. X_1 ønsker i W_3 at reducere antallet af variable og kun fokusere på bageenzym. X_1 kommer ikke selv ind på forslaget fra Y_2 angående den svækkede gær. Y_1 bringer selv forslaget på banen og hjælper X_1 frem til W_3 , hvor der tilsættes mere gær. Det er interessant, at eleverne alligevel ikke har købt ind på ideen med svækket gær under samtalen med Y_2 , men holder fast i deres egne forslag til fejl i designet, indtil de har samme samtale med Y_1 . Det kan måske forklares med, at Y_1 er klassens primære underviser i biologi samtidig med, at de tidligere har erfaret fra Y_1 , at faktorer som temperatur og antal variable er vigtige i forhold til forsøgsresultater.

I samarbejde med Y_1 finder X_1 frem til, hvordan de vil ændre antallet af variable og hvad der er vigtigst for netop at besvare Q_0 . Ud fra samtalen bliver det tydeligt, at X_{1B} og X_{1D} endnu ikke har helt styr på, hvad der skal til for at vise funktionen af amylase. I starten af modul 5.2 blev eleverne introduceret til et forsøgsdesign med tilhørende resultater udført af Y_2 , som rent faktisk kan besvare Q_0 . Eleverne kobler ikke undervisningen med egen W_2 . Se uddrag af samtale i figur 26.

I X_1 arbejder eleverne videre med A^{\heartsuit}_5 . X_1 benytter både A^{\diamond} , W_i og A^{\heartsuit}_i . De gennemgår systematisk deres arbejde i de forudgående moduler og udvælger hvilke delprodukterne, der skal indgå i deres afsluttende præsentation. De søger afklaring hos Y_1 i forhold til, om de har udvalgt de korrekte materialer og spørger ind til hvad der præcis er W_i og A^{\heartsuit}_i . De gennemgår gæring og de vigtigste trin i gæringen. X_{1B} erkender, at de mangler styr på gæringsprocessen og kalder igen Y_1 hen for at få hjælp til at forstå gæring og for igen at få bekræftet rækkefølgen af figurer i deres aflevering. Resten af arbejdet forgår i nogenlunde tavshed og 5 minutter inden modulet afsluttes melder X_1 , at de har afsluttet den skriftlige del af afleveringen.

Uddrag af samtale:

X_{1B} : Jeg tror først og fremmest, at vi vil ændre på det der med ikke at have så mange variabler.

X_{1D} : Så kun ændre på bageenzym og så holde de andre konstante.

Y_1 : Ja, men hvad mener I med det, altså vil I?

X_{1D} : Altså heroppe har vi... X_{1B} taler henover

X_{1B} : Måske lave to forskellige og så sige, hvad er bedst for gæringen sker. Er det bedst, der er en stivelsesopløsning eller er det bedst der er en glukoseopløsning?

Y_1 : Jamen, I skal teste bageenzymet, giver det så mening at have glukose med?

X_{1D} : Jamen, så skal vi måske bare... X_{1B} afbryder

X_{1B} : Nej, det er rigtig nok ... X_{1D} overtager

X_{1D} : Så skal vi måske bare tilsætte med og uden bageenzym ikke?

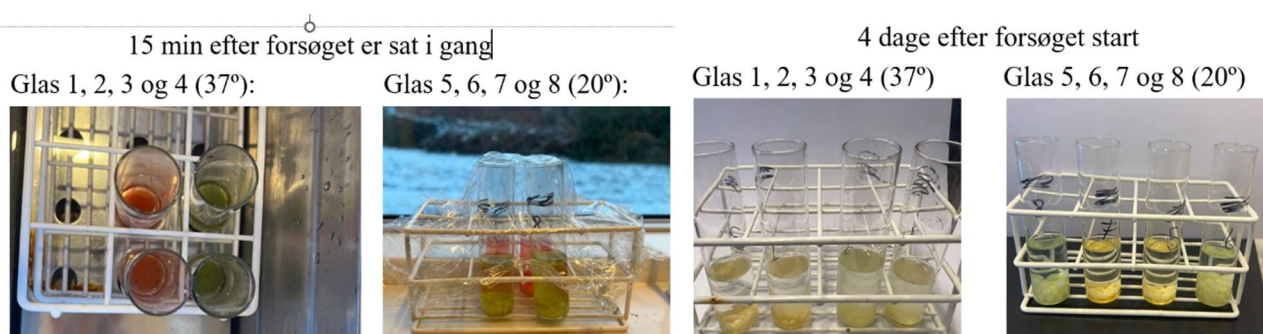
Y_1 : Jo, man kunne have haft det som en kontrol for at sige, at hvis der er glukose og gær, så forventer vi et farveskift

Figur 26. Uddrag af dialog i X_1 . Bidrag fra Y er understreget.

Herbartiansk skemaanalyse af modul 5.2 gruppe X_4

I X_4 deltager tre elever i modul 5.2, X_{1F} , X_{4G} og X_{4I} . I X_4 erkendes, at de ikke kan huske, hvordan de udførte W_2 . De erindrer, at de ikke fulgte deres opskrift og noget blev gjort forkert. X_4 kommer frem til, at de har tilsat samme mængde bageenzym og stivelse til alle deres prøver og derefter inkuberet dem ved to forskellige temperaturer. De har altså udeladt deres kontrolforsøg.

Forsøgsresultaterne kan ses i figur 27.



Figur 27: X_4 's forsøgsopstilling og resultater. I glas 1, 3, 5 og 7 er der benyttet saltopløsning og i glas 2, 4, 6 og 8 er der benyttet fosfatbuffer.

X₄ når ikke længere inden de skal mødes med X₁ og tale om fejlkilder og eksperimentfejl. X₄ anerkender problematikken med de manglende kontroller og mener, de kunne være mere præcise med at tælle antallet af alginatkugler samt lave en udførlig beskrivelse af W₂. X₄ inddrager ikke A[◇] i deres tilgang til fejldesign eller udførsel af W₂. Formålet med X₄'s W₂ var at undersøge sammenhæng mellem temperatur og hastighed. Y₁ informerer X₄ om, at de ikke har indsamlet data på det korrekte tidspunkt, men der er ingen indikationer af, at X₄ tager den information til efterretning. X₄ anerkender ikke, at undersøgelsen ikke direkte kan besvare Q₀.

Efter gruppedeling skal X revidere deres model. I de efterfølgende 20-25 minutter taler X₄ stort set ikke sammen. Y₁ besøger X₄ to gange, anden gang kommer der lidt skub i arbejdet. De bliver enige om at udarbejde A[♥]₄, men det virker ikke til, at de helt ved, hvad de vil lave om eller hvad A[♥]₃ egentlig viser, se nedenstående elevuddrag:

X_{4F}: Vi skal bare lave en ny, den der den er ikke rigtig
X_{4G}: Ok
X_{4F}: Men er der nogen der ved, hvad de der er? De der to og den der...er det glukose?
X_{4G}: Det er glukose og den anden er sykrose...Sukrose
X_{4F}: Den øverste er stivelse ikke
X_{4F}: Jo
X_{4F}: Så ved jeg ikke helt, hvad hun siger her. At det giver CO₂ og så gær eller hvad?
X_{4G}: Det er fordi der så sker en gæring, så der udgives CO₂
X_{4F}: Så den der lille kugle det er gæring eller hvad? Jeg ved ikke, hvorfor har vi tegnet to?
X_{4G}: Det er... det er
X_{4F}: De der kugler der? Er det alginatkugler?
X_{4G}: Ja, det tror jeg
X_{4F}: Men det er jo ikke fordi det bliver til alginatkugler
X_{4G}: Nej, men de ligger bare dernede
X_{4F}: Og så skal det der forestille et reagensglas eller hver?
X_{4G}: Ja, det tror jeg. Jeg er ikke sikker.

Figur 28: Uddrag af dialog i X₄.

Herefter slutter gruppens samtale og de arbejder individuelt resten af modulet. X₄ har hverken udarbejdet A[♥]₄, W₃ eller en besvarelse af Q₀.

Opsummeret, det lykkes X₁ og X₄ at få omformuleret W₁ og afprøvet W₂. Herefter går X₄ i stå. Efter første omformulering kan W₂ udarbejdet af X₁ benyttes til at besvare dele af Q₀ eller give en

indikation af bageenzymets funktion. Desværre lykkes det ikke X_1 at indsamle tydelige data, som kan sende dem videre i den korrekte retning. X_1 når aldrig frem til en endelig version af W_3 , men arbejdet med udvikling af A^\heartsuit_i og afprøvning af W_2 hjælper X_1 med at dekonstruere og rekonstruere A^\diamond samt X_1 bliver i stand til at forudsige og argumentere for gode forsøgshypoteser.

Analyse af SFF

Af Anne Jensen

For at få indblik i elevernes læringsproces, udbytte af forløbet og synliggøre, hvorvidt eleverne faktisk benytter modellering til at koble W , D og A^\diamond udføres en SFF-analyse og der udarbejdes spørgsmålstræ for elevernes Q_i .

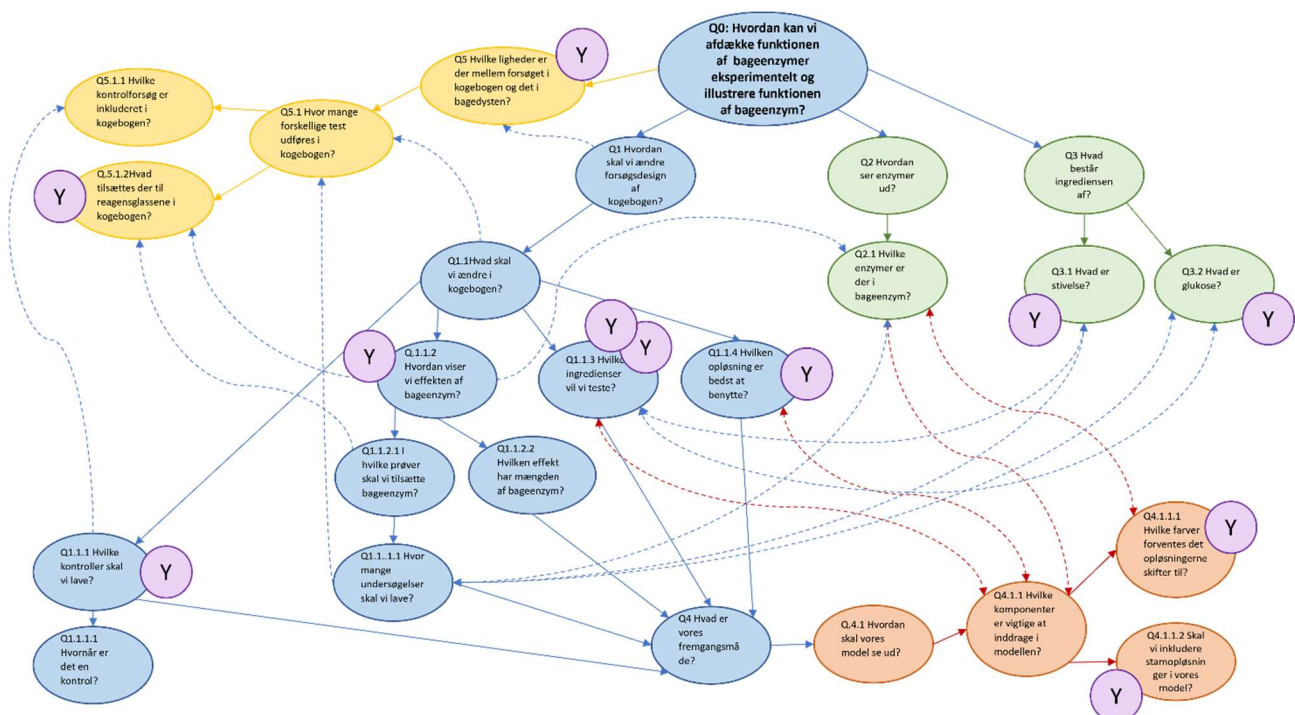
I første trin i SFF-analysen transskriberes samtalerne i X_1 og X_4 . I trin 2 ”oversættes” elevernes samtale til Q_i . I trin 3 deles elevernes Q_i ind i grupper afhængigt af indhold og tildeles et overordnet spørgsmål, se eksempel på bilag 7. I trin 4 konstrueres spørgsmålstræet. Direkte sammenhænge i elevernes samtale angives med pile i spørgsmålstræet. Sammenhænge som eleverne selv tilkendegiver de kan se eller spørgsmål, som eleverne vender tilbage til i deres arbejdsproces, er angivet med stiplede linjer. Stiplede linjer med dobbeltpile angiver at både model eller A^\diamond har ført til spørgsmålene. Den kronologiske rækkefølge i spørgsmålstræet er fravalgt, da eleverne genbesøger flere af de samme spørgsmål adskillige gange. F.eks. starter X_1 i modul 5.2 med at undersøge $Q1.1.1$ (*Hvilke farveskift kunne observeres?*), se figur 29. Herefter springer de videre til $Q1.1.1.2.1$ (*Hvilke fejlkilder og eksperimentfejl har vi?*). De bedømmer hvilke mulige fejlkilder, der kan være tale om uden at inddrage deres forsøgsresultater. Herefter genbesøger eleverne $Q1.1.1$ og sammenholder $Q1.1.1$ med $Q1.1.1.2$ (*Hvordan stemmer resultat og hypotese sammen?*) for derefter igen, at vende tilbage til $Q1.1.1.2.1$. Den tendens ses igennem hele samtalen, hvor eleverne vender tilbage til de samme spørgsmål adskillige gange.

I spørgsmålstræet angives det ligeledes, hvornår gruppen indgår i en samtale med Y . Korte interaktioner hvor eleverne bekræftes uden egentlig at inddrage Y i en samtale er udeladt.

SFF-analyse gruppe 1 modul 2.2 og 5.2

Figur 29 illustrerer SFF-analysen af X_1 's samtale i modul 2.2. Træet viser, at X_1 stiller mange af de samme spørgsmål, som de besvarede i forløbets første to moduler. Det er tegn på, at deres viden endnu ikke er blevet assimileret og at eleverne gennem modelleringsarbejdet selv bliver opmærksomme på, hvilken viden de mangler at afdække. Især to spørgsmål genbesøger eleverne

adskillige gange, det er spørgsmålene: Q1.1.2.1.1 (*Hvor mange undersøgelser skal vi lave?*) og Q4.1.1 (*Hvilke komponenter er vigtige at inddrage i vores model?*). Eleverne spørger aldrig underviseren direkte om de to ovennævnte spørgsmål. I stedet for fremgår det af spørgsmålstræet, at eleverne søger hjælp hos underviseren for at afdække den A^\diamond , de har brug for til deres forsøgsdesign. F.eks. for at vurdere hvilke ingredienser de vil teste, stiller gruppen spørgsmål Q3.1 (*Hvad er stivelse?*) og Q3.2 (*Hvad er glukose?*). Besvarelserne benytter de til at beslutte, hvor mange undersøgelser de vil lave.



Figur 29. Spørgsmålstræ for X_1 modul 2.2. Spørgsmål omhandlende forsøgsdesign er markeret med blå, A^\diamond er markeret med grønt, spørgsmål omhandlende kagebogen er markeret med gult og modelleringsspørgsmål er angivet med rødt. Spørgsmål som er besvaret med hjælp fra en underviser, er markeret med lilla cirkel med et Y i. En større version af spørgsmålstræet kan ses på bilag 8.

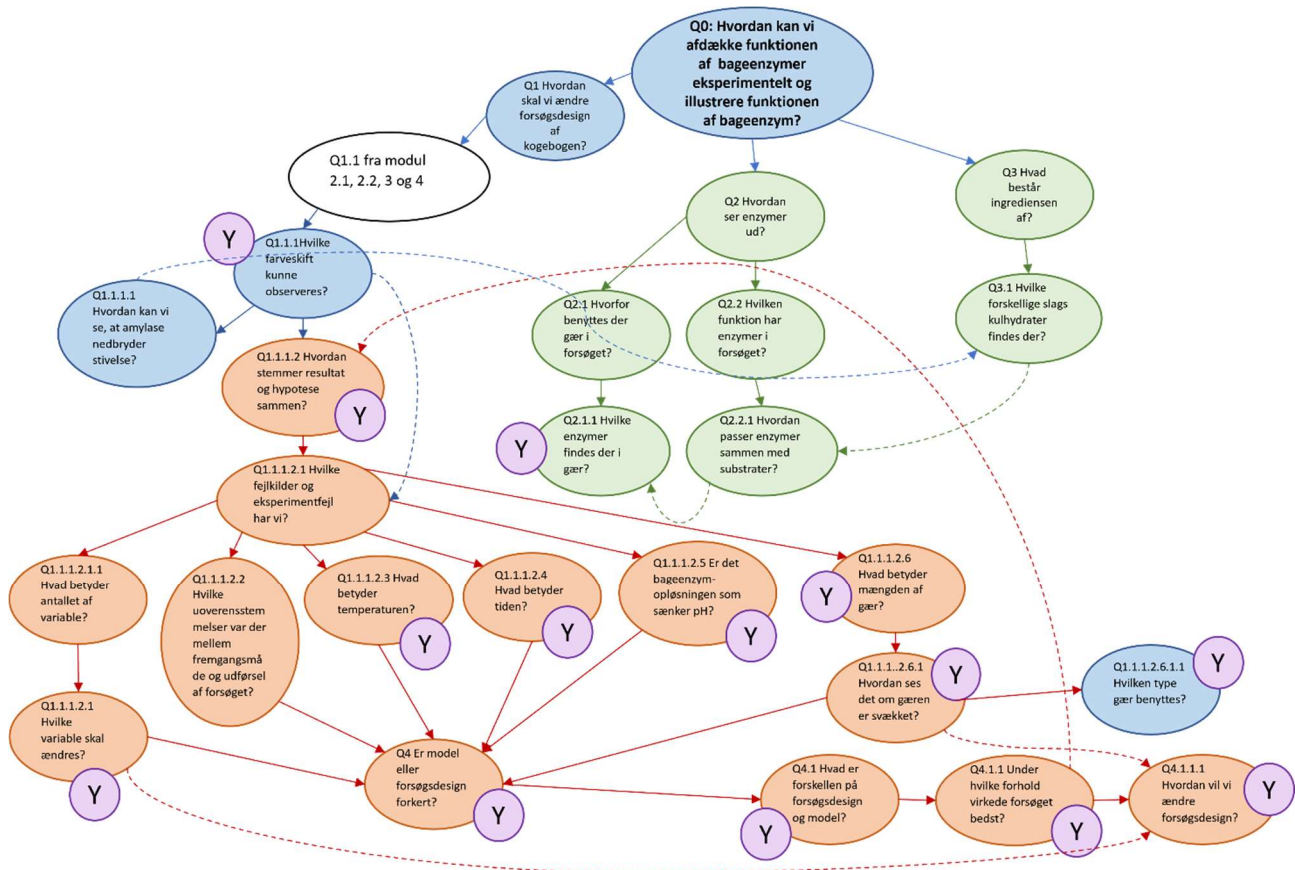
En sammenligning af spørgsmålstræet i figur 29 og spørgsmålstræet udviklet i forbindelse med a priori analysen (figur 14) viser, at X_1 arbejder med de forventede spørgsmål. Sandsynligvis fordi de er gode til at lade sig guide af Y_1 og på baggrund af de elevaktiviteter, som var planlagt i modul 1 og 2.1. En interessant forskel er, at X_1 ser langt flere sammenhænge end forventet i a priori analysen, eller også er de mange stiplede linjer en indikation på, at X_1 bliver nødt til at genbesøge samme spørgsmål ud fra flere forskellige vinkler.

I a priori analysen indgik elevernes genbesøg af W_1 ikke. Set i bagspejlet burde den være inkluderet, da det virker logisk, at eleverne benytter W_1 til deres forsøgsdesign, når det netop er det redskab, de har fået udleveret til udvikling af W_2 .

SFF-træet i figur 29 viser, at eleverne gennem modellering kan hjælpes med at koble praktisk arbejde med teoretisk viden. Oversat til spørgsmålstræet betyder det i princippet, at elever skal forstå sammenhæng mellem de blå og grønne cirkler. De røde cirkler skal gerne fungere som bindeled mellem de blå og grønne. Et eksempel på det kan ses for besvarelsen af Q1.1.2.1.1 (*Hvor mange undersøgelser skal vi lave?*). Spørgsmålet er koblet til forsøgsdesignet og eleverne stiller det i første omgang for at finde svaret på modelleringsspørgsmålet Q4.1.1 (*Hvilke komponenter er vigtige at inddrage i vores model?*). Spørgsmålet får eleverne til at genbesøge teoretisk viden såsom Q2.1, Q3.1 og Q3.2 (*Hvad er bageenzym? Hvad er stivelse? Hvad er glukose?*).

Eleverne genbesøger spørgsmålene flere gange og kommer til sidst frem til et endeligt svar. Herefter begynder eleverne at tegne A^{\heartsuit}_2 . Dette er et eksempel på, at modellering kan benyttes som værktøj for at hjælpe elever med at inddrage teoretisk viden, når de udarbejder forsøgsdesign.

Der udarbejdes ligeledes et spørgsmålstræ for X_1 's samtale i modul 5.2, figur 30. Ud fra antallet af stiplede linjer fremgår det, at eleverne ikke længere cirkler frem og tilbage mellem forskellige spørgsmål. Det tyder på, at eleverne nu har assimileret ny viden og ikke længere har behov for at genbesøge tidligere besvarede spørgsmål for at kunne besvare nye spørgsmål. Det fremgår ligeledes af spørgsmålstræet, at eleverne i modul 5.2 hovedsagelig arbejder med deres modelleringsaktivitet ud fra antallet af modelleringsspørgsmål i figur 30.



Figur 30. Spørgsmålstræ for X_1 modul 5.2. Spørgsmål omhandlende forsøgsdesign er markeret med blå, teoretisk viden er markeret med grønt og modelleringsspørgsmål er angivet med rødt. Spørgsmål som er besvaret med hjælp fra en underviser, er markeret med lilla cirkel med et Y i. En større version af spørgsmålstræet kan ses på bilag 9.

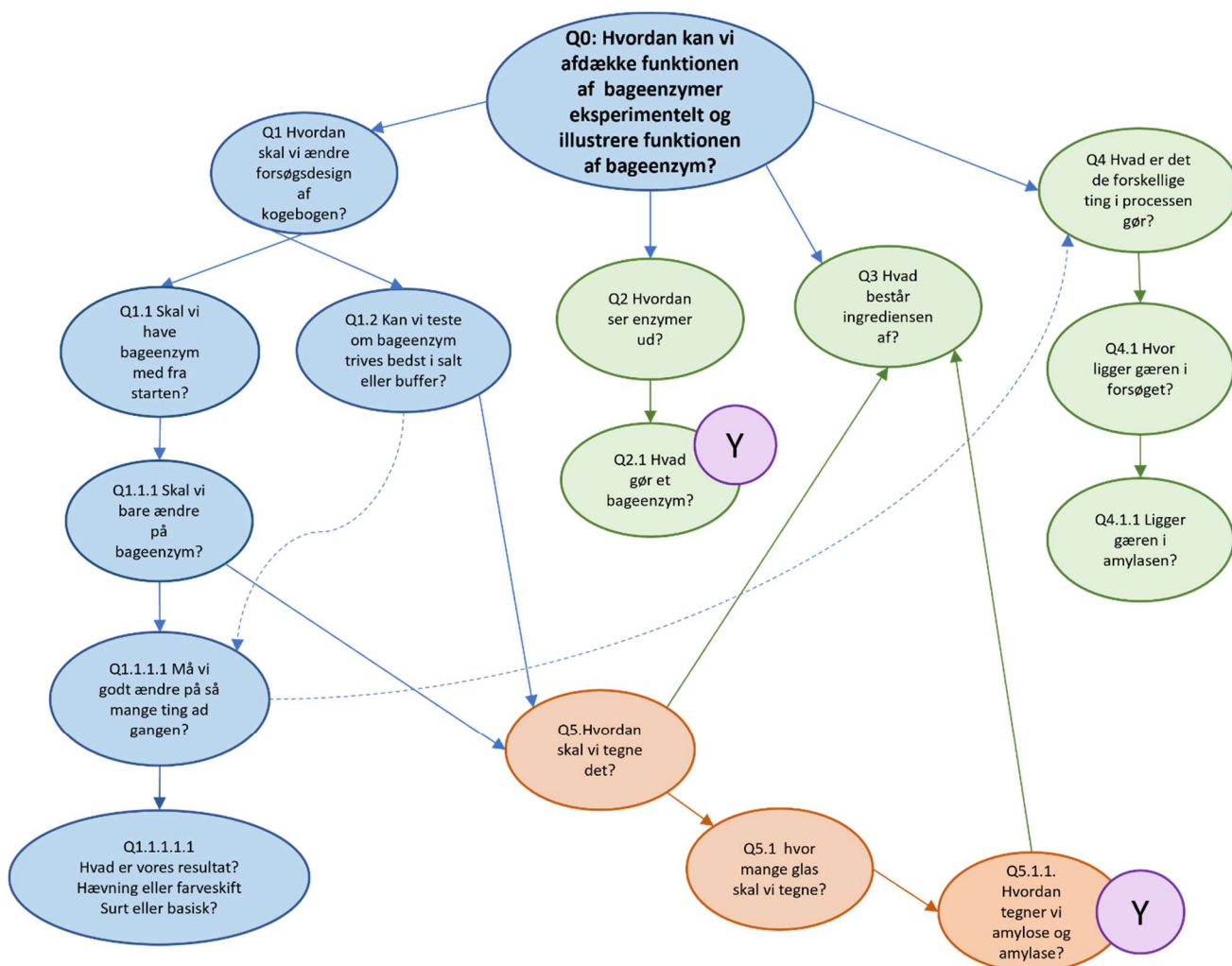
En sammenligning af spørgsmålstræet i figur 30 og spørgsmålstræet udviklet i forbindelse med a priori analysen (figur 14) viser, at X_1 udfolder modelleringsarbejdet i langt større grad end forventet. De arbejder detaljeorienteret med hver faktor i deres model, når de tilgår eventuelle fejl designs. Figuren viser også, at X_1 ofte søger A^\diamond hos Y med udgangspunkt i deres A^\heartsuit .

SFF-analyse gruppe 4 modul 2.2 og 5.2

I figur 31 ses en SFF-analyse for X_4 i modul 2.2. I modsætning til X_1 , lykkes det ikke X_4 at besvare deres egne Q_i og der kan ikke konstrueres et tilsvarende træ med alle svarene til elevernes spørgsmål. Eleverne søger heller ikke efter svar hverken i A^\diamond , W_1 eller hos Y . Det fremgår fra træet, at eleverne til at begynde med stiller nogle ret relevante spørgsmål, men de kommer ikke længere end til, at stille spørgsmål og beslutte sig for Q1.1.1 (*skal vi bare ændre på bageenzym?*) og Q1.2 (*kan vi teste om bageenzym trives bedst i salt eller buffer?*). Ud fra de to beslutninger begynder X_4 arbejdet med A^\heartsuit . Arbejdet med modellen får X_4 til at stille spørgsmål til A^\diamond , som de enten har

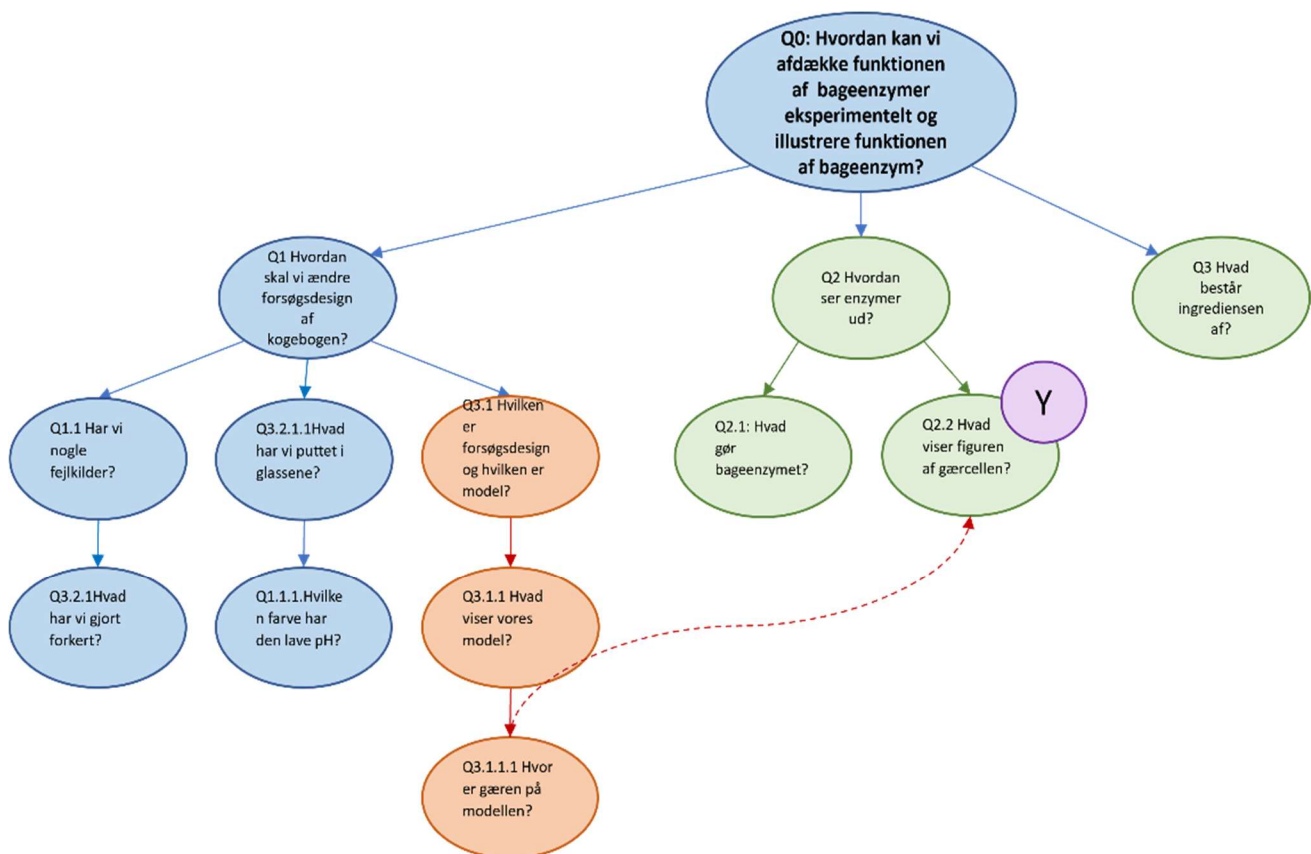
arbejdet med i modul 1 eller i et tidligere forløb. Eleverne kan ikke genkalde sig A^\diamond , søger den ikke og kommer derfor ikke i mål med A^\heartsuit_2 .

En sammenligning af spørgsmålstræet i figur 31 og spørgsmålstræet udviklet i forbindelse med a priori analysen (figur 14) viser, at X_4 stiller nogle af de spørgsmål, som var forventet, såsom: Q1.1 (*Hvornår skal vi tilsætte bageenzym?*) og Q1.1.1 (*Hvor meget enzym skal vi tilsætte?*). X_4 ved altså hvordan de skal komme i gang med opgaven, men går i stå, når de skal benytte og søge A^\diamond . De stiller kun få spørgsmål af teoretisk karakter og dem besvarer de ikke og som følge deraf går gruppearbejdet i stå. Analysen af elevernes samtale og spørgsmålstræet viser, at det ikke lykkes at få eleverne til at benytte modelleringsøvelsen til at besvare Q_i og arbejde med A^\heartsuit_2 . Af den grund ses der kun et fåtal af stiplede linjer i spørgsmålstræet i figur 31 og modelleringsøvelsen virker ikke som et bindeled mellem teori og empiri i X_4 .



Figur 31. Spørgsmålstræ for X_4 modul 2.2. Spørgsmål omhandlende forsøgsdesign er markeret med blå, teoretisk viden er markeret med grønt og modellerings spørgsmål er angivet med rødt. Spørgsmål som er besvaret med hjælp fra en underviser, er markeret med Y i lilla cirkel.

En SFF-analyse af X_4 i modul 5.2 (figur 32) viser, at X_4 gennem udførelse af W_2 ikke er kommet længere med at koble A^\diamond og D. Eleverne samtaler stort set ikke om opgaven og de spørgsmål, som de stiller hinanden, har samme karakter, som spørgsmålene i modul 2.2. Der er altså ikke sket nogen udvikling af elevernes evner til at koble A^\diamond sammen med D. Det ses ud fra antallet af Q_i og antal stiplede linjer på spørgsmålstræet. Svaret på hvad der er gået galt for X_4 , kan måske findes ved at inddrage teorien om den didaktiske kontrakt.



Figur 32. Spørgsmålstræ for X_4 modul 5.2. Spørgsmål omhandlende forsøgsdesign er markeret med blå, teoretisk viden er markeret med grønt og modellerings spørgsmål er angivet med rødt. Spørgsmål som er besvaret med hjælp fra en underviser, er markeret med Y i lilla cirkel.

Den didaktiske kontrakt

Af Charlotte Puge

Det er nok ikke usædvanligt, at der, uanset hvor godt tilrettelagt undervisningen er, vil være nogle elever som ikke umiddelbart har forudsætningerne for at engagere sig i de relevante aktiviteter.

I dette SFF er der klare intentioner om hvilken viden eleverne skal tilegne sig (se a priori analysen s. 4040). Forløbet er tilrettelagt med et ønske om, at eleverne kan bruge deres viden i situationer som er nye for dem. Derfor har læreren tilrettelagt undervisningen således, at der opstår situationer og opgaver, som kan skabe grundlag for elev-aktiviteter, som er relevante for den pågældende tilegnelse af den pågældende viden.

Som omtalt i afsnitte ”didaktisk kontrakt” er begrundelsen for at lave et SFF, et ønske om at designe didaktiske og adidaktiske situationer og bryde med den sædvanlige didaktiske kontrakt. Derfor er det interessant at kigge nærmere på enkelte situationer hvor det enten lykkedes eller fejler.

I modul 2.2 opstod en dialog, om hvorvidt de var lykkedes med at lave lektien, nemlig at tegne en model over kagebogen (W_1). Se uddrag af dialog på figur 33.

| Gruppe 1: | Gruppe 4: |
|--|--|
| <i>X_{1E}: Altså er det tegningen af bagedysten?</i> | <i>X_{4F}: Forstår du det her forsøg?</i> |
| <i>X_{1B}: Jeg forstod det ikke rigtig. Jeg tegnede bare sådan en masse bægerglas.</i> | <i>X_{4H}: Nej og det er fordi jeg ikke forstår hvordan man kan se om det ændrer sig og jeg ved ikke hvad casein er?...Stop G!</i> |
| <i>X_{1E}: Men er det der? Det er noget I fik sidste gang altså?</i> | (G kilder vist H) |
| <i>X_{1B}: Nej, Jeg var der ikke, men der lå noget på modulet.</i> | <i>X_{4F}: Der er noget med varme</i> |
| <i>X_{1E}: Jamen hvorfor? Hvad er det? Nåh er det den der? Jeg kan se, at det er noget. Jeg har altså ikke tegnet nogen, fordi jeg troede, at det var en altså fysisk forsøgsvejledning I fik sidste gang.</i> | De læser op fra kagebogen. |
| <i>X_{1B}: Altså jeg tror heller ikke, at jeg har tegnet det rigtigt. Jeg bare tegnet en masse bægerglas med vand i. Var det meningen af vi skulle tegne molekylebindinger... Jeg forstod det ikke.</i> | <i>X_{4F}: Jeg forstod ikke hvordan vi skal tegne det?</i> |

Figur 33: Uddrag af dialog i X_1 og X_4 .

I eksemplet ses det, at eleverne har problemer med at tegne en model over forsøget. Dermed kommer de til at bryde handlings-fasen af spillet (se figur 9). Eleverne skulle her udføre den konkrete handling at tegne dele af forsøget. Hermed ville de konstruere de første nye brikker. Deres første udkast ville nok ikke være perfekt, men med lærerens ”organisering” og ”spørgen” (i handlingsfasen) kunne der øges hjælp til at de kunne præcisere miljøet. Som det fremgår, kan de ikke honorere de krav, der stilles til dem i denne opgave. Et bud på hvorfor eleverne ikke laver lektierne, kan være at de ikke magter opgaven eller ikke forventer at skulle blive gjort ansvarlige for den. Læreren har med andre ord designet et miljø (især i devoleringsfasen), som ikke gav mulighed for, at eleverne kunne tilegne sig den ønskede viden. Men samtidig ønsker vi netop ikke, at opnå den uheldige topazeffekt, hvor opgaven bliver så udvandet, at eleverne mister muligheden for at

opbygge A^\diamond . Hvad er så vores handlemuligheder? Set i bagklogskabens lys, kunne man have bestemt sig for at udlevere små tegninger som inspiration til at komme i gang med at tegne. En anden tilgang kunne være at sætte et ekstra krav til eleverne, nemlig at de enkelte tegninger ville blive evalueret med point eller karakterer. På den måde ville man aktivere de præstations-orienteret elever og overholde noget mere af den didaktiske kontrakt. Men det kan også føre til, at elever som ikke magtede opgaven hjemmefra, ville vælge ikke at møde ind til modulet.

I sidste halvdel af modul 2.2 arbejder X_4 med at udarbejde A^\heartsuit_2 . Her arbejder eleverne med selv at finde en teknik, som kan løse Q_0 . Men for at de kan det, skal de finde og udvikle A^\diamond . Det går ikke så nemt for gruppen og som det omtales i ”herbatiansk skemaanalyse af modul 2.2 gruppe X_4 ”, får de ofte besøg af Y , som forsøger at hjælpe dem uden stor succes. Den situation kan også tolkes ud fra den didaktiske kontrakt. Se dialogen på figur 19. Her forsøger Y , med en udfordrende dialog, at bryde kontrakten så den uønskede Topazeeffekten ikke opstår. Den kunne have ført til, at Y ville have reduceret opgavens krav, f.eks. ved at give dem svarene som ren foræring. I stedet stiller Y ledende spørgsmål som forsøger at guide X_4 så de genkalder sig gammel A^\diamond og via W opnår ny A_i^\diamond . Desværre bliver resultatet ikke som ønsket. Nok får de produceret et A^\heartsuit_3 (se figur 21B). Men det er slet ikke på samme niveau som X_1 . Det kan undre ud fra teorien om den didaktiske kontrakt, i-og-med at begge hold har været udsat for det samme brud på kontrakten som ønsket i SFF.

Forklaringen skal nok findes i de enkelte elevers erfaringer med den klassiske kontrakt. X_4 eleverne har formentlig alle forventet at M ville være, som de har erfaring med fra tidligere (biologi-) undervisningssituationer. Derfor kan man ikke umiddelbart forvente, at de i denne sammenhæng skulle føle den stor tilskyndelse til selv at være undersøgende, eksperimenterende og hypotesedannende i deres forsøg på at forbinde praxis og logos ved at arbejde med teknikken. Og dette er måske forståeligt nok. Sådanne opfattelser, kan man formentlig kun forvente vil blive ændret igennem en længere proces. Dog glæder vi os over at se, at det lykkedes noget bedre i X_1 , som når i mål med en flot A^\heartsuit_3 efter flere lange dialoger både internt i gruppen men også med Y .

I modul 5.2 ser vi et eksempel på Topazeeffekten (se afsnit ”den didaktiske kontrakt” s. 24). Y_2 forærer dem nemlig svaret. Se uddrag af dialogen under ”Herbatiansk skemaanalyse af modul 5.2 gruppe X_1 ” og figur 24.

Eleverne erkender selv, at de har fået et svar forærende, men de forfølger det ikke i udarbejdelsen af A^\heartsuit_4 . Det kan skyldes, at det ikke er deres egen logos (og koblingen mellem teori og teknologi) der aktiveres. Tolkningen i forhold til den didaktiske kontrakt er her, at det faktisk er Y som bryder den, og derved ødelægger X_4 mulighed for selv at finde A^\heartsuit_4 . En forklaring på, at de misser denne pointe

kan også være, at det didaktiske miljø bliver udfordret af, at der kort efter dialogen, kommer en ny opgave, nemlig A⁵ som eleverne bliver mere optaget af. At denne situation opstår, er et tegn på at underviseren ikke har modificeret miljøet, så eleven får muligheden og tiden til at løse opgaven i det egnede tempo.

I det hele taget er X₄ udfordret af SFF og vi ser derfor også et eksempel på at jourdaineffekten kommer til udtryk. Men den er også i spil hos X₁ som egentlig arbejder eksemplarisk i SFF. Se følgende to dialoger fra modul 2.2 i figur 34.

| Gruppe 1: | Gruppe 4: |
|---|---|
| Y ₁ underviser om at gentage forsøg. Y ₁ kommenterer, at gruppen ikke viser hvad amylase laver. | Y ₁ : <i>Hvor tester I bage-enzymet?...altså hvad kan bage-enzymet?</i> |
| X _{1B} : <i>Den nedbryder sukker/kæder</i> | X _{F1} : <i>Det kan løfte brødet</i> |
| Y ₁ : <i>Hvad definerer du som sukker?</i> | Y ₁ : <i>Men vi skal zoome mere ind.</i> |
| X _{1B} : <i>Glukose nej kæder</i> | X _{G1} : <i>Det går ind og piller ved substraterne...</i> |
| Y ₁ : <i>Det har I ikke rigtigt givet den endnu...</i> | Y ₁ : <i>Brug lige nogle af de ord som står der.</i> |
| X _{1B} : <i>Hvordan vil du have, at vi tilsætter kæder</i> | X _{F1} : <i>jeg kan ikke huske hvad de forskellige enzymer gør. Nogle enzymer opløser fedten andre hjælper med at give noget mere sukker til gæren.</i> |
| Y ₁ : <i>Ja det er jo det, prøv at undersøge hvor der findes kæder</i> | Y ₁ : <i>Hvordan gør det det?</i> |
| X _{1B} : <i>I noget vi tilsætter...Er der kæder i det (peger på bage-enzym posen)</i> | X _{G1} : <i>Ved at pille ved kulhydraterne.</i> |
| Y ₁ : <i>Nej, det er bageenzymet</i> | Y ₁ : <i>ja, og prøv at skitsere det. Hvordan var det med kulhydrat og sukker til gæren og hvad gør bageenzym?</i> |
| X _{1B} : <i>Og det er amylase?</i> | Y forlader gruppen |
| Y ₁ : <i>Prøv at læse bagpå</i> | X _{G1} : <i>jeg kan ikke tegne det,</i> |
| X _{1B} : <i>Ja ok, der er amylase i det her. Så ved at tilsætte det her så bliver kæderne nedbrudt.</i> | X _{F1} : <i>- og hvorfor kan hun ikke bare sige det? Nu skal vi finde ud af hvad vi skal gøre</i> |
| | X _{G1} : <i>Vil du knække min ryg?</i> |

Figur 34: Uddrag af dialog i X₁ og X₄.

Dialogen i X₁ viser bla. at læreren prøver at få et indblik i om eleverne kan skelne mellem de forskellige typer af kulhydrater og om eleverne har helt styr på hvilken rolle amylase spiller. Læreren prøver ligeledes at få eleverne til at finde A⁰ selv, i stedet for at forære dem det. Denne gruppe interagerer med læreren og forsøger at svare på de stillede spørgsmål. De overholder den didaktiske kontrakt med en anelse af den uønskede jourdaineffekt. Da vores ønske med SFF, er at de skal bryde kontrakten, så er det spændende moment, om eleverne faktisk går videre med opgaven efter at læreren har forladt gruppen. Og det gør de faktisk! Så jourdaineffekten slog ikke for alvor igennem her.

Dialogen i X₄ på figur 34 viser, at læreren prøver at guide eleverne hen mod at bruge de korrekte fagbegreber og på at forstå hvilke mekanismer, der sker i teknologien så de kan udarbejde W₂. I

dialogen med Y går det ikke særlig godt med brugen af fagbegreberne, så læreren prøver at få eleverne til at præcisere deres sprog. Læreren vil ikke forære pointerne, men lægger op til at eleverne selv skal finde løsningen på spørgsmålet. Da læreren forlader gruppen, kan man høre, at de giver op, og egentlig bare gerne vil have svaret forærende. De mister også interessen for opgaven og begynder at snakke om noget andet.

Ifølge Dewey er der en tæt forbindelse mellem følelsesmæssige omstændigheder og muligheden for at udvikle reflekterende virksomhed (logos). I dialogen med de andre gruppemedlemmer var X_4 ofte ret afvisende eller ignorerende over for spørgsmål og undren, og det gik ud over besvarelsen af Q_i . De kunne ikke regne med hinandens hjælp eller de var i tvivl om kvaliteten af deres kammeraters A_i^\diamond . Det modsatte var tilfældet i X_1 . Her var en fin og inkluderende dialog. Alles input blev accepteret og besvaret, så godt de kunne.

Vores design i SFF kan etablere en kontekst hvor der er et grundlag for at eleverne kan udvikle logos og en reflekterende praksis. Det er imidlertid vigtigt at understrege, at selvom vi forsøger at genforhandle den didaktiske kontrakt, så er vores aktion stadig underlagt de rammer som den udstikker. Analysen af elevernes dialog har da også vist, at lærerens indgriben og udfordrende dialog med eleverne under deres virksomhed er af stor betydning. Y skal altså både være facilitator for de X'er som har brug for små håndsregninger, men også agere starthjælper og indpisker for de X'er som finde M for uvant. Det er med andre ord gennem dialogen med og imellem eleverne under deres arbejde, at den didaktiske kontrakt lejlighedsvis kan overskrides. Der skal nogle gentagelser til før genforhandlingen om den didaktiske kontrakt er helt på plads. Resultaterne viser nemlig, at for flertallet af eleverne, med passende støtte fra dialogen med gruppemedlemmer og med læreren, så er det faktisk muligt at udvikle en virksomhed, hvor de selv opdager, formulere og beviser logos, i dette tilfælde; bageenzymets effekt på gæring.

Summativ evaluering af produktet.

Af Charlotte Puge

Eleverne har som afrunding på forløbet afleveret en film (A^\heartsuit_5). Den er blevet summativt evalueret ud fra SOLO taksonomien præsenteret i bilag 2. Hvis det er blevet vurderet, at et niveau er blevet opnået ved at omtale det eksplicit eller implicit, har det udløst et kryds. På den måde er det muligt at se, hvilke taksonomiske niveauer elevernes kompetencer er på og hvor højt de når på "farvebarometeret" se figur 35. Karakteren blev givet ud fra vejledende karakterbeskrivelser

(undervisningsministeriet, 2024). Det er ikke eksakt videnskab og derfor er disse vurderinger på et middel niveau hvad angår validitet. Derfor er det interessant at bruge den herbartianske skema-analyse for at få lidt mere indsigt i, hvorledes eleverne arbejdede med SOLO niveauerne og sammenligne det med, i hvilken grad det lykkedes dem at koble teori og teknologi i løbet af SFF. Hypotesen er, at jo mere eleverne udvikler og bruger deres know-why (logos), jo højere taksonomisk niveau vil de nå via deres know-how og praksis, og komme i mål med at kunne besvare Q₀.

| Elevernes aktiviteter | X ₁ A | X _{1B} | X _{1C} | X _{1D} | X _{1E} | X _{1F} | X _{1G} | X _{1H} | X _{1I} | |
|--|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| Eleverne ved at gær er en levende organisme som kan udføre gæring hvor glukose bla omsættes til CO ₂ . | X | X | X | X | ? | X | ? | X | X | Unistrukturel |
| De ved at en indikator viser hvilken pH en opløsning har | ? | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| De ved at bagezymer indeholder amylase og, at amylase kan nedbryde amylose til maltose. | X | X | X | X | X | X | ? | ? | X | |
| Eleverne forstår, at dannelsen af CO ₂ vil sænke pH i opløsningen | ? | X | X | X | | X | ? | X | X | |
| De kan redegøre for at der findes forskellige typer af kulhydrater. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Eleverne kan tegne en model som viser processerne og mulige faktorer som påvirker den. | X | | | | | | | | X | Multistrukturel |
| Under selve forsøget kan de håndtere materialer, der skal benyttes til det praktiske arbejde og kan fremstille alginatkugler og blande opløsninger i de planlagte mængder. | X | X | X | X | X | ? | | | | |
| Eleverne finder frem til at forskellen i farve "før" og "efter", kan forklares ud fra flere parametre: temp., konc, antal alginatkugler, tid, type af kulhydrat. | | X | | X | | X | | | X | Devis relational |
| Eleverne kan sammenligne deres forsøgsresultater med de fremstillede modeller og deres forsøgsdesign. De finder fejlkilder og eksperiment fejl som har påvirket deres resultater | | | | X | | | | | | Relationel |
| Eleverne diskuterer modellen og designets muligheder og kommer med forslag til forbedringer. | | X | | | | X | | | | Abstrakt |
| De overvejer desuden hvorvidt bage-enzym har en økonomisk/klimavenlig effekt i industriel/privat produktion af luftigt brød | | | | | | | | | | |
| Summativ karakter efter læreren har bedømt filmen | 02 | 10 | 4 | 10 | 4 | 10 | 02 | 4 | 7 | |

Figur 35: Voteringen af det endelige produkt, nemlig elevernes film. De afleverede individuelt og har også fået individuelle vurderinger og karakter. Jo flere krydser jo flere af de taksonomiske niveauer er nået og hvis der er krydser i de mørkere felter, så vejer de tungere (i en positiv retning) i karaktergivningen end krydserne i de lysere felter. Voteringen er foretaget af Charlotte Puge.

Evaluering af eksperimentelle kompetencer, som det er observeret i SFF

Af Charlotte Puge

Vores analyse ved brug af det Herbartianske skema afslører, ud over hvilke redskaber de bruger og i hvor høj grad de får hjælp af læreren også hvilke kompetencer de udvikler i løbet af praksislogien. Derfor vil der her kort gives eksempler på, hvor vi kan følge udvalgte elevers progression eller mangel på samme, og hvordan det hænger sammen med deres summative evaluering.

Gruppe 1:

I modul 2.2 hos X_1 (se figur 16) viser det sig, at de knapt er på det unistrukturelle niveau i-og-med de ikke havde en forståelse for f.eks. at bage-enzym indeholder amylase og at CO_2 vil sænke pH i opløsningen. Men dialogen i figur 16, viser at X_{1C} og X_{1B} bevæger sig opad mod det multistrukturelle niveau bla fordi de opdager at amylase kan spalte amylose. I slutningen af modulet opstår den interessante samtale om, hvorvidt det er afgørende om volumen skal være konstant i alle glassene. Det argumenterer for, at de nærmer sig det "delvis relationelle" niveau, fordi de bliver bevidste om at volumen og dermed koncentrationen kan påvirke resultatet. Det forklarer nok, hvorfor X_{1B} 's summative evaluering bliver så høj (10). Det forklarer ikke hvorfor X_{1D} når op på de højere niveauer, nu hvor vedkommende ikke deltog i dette modul. Men X_{1D} (og X_{1B}) deltog til gengæld som de eneste fra X_1 i modul 5.2. som omtalt tidligere (se dialog på figur 25) formår de to at få en dialog i gang hvor de virkelig får kombineret A^\diamond og A^\heartsuit_2 (se figur 20 A). Modellen viser, at de har fået forståelse for at pH vil ændre sig afhængig af CO_2 mængden og substratets kvalitet. Det passer meget godt med, at de når hhv. det delvis relationelle og relationelle niveau. At X_{1C} kompetencer summativt vurderes til 4, vil der være en diskussion af i afsnittet "SOLO og evaluering af elevernes læring" s.88.

X_1 arbejder konsekvent med den samme hypotese og design af forsøget igennem hele forløbet. Det tyder på, at eleverne i gruppen har en grundlæggende forståelse for at designet i et eksperiment skal være gennemtænkt og velovervejet. De har også et fornuftigt design i forhold til at teste bage-enzymets påvirkning af gæringsprocessen. Man ser det f.eks. i designet af glas 1 og 4 på figur 21.A (A^\heartsuit_3 i modul 5.2) hvor den eneste forskel er tilsættelsen af bageenzym. De forventer, rimeligt nok, at der ikke vil ske nogen gæring i glas 4, fordi de lange stivelseskedder ikke kan nedbrydes uden bageenzymets tilstedeværelse. De skriver "lille/ingen forandring over glas 4". Der er ingen forklaring på hvorfor de tror på en "lille" ændring. Men det lyder rimeligt, at noget af den tilsatte "stivelses blanding" kan bestå af ødelagte polysakkarider, så der kan være løsrevet mono- og disakkarider i opløsningen. Men det skriver eleverne ikke eksplicit, så man kan nok ikke forvente,

at det er denne refleksion der ligger til grund for deres hypotese. Deres evne til at tolke og analysere data vurderes at være på et relationelt niveau. X_D får faktisk medtaget det i A^{\heartsuit}_5 imens X_B ikke får det demonstreret i filmen. Til gengæld når X_B det abstrakte niveau og får dermed samme karakter (10) som X_D .

Gruppe 4:

I modul 2.2 hos X_4 (se s. 52) viser det sig, at de tre elever (X_{4F} , X_{4G} og X_{4H}), ligesom X_1 har svært ved at komme i gang med at bruge fagtermer og A^{\diamond} . Men modsat X_1 , så har de næsten opgivet at komme videre og det er kun når Y besøger gruppen at de kommer i gang med at arbejde på de unistrukturelle niveauer. Det er først efter plenum-gennemgangen de kommer en smule i gang med W_2 , men de oparbejder ikke et reelt fagsprog om emnet. Deres A^{\heartsuit}_2 indeholder ikke ”processer” eller angivelse af hvilken rolle CO_2 spiller i resultatet. Derfor når de i modul 2.2 kun lige akkurat at være på det unistrukturelle niveau.

I modul 5.2 skal X_4 aflæse resultater og udarbejde et A^{\heartsuit}_4 på baggrund af D . Der er mødt tre elever op; X_{4F} , X_{4G} og X_{4I} . De starter med at erkende, at de ikke kan huske hvordan de udførte forsøget. W_{4F} deltog ikke, så det er W_{4I} og X_{4G} som prøver, at forklare at de ikke brugte opskriften som X_{4F} havde været med til at designe, og at de i øvrigt også havde glemt at lave en kontrol. Der er så meget kaos, at de ikke får brugt deres A^{\diamond} (se dialogen på figur 28) og dermed hæver de ikke niveauet fra unistruktur til multistruktur eller videre i SOLO taksonomien i dette modul. Derfor kan det vække undring at elev X_{4F} , som ikke var med til forsøget (og som derfor ikke demonstrere at kunne koble knowhow med know-why i modul 5.2) alligevel præstere så godt i A^{\heartsuit}_5 . Forklaringen skal nok findes i, at X_{4F} har stået for meget af dialogen med Y og på den måde har X_{4F} fået valideret, trænet og afprøvet noget A^{\diamond} uafhængig af resten af gruppens teknologi.

Når man gennemgår X_4 'ers dagbog i OneNote så fremgår det, at gruppen ikke arbejder systematisk med at opstille et kontrolleret eksperiment. De har altså ikke de procedurale evner til at identificere og kontrollere de relevante variabler. F.eks. ser man, at de ikke har forståelse for at opløsningen bliver fortyndet, når der tilsættes hhv. 5, 10, 15 og 20 mL bageenzym i glassene og glassene derfor kommer til at fortynde koncentrationen af stivelse og glukose. De har dog forstået, at temperaturen er en vigtig variabel og derfor designer de to parallelle forsøg som skal undersøge temperaturens påvirkning på enzymets effektivitet. Problemet er bare, at de ikke er opmærksomme på, at når de tilsætter glukosen v. 37 grader og ikke ved de 20 grader, så vil de ikke kunne påvise om det er temperaturen eller suktermængden der er afgørende for gæringen og det forventede farveskift i indikatoren. Desuden ses det på deres W_2 , at de ikke kan bruge deres erfaringer fra det foregående

modul, da de skal udføre forsøget. De mangler altså kompetencen som kræves på det delvis relationelle niveau. Det lykkedes elev X_{4F} at få formuleret en fornuftig hypotese i A^{\heartsuit}_5 (efter forsøget er udført og uafhængig af de andre i gruppen) nemlig:

Hypotese 1: Glas 1, 2, 3 og 4 vil have den laveste pH-værdi, fordi gærcellernes energiomsætning er højere ved 37 grader end ved 20 grader, og dermed vil farven i glasset være gullig.

Billeder og tekst fra deres "dagbog"

Dagbog:

- Forsøget går ud på at teste bageenzymets funktion og illustrere funktionen af bageenzym.
- Vi putter 9 ml saltopløsning og 1 ml glucoseopløsning.
- Vi har lavet alginatkugler som vi putter 20 i hvert glas.
- Derudover tilføjer vi stivelse (1 ml) samt bageenzym (1 ml) i alle otte glas.
- Halvdelen af glassene er med saltopløsning og den anden halvdel er med fosfatbuffer.

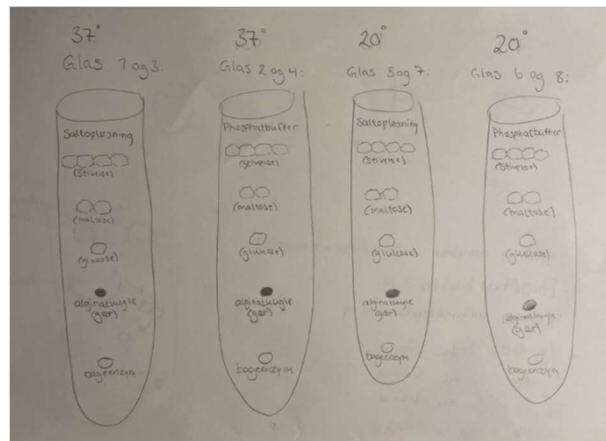
Dette viser at gruppen ikke har genbesøgt deres design fra modul 2.2. De starter "forfra" i modul 3 uden at bruge deres viden/design.

Dette viser at gruppen ikke har overblik over designet og hvilke parametre der skal varieres på. Dette stammer fra deres fælles arbejdsområde i one-note. Men det er ikke det forsøg de udfører!

| | Glas 1 | Glas 2 | Glas 3 | Glas 4 | Glas 5 | Glas 6 | Glas 7 | Glas 8 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fosfatbuffer | 9ml | 9ml | 9ml | 9ml | 9ml | 9ml | 9ml | 9ml |
| Glucoseopløsning | | | | | 1ml | 1ml | 1ml | 1ml |
| Bageenzym (amylase) | 5ml | 10ml | 15ml | 20ml | 5ml | 10ml | 15ml | 20ml |
| Alginatkugler | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Stivelse | 5ml | 5ml | 5ml | 5ml | 5ml | 5ml | 5ml | 5ml |
| Temperatur (grader) | 20 | 20 | 20 | 20 | 37 | 37 | 37 | 37 |
| Volume | 19ml | 24ml | 29ml | 34ml | 20ml | 25ml | 30ml | 35ml |

Figur 36: Viser at X_4 havde et fornuftigt design i modul 2.2, som de ikke bruger i modul 3+4 da de skal udføre forsøget. Måske skyldes det at X_{4F} ikke er til stede i modul 3+4, og derfor ved ingen hvad der skal ske.

Dette er ledsaget af en model som egentlig ikke er særlig god og befinder sig på "eleven kan redegøre for at der findes forskellige typer af kulhydrater" og ikke på det næste niveau: "eleven kan tegne en model som viser processer og...". Den lever ikke op til "modellen skal kunne vise forskellen på før og efter farven", men det får X_{4F} forklaret i sin mundtlige fremlæggelse og her er der også forslag til forbedringer. Derfor vurderes det alligevel, at kompetencen er på det abstrakte niveau, med nogle huller i delvis- og multistrukturelle niveauer.



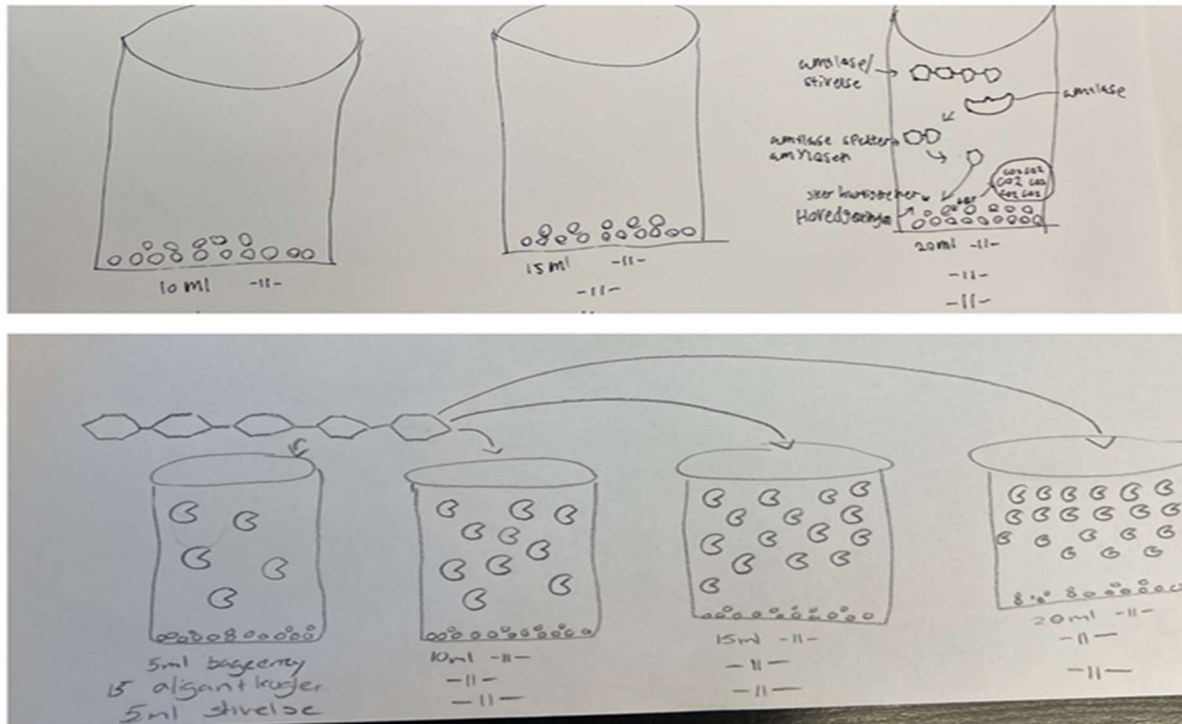
Figur 37. Model fra X_{4F} film. Modellen viser udgangspunktet i forsøget men ikke noget om hypotesen, processer og forklaringen på de forventede resultater.

Det fremgår af X_{4G} 's videoaflevering, at der ikke er forståelse for hvilke parametre der påvirker resultatet i forsøgsopstillingen. Her konkluderes nemlig; at fordi der er sat glukose i alle otte glas, så bliver amylosen ikke optaget. Derfor vil der ikke komme det forventet farveskift (hvilket ikke er korrekt, da glukosen bør føre til farveskift uanset tilstedeværelsen af andre kulhydrater).

X_{4G} 's kompetencer vurderes derfor at være på et unistrukturelt niveau og det passer meget godt med den dialog vi ser i figur 28. X_{4G} er i dialog med X_{4F} uden at de rigtig kan bruge hinandens A_i 'er og Q_i 'er til noget.

Desuden ser det ikke ud til, at der er overensstemmelse mellem deres forsøgsdesign og deres udførelse af forsøget. Der skulle nemlig være dobbelt så meget (34 ml) i glas otte i forhold til glas 1 (10 mL). Og det kan man ikke se på billederne.

Der er altså ikke en helt tydelig sammenhæng mellem elevernes adfærd under forløbet og i koblingen mellem teori og teknologi, som kan forudsiges eller findes i det taksonomiske niveau som deres endelige produkt bliver vurderet til. Årsagen hertil vil blive diskuteret i afsnittet "SOLO og evaluering elevernes læring" s. 88.



Figur 38. På figuren fremgår det, at der hos X_{41} er en forståelse af, at ved at tilsætte større volumen af bage-enzym så vil der komme flere enzymer i prøven. Men der er ingen vurdering af hvordan det vil påvirke det samlede volumen og det endelige resultat.

Diskussion

Kogebogens plads i science-undervisningen

Af Charlotte Puge

I dette studie er vi nysgerrige på om den klassiske kogebog kan bruges i forbindelse med undersøgelsesbaseret tilgang til undervisningen i biologi. Det mener vi, at vores studie viser at den godt kan. Som omtalt i den indledende analyse, har det eksperimentelle arbejde været en udfordring i gymnasiet i snart to århundrede. Det har været igennem forskellige læringssyn og udsat for forskellige elevtyper og transpositionsprocesser, som naturligvis har ændret sig i takt med at samfundet og andre medbestemmelsesniveauer igennem historien har ændret krav og ønsker til studenternes evner. Desuden har de tidligere induktive ideer om videnskab, hvor læring udsprang af rene observationer og uden relationer til teori, også vist sig at være forkerte en række gange (Jacobsen L. B., 2010). I dag er vores tilgang til læring mest præget af de holistiske og konstruktivistiske teorier. Det understøtter at vores diverse elevgrupper, bliver trænet i kompetencer

som kan løse opgaver som er komplekse og tværfaglige. De bliver gjort almindelige og samtidig studieparate. Det er netop formålet med Biologi B (og de andre fag i gymnasiet) jvf læreplanerne.

Men hvad laver de deduktive kogeboogsforsøg så i science-undervisningen i dag? Det kræves, som omtalt, i alle sciencefagene, at 20% af undervisningen skal tilrettelægges så eleverne kan arbejde eksperimentelt. Et argument kan være, at de er tidsbesparende, kræver mindre udstyr og er mere overskuelige (også sikkerhedsmæssigt) for lærerne at anvende. Et andet argument kan have rod i den tradition for didaktisk transposition som lærebøger, kolleger og de andre medbestemmelsesniveauer pålægger didaktikken i sciencefagene. Det tredje argument er, at den didaktiske kontrakt er meget svær at overholde, når det eksperimentelle arbejde er tilrettelagt induktivt. Her er både læreren og eleven på udebane, og det gør at stilladseringsprocessen bliver mere uklar og må tilrettelægges ad-hoc.

Men hvorfor så ikke bare bruge kogebooger, når der arbejdes eksperimentelt? Som der, i de indledende afsnit, er redegjort for, så viser utallige undersøgelser, at hvis eleverne slippes løs med en kogeboogs-opskrift i et laboratorie, så lykkedes de måske med at få de ønskede resultater, men de mangler koblingen mellem teori og empiri. Det kan i bedste fald føre til, at de får trænet nogle procedurale evner, jvf. Jacobsens model for eksperimentelle problemløsningskompetencer (Jacobsen L. B., 2008). Der opstår desværre sjældent den intenderet læring. Abrahams og Millar (2008) oplevede ligeledes, at der var en ringe sammenhæng mellem elevernes ”minds-on” og ”hands-on”.

For at imødegå de to poler har vi derfor været opmærksomme på, at indsnævre frihedsgraderne inden for vores forløb, som læner sig op ad UBNU (som vist på figur 11). I præsentationen af kogebogen i vores studie, får eleverne nogle faste retningslinjer og data fra øvelsen. De får desuden serveret evidens (i form af foto af resultater) for forsøget. Men som Chevallard (2006) påpeger, så vil en decideret UBNU-tilgang ofte fejle, fordi der ingen modeller er til at inspirere elevernes ”minds-on”.

Derfor har vi, med udgangspunkt i SFF, Osbornes og Deweys (Osborne, 2015) (Svabo & Borch, 2020) anbefalinger, været optaget af, at inddrage modellering sammen med den klassiske kogeboog i en konstruktivistiske tilgang til undervisningen.

Elevernes egne ideer er blevet identificeret i modul 2.1 og 2.2. Her har de fået mulighed for at opsøge deres egen viden og via modeller og modellering har de arbejdet med hvilken effekt temperaturen eller substratkoncentrationen har på enzymets effektivitet. Dernæst har vi skabt

muligheder for, at eleverne kan undersøge og teste deres egne ideer. Vores ”type of task” og en del af elevernes ”teknik” udfordrede dem nemlig og her var kogebogen helt uundværlig for at indsnævre antallet af frihedsgrader. Vi observerede, at eleverne blev stimuleret til at udvikle, tilpasse og ændre deres ideer med koblingen af praksis og logos. Selve understøttelsen af deres mulighed for at omtænke og rekonstruere deres ideer var helt centralt i designet af SFF, i-og-med at kogebogen, som vi benyttede os af, ikke havde nogen omtale af bage-enzym.

Vi mener derfor, at det er lykkedes os at være tro mod den konstruktivistiske tankegang og samtidig inddrage et tidsbesparende kogeboekperiment i kombination med modellering. Dette er positivt, især fordi tiden er knap i gymnasiet og rammerne (inklusive eksamensformen) ikke er til, at vi kan overgive os helt til den undersøgelsesbaseret undervisning med de store frihedsgrader.

Med den didaktiske transposition in-mente så er vi desuden opmærksomme på, at der på universiteterne kræves, af dygtige forskere, at de har en forståelse af den epistemiske begrundelse for de procedurer, de vælger at anvende. Selvom kontrol af variabler er et vigtigt element i procedurale kompetence, så vil en ekspert desuden kunne forklare, hvorfor kontrol af variabler er afgørende for at etablere kausale påstande i videnskaben. Sådant viden er epistemisk viden, og det bør være målet for enhver sammenhængende naturvidenskabelig uddannelse ikke kun at opbygge elevernes procedurale viden, men også deres epistemiske viden om eksperimentets rolle i videnskaben, funktionen af peer-review, og f.eks. hvorfor undersøgelser af lægemidler kræver dobbeltblindede eksperimentelle tests (Osborne, 2015). Disse kompetencer er på de høje taksonomiske niveauer og vil kræve en del træning at opnå, uanset hvilken undervisningsstil man tilrettelægger. Men vores studie peger i retningen af, at denne form vil have det bedste resultat, især med mere træning.

Modellering, ATD og kobling mellem teori og praktisk arbejde i naturfagsundervisning

Af Anne Jensen

En af problemstillingerne i dette studie er, om elever gennem modellering i naturvidenskabelig undervisning kan koble teoretisk viden med udførsel af og observationer fra praktisk arbejde i laboratoriet. Studiets fire grupper af biologielever formåede at udarbejde modeller (A_i^\heartsuit), W_2 og udføre praktiske arbejde mens kobling mellem D og A^\diamond og A^\heartsuit var af varierende kvalitet. Det lykkedes X_1 at benytte A_i^\heartsuit , som bindeled mellem A^\diamond og D. X_1 fik udarbejdet gode modeller og et

brugbart forsøgsdesign i den forstand, at W_2 kunne besvare Q_0 delvist. X_1 fik et godt overblik over W_3 , A_4^\heartsuit og A^\diamond , som de forsøgte at illustrere i A_5^\heartsuit . Det fremgik, at X_1 havde svært ved at adskille A_i^\heartsuit og W_i og det går ikke op for X_1 , at A_3^\heartsuit både illustrerer A^\diamond og W_2 . Det viser, at X_1 er kompetente i forhold til modellering, da de gennem forløbet har evnet at udvikle og revidere A_i^\heartsuit , men deres metamodelleringsviden er mangelfuld. X_4 havde til gengæld ikke stor succes med deres modelleringsaktiviteter. Så svaret på problemstillingen må ud fra studiet her være: Ja, for nogle elever!

I studiets problemstilling spørges der også til, hvorvidt værktøjerne SFF og det Herbartianske skema kan benyttes til at undersøge og synliggøre, hvorvidt elever kobler A^\diamond , W og D via modellering. Særligt SFF-analysen var særdeles effektiv, da spørgsmålstreerne gav et tydeligt svar på, hvorvidt eleverne besvarede Q_i til W_i med A^\diamond gennem A_i^\heartsuit . En sammenligning af SFF-analyserne for modul 2.2 og 5.2 viste desuden, at X_1 blev bedre til det i løbet af forløbet. Det Herbartianske skema bidrog positivt til analysen gennem klassificering af undervisningsmiljøets delkomponenter. Det kvalificerede analysen af modulernes aktiviteter. F.eks. ved at vurdere hvilket materiale A^\diamond dækker over, bliver det muligt at genkende situationer, hvor eleverne arbejder med at dekonstruere og rekonstruere deres viden. Ved at adskille A_i^\heartsuit med W_i blev det tydeliggjort, at eleverne havde lettere ved at benytte teknologien, end de havde ved at koble teknologi og logos.

SFF-analysen viste, at X_1 genbesøgte spørgsmål adskillige gange i modul 2.2, uden at besvare alle spørgsmålene. Samtalen drejede sig mest om, hvad de vil blande i de forskellige reagensglas. Klassen har tidligere arbejdet med frøspiring og i den sammenhæng kulhydrater, så de har altså allerede A^\diamond om kulhydrater. Adskillige gange gennem samtalen i vender X_1 tilbage til Q3.1 (*Hvad er stivelse?*) og Q3.2 (*Hvad er glukose?*), figur 29. Den viden besidder de allerede, men kan ikke koble den til deres forsøgsdesign. Her er de i gang med at dekonstruere deres viden men rekonstrueringen af deres viden i sammenhæng med bageenzym sker først i modul 5.2, hvor de får koblet de forskellige enzymer med deres respektive substrater. Det viser, at studieprocessen er afgørende for konstruktion af ny viden og peger på, hvor vigtigt det er at lade elever genstudere A^\diamond , hvis de faktisk skal kunne konstruere ny viden. SFF-analysen og den Herbartianske skemaanalyse viste, at X_4 hverken forsøgte at genkalde sig eller søge efter A^\diamond og der skete mest arbejde, når gruppen blev drevet frem af Y . Af samme grund udvikler X_4 et W_2 , som ikke kan benyttes til at besvare Q_0 og X_4 formår ikke at vurdere D ud fra hverken A^\diamond eller A_3^\heartsuit . Gruppearbejdet er stort set ikke eksisterende og X_4 præsterer mindst muligt og forsøger, at få underviseren til at løse opgaven for dem.

På trods af, at eleverne blev stillet de afledte spørgsmål Q_1 , Q_2 og Q_3 viste SFF analysen, at opgaven tilsyneladende var udenfor ZNU for flere af eleverne. Eleverne har formentlig manglet de forventede prakseologier til at engagere sig i Q'erne eller de har haft praksis uden logos, hvilket gjorde eleverne svære at aktivere og bygge ny viden med.

Flere elever i klassen deltog kun i dele af forløbet, såsom X_{1A} og X_{1E} . Det er muligt, at undervisningsmetoden ikke svarede til deres forventninger til god undervisning, hermed ment, at underviseren i deres optik ikke udfyldte sin del af den didaktiske kontrakt, som det diskuteres i næste afsnit. En anden begrundelse kan være, at deres gruppemedlemmer havde en bedre baggrundsforståelse for emnet og kunne trække på flere A^\diamond . I så fald er gruppearbejdet uden for deres ZNU og den manglende deltagelse kan være en konsekvens af, at de føler sig ekskluderet og "udstillet" (Andersen & Krogh, 2017).

Generelt er det problematisk for alle elever i en gruppe, når der er sporadisk fremmøde. For den enkelte elever kan det potentielt skade både elevens samtidige men også fremtidige præstation (Lee, Liu, & Gershenson, 2019). Sporadisk fremmøde leder til fragmenteret undervisning og eleverne ender formodentlig med at vide lidt om forskellige emner, uden at kunne benytte A^\diamond i andre situationer end den tillærte. I forhold til undervisning tilrettelagt i et SFF får det sandsynligvis endnu større betydning, da X er afhængige af samarbejdet om A^\heartsuit og af at kunne trække træde mellem A^\diamond tillært i forskellige situationer. F.eks. I modul 1 deltog kun to elever fra X_1 . Det vil altså sige, at tre elever fra gruppen ikke var med til at opbygge miljøet og havde derfor svært ved at interagere med det efterfølgende, hvilket er en forudsætning for læring ifølge ATD (Chevallard, 1989). Det blev synligt i modul 2.1, hvor en analyse af samtalerne i X_1 viste, at en stor del af samtalen i modul 2.1 handlede om den samme A^\diamond , som i modul 1. Eleverne søgte A^\diamond for at besvare spørgsmål som: *Hvad gær gør? Hvad bageenzym er for noget og hvordan kulhydrater ser ud?* Eleverne var endnu ikke klar til hverken at sætte ind i eller omformulere W_1 . Først i modul 2.2 kom X i gang med at studere W_1 og udarbejde W_2 .

Allerede i modul 2.2 blev det tydeligt, at X_4 var dysfunktionel som gruppe og at der også i X_1 var elever, som ikke deltog på lige fod med resten af gruppen. Det kan en anden gang overvejes, om grupper skal sammensættes på baggrund af deres arbejdsindsats og herefter tilpasse antallet af frihedsgrader til den enkelte gruppes behov (Andersen & Krogh, 2017). Forslaget er i overensstemmelse med Bonnats (2017) studie, hvor der argumenteres for, at når elever arbejder med at udvikle forsøgsdesign i biologi i en ATD-ramme, vil indskrænkning af antallet af frihedsgrader hjælpe eleverne med at udvikle mere brugbare forsøgsdesigns (Bonnet, Marzin, &

Girault, 2017). Det kan gøres enten ved at sætte pejlemærker for forsøgsdesignet, som i Bonnets studie eller gennem en mere stram tidsstyring af elevaktiviteter samt en højere grad af eksplicitering og fællesgørelse af praksis og teknologi, som som beskrevet i et studie af Jessen (2017). Her styres fokus på opgaven gennem en streng tidsstyring og korte gruppesekvenser sikrede, at alle elever fik indblik i og gode ideer fra klassekammeraters arbejde. Det blev yderligere styrket af, at der i studiet var indtænkt visualisering af elevernes arbejdsproces via whiteboards (Jessen, 2017a). Netop brug af vertikale redskaber til elevernes udvikling og deling af idéer er ifølge Peter Liljedahl (Matematikundervisning, u.d.) vigtig for, at elever får indblik i hinandens arbejde. I samme podcast understreges det, at elever har lettere ved at komme i gang med en opgave, hvis det skrevne let kan slettes igen, såsom på whiteboards fremfor på papir.

I studiet beskrevet her, var der indtænkt kortere arbejdssekvenser i undervisningsdesignet og deling i både plenum og på tværs af grupper, men det blev ofte observeret, at tidsrammen skred, hvilket kunne være afværget med en mere synlig klasserumsledelse. Den lidt løsere tidsramme kom til gengæld de elever til gode, som formåede at arbejde aktivt med projektet og det bør vurderes, hvorvidt den gruppe af elever har fordel af konstant at blive afbrudt af plenumdeling og krav om at hjælpe klassekammerater.

Elevernes adfærd i den ændret undervisningsform og set i lyset af den didaktiske kontrakt

Af Charlotte Puge

Elevernes eget arbejde med konkrete situationer er en forudsætning for at den officielle viden kan integreres i elevernes personlige viden (Windsløw, 2006b). Vores design i SFF kan etablere en kontekst, hvor der er et grundlag for at eleverne kan udvikle logos og en reflekterende praksis. Eller i relation til de faser der findes i det didaktiske miljø; så har vi udsat eleverne for devolution og efterfølgende givet dem mulighed for at handle og formulere sig. Det er imidlertid vigtigt at understrege, at selvom vi forsøger at genforhandle den didaktiske kontrakt, så er vores aktion stadig underlagt de rammer som den udstikker. Analysen af elevernes dialog har da også vist, at lærerens indgriben og udfordrende dialog med eleverne under deres virksomhed er af stor betydning. Det har vi også erfaret i SFF analyserne. Det er særligt tydeligt på spørgsmålstræ 29 og 30, hvor Y ofte bliver inddraget i valideringssituationer. Læreren er altså både facilitator for de X'er som har brug for små håndsrækninger, men agere også starthjælper og indpisker for de X'er, som finder M for

uvant. Det er med andre ord gennem dialogen med og imellem eleverne under deres arbejde, at den adidaktiske situation opstår og kontrakten lejlighedsvis overskrides.

Eleverne på dette hold har formentlig meget lille erfaring med at arbejde med UBNU, og derfor kan underviserens præsentation af Q_0 virke som et brud med den didaktiske kontrakt, da miljøet drastisk bliver ændret fra en velkendt biologi-undervisning til en ny form, som eleverne ikke har erfaring med. Det var derfor en udfordring igennem hele dette forløb at få skabt en didaktisk kontrakt, som eleverne kunne acceptere.

Devolutionen var et vigtigt instrument, hvor Y præsenterede Q_0 og gennemgik de mål og krav der var til A^\heartsuit . SFF er ligeledes baseret på det generende spørgsmål ” Q_0 ”. Det var derfor afgørende at eleverne, når de mødte det generative spørgsmål, selv ville generere en serie af underspørgsmål. Men skaber vores Q_0 en reel interesse hos eleverne og virker det levende og dynamisk for dem? Det skal helst være så kraftfuldt, at eleverne selv kan generere nye spørgsmål (Q_i 'er). Det skal fungere som en kickstarter til hele det overordnet design. Dette bliver muligt når det generative spørgsmål opfylder betingelserne som er opsummeret nedenfor (Mortensen, 2010):

- Det generative spørgsmål skal være reelt interessant for deltagerne
- Det generative spørgsmål skal være stærkt nok til at genere et flow af undersøgelser
- Det generative spørgsmål skal være gennemtænkt, men uden at referere til den prakseologi som den forventes at generere.

(Og ifølge Winsløw (2012) bør det også være flerfagligt).

Som omtalt ved spørgsmålstræerne fra modul 5.2 (figur 30 og 32) lykkedes det bedre for gruppe 1 end for gruppe 4. Der kan være flere grunde til at X_4 ikke får interesse for emnet bagværk og enzymer. Det er muligvis for abstrakt og irrelevant for dem. Her kan Klafkis (2001) ide om den kategoriale dannelse måske hjælpe os med at reflektere over, om der kunne være nogle problemer som var mere epokale? Der vil nok være emner som er mere tidstypiske, almengyldige og som ikke nødvendigvis har et givent svar på forhånd. Klafki opererer selv med fem epokale nøgleproblemer: Fredsspørgsmålet, Miljøspørgsmålet, Den samfundsskabte ulighed, Den moderne kommunikationsteknologi og Jeg-du-forholdet. Ideen med de epokale nøgleproblemer er, at de skaber en subjektiv relevans for eleven, mens de samtidig bidrager til at åbne fagenes metoder og begreber for eleverne (Klafki, 2001). Vores erfaring er også at eleverne ofte engagerer sig mere i spørgsmål omkring kønssygdomme, rusmidler, forplantning, osv. Men det ændrer ikke ved, at der i

læreplanen står ”enzym: opbygning, funktion og faktorer der påvirker enzymaktiviteten”
(undervisningsministeriet, 2017)

Vi kan diskutere om Y i dette studie får skabt et miljø hvor tværgående kompetencer trænes og styrkes, og hvor teknologien bliver afdækket. Hvis ikke så har underviseren brudt den didaktiske kontrakt, da der ikke er blevet skabt tilstrækkelige, gunstige forhold for eleverne. Dog behøver brud med den didaktiske kontrakt, som omtalt, ikke at være en negativ ting, da brud med den ofte er tæt forbundet med forbedringer af science-undervisningen (Skovsmose, 2001). Bruddet med den didaktiske kontrakt, kan også opstå pga. skolens traditioner. Hvis der på en skole er nogle faste undervisningsprincipper og undervisningsformer, som der er blevet undervist efter i lang tid. Det kunne ske, hvis en underviser introducerer en ny undervisningsform, som er markant anderledes end skolens principper, og som er skræmmende for både elever og andre undervisere. Dette ville svare til et brud med den didaktiske kontrakt i forhold til skolens didaktiske traditioner. Skovsmose (2001) pointe er følgende: for at kunne forbedre undervisningen må man forsøge med nogle nye, mere eksperimentelle, tiltag som er uafprøvet, men som kan vise sig at være en forbedring af undervisningen. Også selvom det giver noget modstand fra eleverne i første omgang.

Resultaterne viser nemlig, at for flertallet af eleverne, med passende støtte fra dialogen med gruppemedlemmer og med læreren, så er det faktisk muligt at udvikle en virksomhed, hvor de selv opdager, formulere og beviser logos, i dette tilfælde; bageenzymets effekt på gæring.

Vi observerede flere gange, i dialogen med de andre gruppemedlemmer, at X_4 ofte var ret afvisende eller ignorerende over for spørgsmål og undren, og det gik ud over besvarelsen af Q_i . De kunne ikke regne med hinandens hjælp eller de var i tvivl om kvaliteten af deres kammeraters A^{\diamond}_i . Det modsatte var tilfældet i X_1 . Her var en fin og inkluderende dialog. Alles input blev accepteret og besvaret, så godt de kunne. Her kan Dewey's tanker om praksisfællesskaber bruges til at forklare hvad der skete med motivationen hos X_4 . Hvis en person ikke kan se formålet med deltagelse, eller hvis vedkommende ikke kan se en mulighed for adgang til deltagelse, vil man måske sige, at personen mangler motivation. Men for Dewey er dette ikke udtryk for en særlig psykisk egenskab ved individet. Motivationen og en eventuel mangel på samme, kan skyldes personens relation til bestemte praksisfællesskaber og bestemte læringslandskaber (Brinckman, 2024). Vi har i dette studie synliggjort læringslandskabets indhold og formål og til dels elevernes mulighed for at deltage. Men hvorvidt eleverne selv, har haft en oplevelse af de kunne deltage og blive motiveret til at arbejde med Q_0 er vi nok lidt mere usikre på. Vi kan blot konstatere at der formentlig er en tæt

forbindelse mellem følelsesmæssige omstændigheder og muligheden for at udvikle en reflekterende virksomhed (logos).

Elevers udbytte af modelleringsaktiviteterne

Af Anne Jensen

Det var ikke alle i X_1 , som deltog lige aktivt i forløbets modelleringsaktiviteter og eleverne modtog også forskellig vurdering af A^{\heartsuit}_5 . X_{1B} og X_{1D} deltog i det afsluttende modul (modul 5.2) og fik den højeste vurdering af A^{\heartsuit}_5 . X_{1B} deltog generelt aktivt i stort set alle moduler, mens elev X_{1D} deltog mere sporadisk. X_{1C} modtog en vurdering af A^{\heartsuit}_5 , som var under middel. X_{1C} deltog i modul 2.2 (hvilket elev X_{1D} ikke gjorde) og analysen viste, at X_{1C} deltog aktivt i udvikling af forsøgsdesignet, kunne udvikle og besvare spørgsmål. F.eks. stiller X_{1C} spørgsmål Q3.1 (*Hvad er stivelse?*). X_{1C} besvarer herefter selv spørgsmålet og benytter eget svar til at besvare Q1.1.3 (*Hvilke ingredienser vil vi teste?*), se figur 29. Det rejser et interessant spørgsmål om, hvorvidt der er forskel på hvilke modelleringsaktiviteter eleverne deltager i, i forhold til rekonstruktion af A^{\diamond} . En alternativ begrundelse kan måske findes i, hvordan eleverne vælger at interagere med miljøet og om de faktisk studerer A^{\diamond} , W_i og D eller om de tjekker ind og ud af undervisningen i løbet af et modul.

X_{1A} og X_{1E} præsterede også under middel i deres A^{\heartsuit}_5 . Den Herbartianske skema analyse viste, at ingen af de to elever engagerede sig i studie- og forskningsprocesserne og var fraværende en stor del af undervisningstiden. X_{1A} var hverken til stede i modul 2.2 eller 5.2 og X_{1E} deltog kun i modul 2.2. Det er muligt, som det blev overvejet i forhold til X_{1C} , at den manglende opsamling på emnet i modul 5.2 efterlod dem uden en forståelse for, hvorfor deres forsøg var fejlet eller hvordan de burde gendesigne deres forsøg. Dermed manglede de et vigtigt element til deres A^{\heartsuit}_5 . Det peger i retning af vigtigheden af gruppens fællesgørelse af A^{\heartsuit} .

I X_4 var X_{4F} den elev, som producerede den bedste A^{\heartsuit}_5 . X_{4F} var til stede i både modul 5.2 og modul 2.2, men var ikke med til at udføre det eksperimentelle arbejde. Elev X_{4F} udviklede individuelt A^{\heartsuit}_5 . Lydoptagelserne fra modulet viste, at X_{4F} flere gange prøvede at få studie- og forskningsprocesserne til at fungere ved selv at igangsætte gruppearbejdet gennem selvstændigt at udvikle A^{\heartsuit}_5 . X_{4F} stillede desuden opklarende spørgsmål til sin gruppe, men gruppemedlemmerne lod sig ikke aktivere og virkede ikke interesseret i at deltage i gruppearbejdet. X_{4I} , X_{4G} og X_{4H} udvikler A^{\heartsuit}_4 uafhængigt af undervisningen, men på trods af det, viste de ingen tegn på øget evne i forhold til at koble A^{\diamond} , W_1 og D . Det peger igen i retning af vigtigheden af gruppens fællesgørelse af A^{\heartsuit} . Hvis det er virkeligheden, bør alle gruppernes A^{\heartsuit} samles til en på klassen fælles besvarelse af Q_0 .

SOLO og evaluering af elevernes læring

Af Charlotte Puge

Som det nævnes i ”Summativ evaluering af produktet” s.72 og ”evaluering af eksperimentelle kompetencer” s.75, så er der elever (f.eks. X_{1C} og X_{1E}) som deltager aktivt og udviser at de bruger og bygger A^\diamond under forløbet (dog deltager X_{1C} ikke i modul 5.2). De arbejder med de procedurale og konceptuelle evner, men eleverne formår trods alt ikke, at lave et A^\heartsuit_5 som vurderes via SOLO at være på de højere niveauer og dermed en lavere karakter (4). Her skal vi være opmærksomme på, om evalueringen er valid nok. Vi kunne have øget validiteten hvis eleverne havde fået mulighed for at ”forsvare” deres film eller ligefrem have givet dem mulighed for en genaflevering. Vi valgte filmen som slutprodukt, da vi vurderede, at den ville være fair, siden eleverne har haft tid og mulighed for at søge hjælp, hvis der var behov for det. Vi skal blot også være opmærksom på, at eleverne har andre opgaver og måske en fritid fyldt med sport, venner og familie, som vil kunne fratage eleven mulighed for at lave et produkt A^\heartsuit_5 , som viser alt det som de har lært.

Omvendt er det med elev X_{F4} . Eleven har, som det også fremgår af dialogen på figur 19 og 28 forsøgt flere gange at starte en dialog med gruppemedlemmerne og især Y. Dialogen kommer ikke til at fungere optimalt, men der bliver trods alt udviklet flere A^\heartsuit undervejs. Dog er eleven ikke med til at udføre W_2 . Dvs. det er ikke muligt at bestemme elevens procedurale evner i dette SFF. Alligevel får X_{F4} lavet en film, hvor de delvisrelationelle og abstrakte niveauer nås. Det kan være et argument for at udførelsen af selve forsøget ikke er så vigtigt for læringen, men vil vi nok fastholde, at det er de færreste elever som kan bruge denne ”strategi”.

Hos X_{4G} og X_{4H} ser vi også læring, men det er bare ikke helt på det niveau, som vi ønsker de skal nå. Som det ses ud fra SOLO voringen (figur 35) har de oparbejdet et fagsprog, men deres undersøgelses-kompetence er ikke kommet i spil i dette forløb. Det er selvfølgelig ærgerligt, men vi er imponeret over, at vi via vores design har fået indblik i elevernes tilgang til laboratoriearbejde. Det ser ud til, at de elever som i den klassiske undervisning, ville have imiteret læreren eller en vejledning efter bedste evne, nu virkelig har fået en stor udfordring. Det kan derfor nok ikke undre, at de ikke når så langt i SOLO evalueringen. Men de har givet vis fået noget erfaring som kan udvikles næste gang de skal arbejde undersøgelsesbaseret.

Det vil være interessant at undersøge om der vil skabes mere læring, hvis eleverne faktisk vidste mere præcist hvilke læringsmål, vi havde opstillet og hvordan vi ville bedømme det. Dette vil dog føre til, at vi må gå på kompromis med det generende spørgsmål og hele oplevelseslæringen. Dette paradoks kan måske løses ved at træne eleverne mere i denne undervisningsmåde.

Som opsamling på elevernes læring; Eleverne bliver først ejere af deres egen læring når de har viljen og evnen til selvregulering af deres egen læreproces. Dette kræver bl.a. viden om læring, god læringsadfærd (overholdelse af den didaktiske kontrakt) samt opmærksomhed og kritisk refleksion over igangværende læring. Der er tale om grundlæggende metakognitive strategier (bl.a. selfmonitoring, goal-setting og help-seeking) af den slags som John Hattie har vist, har effekt på læring (Hattie, 2007). Det er naturligvis nogle refleksioner som vil tage tid og træning/gentagelser at får elevernes øjne op for.

Vurdering af studiets indsamlede empiri og validitet

Af Anne Jensen

Modul 2.2 og 5.2 illustrerer hvordan elever arbejder med at dekonstruere og rekonstruerer eksisterende A^\diamond , sammen med de tilegner sig ny A^\diamond . De giver desuden et eksplicit eksempel på et studie af et W_i i en SFF-sammenhæng. Til at udarbejde analyserne benyttes der i studiet forskellige typer af dataindsamling, lydfiler af elevernes samtaler, A^{\heartsuit}_1 - A^{\heartsuit}_5 og lærerobservationer udført både af klassens egen lærer og en ukendt observatør. Der var indtænkt to moduler med observatør. Observatørens rolle skiftede i løbet af studiet og endte med at indgå i en to-lærerfunktion i korte sekvenser af undervisningstiden. Det bedømmes dog ikke, at det har en særlig indflydelse på studiets troværdighed eller på datagrundlaget, da især lydfilerne og til dels elevprodukterne er grundpillerne i de udførte analyser og det fremgår af lydfilerne, hvornår observatøren virker som hhv. lærer og observatør. Til gengæld gav det begge undervisere indsigt i hvilke samtaler eleverne førte, se eleverne tegne og hvordan de arbejdede med modellering i studiet.

Det er en mulighed, at studiets validitet er påvirket af, at eleverne blev observeret og lydoptaget undervejs, ligesom det kan have påvirket gruppedynamikkerne. Gruppe X_2 valgte at slette deres lydoptagelse for to moduler og en del data gik dermed tabt. For at sikre data fra alle elever for alle moduler, kan der benyttes flere enheder til at optage lyd. Det blev fravalgt i håbet om, at eleverne blev påvirket mindst muligt af enhederne, der optog lyd og at de dermed følte sig frie til at samtale på samme måde, som de gør, når de ikke bliver optaget. Af samme grund blev billedoptagelser fravalgt. Det valg blev styrket af, at ingen af de udførte analyser kræver billedoptagelser.

Forhindringer, løsninger og forbedringer

Af Anne Jensen

Eleverne har tidligere arbejdet med enzymer, kulhydrater og gæring og har formået at besvare opgaver og udarbejde modeller om emnerne, såsom nævnt i forbindelse med forløbet omhandlende spiring af frø. De må derfor forventes at have assimileret viden om logos på et eller andet niveau. Lydoptagelserne viste dog et andet billede; her lød det ikke til, at eleverne dekonstruerede og rekonstruerede eksisterende A^\diamond , men nærmere arbejdede med af afdække og søge ny A^\diamond . Henvi­sing til tidligere forløb fik heller ikke eleverne i hverken X_1 eller X_4 til at genbesøge tidligere lært viden. Det kan tyde på meget situeret læring i tidligere forløb, som er knyttet til de praksisfællesskaber, som læringen fandt sted i (Dolin & Kaspersen, 2017). Eleverne kan måske genkende *type of task*, men kan kun anvende lært teknik og A^\diamond i de rammer, hvori de er tillært. For at hjælpe eleverne med at bygge bro mellem A^\diamond tillært i andre situationer og forløbet med bageenzym, kan en øvelse med at finde elevmateriale fra tidligere forløb, genopfriske det og koble det til forløbet med bageenzym indtænkes i et alternativt undervisningsdesign.

En anden forhindring for studiet kan være elevernes forståelse for W_1 og deres manglende erfaring med laboratoriarbejde og designe forsøg. Eleverne blev tildelt stor autonomi både i forhold til deres forsøgsdesign og udførsel af det praktiske arbejde på bekostning af brugbare data til efterbehandling. Det lykkedes faktisk alle grupper at omformulere W_1 og inddrage bageenzym i W_2 , uden de dog ud fra D og W_2 kom frem til A^\heartsuit . Det var forventet og af samme grund var der i undervisningsdesignet indtænkt, at W_2 vil kræve endnu en omformulering til W_3 , hvilket ikke helt lykkedes for eleverne. Hvis vi antager, at elevernes erfaring med UBNU er ret begrænset, må vi også antage, at det at omformulere en øvelsesvejledning virker som et stort projekt for eleverne. Den krævede omformulering af W_1 var ret minimal og eleverne behøvede blot at gennemskue, at de skulle fremstille prøver med stivelse eller glukose med og uden bageenzym. En løsning er at inddrage W_4 i form af en lærerudviklet kokebog, som eleverne afprøver som afslutning på forløbet. En ulempe ved det er, at eleverne opfatter Y 's besvarelse (A_y^\heartsuit), som den endelige korrekte besvarelse og derfor se bort fra egen W og D (Bosch M., Chevallard, García, & Monaghan, 2019). Her var det valgt kun at inddrage data fra W_4 , som eleverne kunne sammenligne med deres egne data, for at holde elevernes fokus på egen udviklingsproces.

I forbindelse med a priori analysen blev det overvejet, om eleverne skulle udføre W_1 inden de selv gik i gang med omformuleringen af kokebogen. Det blev besluttet, at det ville være fint at introducere W_1 sammen med materiale og resultater fra W_1 , for ikke at hindre elevernes egen kreativitet. Set i bakspejlet havde eleverne utroligt svært ved at tilgå forsøget og forstå funktionen af

de forskellige ingredienser. W_1 burde måske være udført, for at sikre eleverne havde en solid forståelse af den praksis og de værktøjer, som benyttes til udarbejdelsen af nye prakseologier. Selv om eleverne ikke bliver bedt om at tænke selv, når de følger W_1 , vil det give dem en praktisk ballast i forhold til de redskaber, som de har til rådighed, når de efterfølgende selv skal udarbejde et forsøgsdesign. En alternativ løsning, som diskuteret af Jessen (2014), er at lade grupperne udarbejde hver sit forsøgsdesign, som de herefter samler og udarbejder til et fælles forsøgsdesign, som alle grupper udfører (Jessen, 2014). Det vil både sikre, at alle elever arbejder med et solidt forsøgsdesign og at eleverne efterfølgende har mulighed for at sammenligne og dele D med hinanden.

Hvis undervisningsforløbet gentages, bør der ud over ovenstående forslag være mere fokus på udarbejdelsen af W_3 , A^{\heartsuit}_4 og A^{\heartsuit} , inden det individuelle elevprodukt præsenteres og der bør inddrages endnu et produktkrav for sammenligningen af A^{\heartsuit}_3 og D. A^{\diamond} dækker over en stor del af det kernestof, som skal gennemgås i biologi på B niveau, såsom respiration, gæring, enzymer og kulhydrater. Det blev forventet, at eleverne kunne koble A^{\diamond} med deres undersøgelses- og modelleringskompetence i kombination med, at den didaktiske kontrakt blev ændret. Hvis studiet skal gennemføres igen, bør det overvejes hvorvidt undervisningsdesignet skal simplificeres, så især A^{\diamond} nedskaleres og eleverne bør trænes i kortere forløb tilrettelagt ud fra en ATD-tankegang, inden de skubbes ud i et længere forløb, som beskrevet i dette studie.

Konklusion

Af Charlotte Puge

Det er muligt at øge udbyttet af elevernes læring ved benyttelse af den klassiske kokebog i et undersøgelsesbaseret forløb i gymnasiet på biologi B-niveau. Det kan lade sig gøre hvis man benytter kokebogen, som en del af arbejdet med elevernes modellering- og problemløsningskompetence. Der er et særligt stort læringspotentiale, hvis eleverne arbejder med at re-designe kokebogen og som afslutning får til opgave at tilpasse enten kokebog eller model.

Det er muligt at understøtte elevens arbejde med at koble A^{\diamond} , W og D gennem modellering i en ATD-ramme. Det kan dog konkluderes fra studiet, at den didaktiske kontrakt har stor indflydelse på udbyttet i forhold til den enkelte elevtype, ligesom elevernes evner til at indgå i det didaktiske miljø har betydning, og der bør i et SFF som dette, indtænkes mere undervisningsdifferentiering og opsamling af de elever, som har sværest ved at arbejde adidaktisk.

Værktøjerne SFF og den Herbartianske skemaanalyse er effektive redskaber til at følge og analysere elevernes arbejde med modellering. SFF giver mulighed for direkte at visualisere, gennem et spørgsmålstræ, hvornår eleverne, ved brug af modellering, kobler teori og empiri. Vi observerede, at de blev bedre til det i løbet af de syv moduler. Det herbartianske skema øger blikket for, hvilke processer eleverne har svært ved og præcis hvornår, de arbejder med undervisningsmiljøets forskellige delkomponenter.

Via vores analyse konkluderer vi, at eleverne er forholdsvis positive overfor at tage imod en ændret undervisningsform med fokus på modellering. Resultatet af vores studie viser, at det var muligt at inspirere og igangsætte et antal forskellige aktiviteter i en gymnasieklasse med biologi på B-niveau. Vi kunne følge deres SFF via det herbartianske skema. Selv om det ikke var alle eleverne i de to grupper, som fulgte den forventede praksis (f.eks. brugte den korrekte teori) eller kom helt i mål med teknologien (f.eks. ikke fik lavet et korrekt opstillet forsøg), så blev de alle motiveret/igangsat med at arbejde med noget praktisk eller brugte den teknik (modellering og design af forsøg), som vi havde forventet. Det skyldtes især deres ønske om at overholde den didaktiske kontrakt. Vi ser dog også, at der er store udfordringer for de elever, som ikke deltager aktivt i det didaktiske spil, som vi her har tilrettelagt. De er ikke vant til denne form for undervisning, og føler formentlig, at de ikke er bekendte med spillereglerne præsenteret her i dette ATD.

Det må konkluderes at elevernes læring fra et SFF godt kan evalueres ud fra SOLO-taksonomien. Ud over de anerkendte problemer med at sikre validiteten og reliabiliteten i en summativ evaluering, så mener vi, at ved at opstille meget klare mål med undervisningen, så kan vi sørge for en rimelig alignment. Det gøres bedst ved at tydeliggøre hvilke niveauer eleverne får mulighed for at arbejde på, og hvilke teorier og teknologier (eller studier og forskning) vi forventer de skal opsøge og arbejde med. For at sikre validiteten kunne det være interessant at studere hvilke SOLO niveauer man ville få i spil, hvis man i slutningen af et SFF, inden afleveringen af A[♥], udleverer de mål man forventer eleven kan mestre efter dette forløb. Det vil sikre alignment mellem form og mål, og det vil øge validiteten af en summativ evaluering.

Via SFF-analysen ser vi, at elevernes arbejde med modellerne får dem til at genbesøge deres teoretiske viden om enzymer. De rekonstruerer hermed også ny viden, f.eks. om enzymeres specificitet og hvilke typer af enzymer der findes. De formår på et højt niveau at koble deres teoretiske viden sammen med deres model. De opfylder i forløbet dele af de mål som er i Biologi B læreplanen både mht. til kernestof og eksperimentelle kompetencer.

Vores studie (både herbatiansk og SFF) viser også, at læreren er en vigtig del af ATD'en og det er vigtigt at læreren gør sig bevidst om hvilken rolle man påtager sig i den didaktiske kontrakt. Hvis man forærer svarene på spørgsmålene, vil man fratage eleverne deres mulighed for at koble teori og teknologi og dette vil ikke (i overensstemmelse med Dewey og Hodson) føre til optimal læring. Læreren har dog også en vigtig rolle som indpisker og samtalepartner med de elever/grupper som ikke kan komme i gang med at arbejde i Know-why blokken. Desuden har vores kompetente gruppe fået stor hjælp undervejs af læreren. Derfor er lærerens kompetencer i at lave et egnet forløb, hvor know-how og know-why er grundigt gennemtænkt, helt uundværlig.

Anerkendelse

Af Anne Jensen og Charlotte Puge

Vi sender en stor tak til vores skønne børn, som gennem skriveprocessen har været særdeles tålmodige med os. Vi har været glade for vores undervisere på MISU og alle vores klassekammerater, som vi sender en taknemmelig tanke for alle de sjove og gode diskussioner, vi har haft. Vi ønsker også at takke vores vejleder Britta for alle hendes gode idéer og vejledning gennem projektet.

Litteraturliste

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school. *International Journal of Science Education*, pp. 30:14,1945-1969.
- Achiam, M. (2014). Didactic Transposition From theoretical notion to research programme. *ESERA*.
- Andersen, H. M., & Krogh, L. B. (2017). *Fagdidaktik i Naturfag*.
- Artigue, M., & Winsløw, C. (2010, 30(1)). International comparative studies on mathematics education: a viewpoint from the anthropological theory of didactics. *Récherches en Didactiques des Mathématiques*.
- Auning, C., & Nielsen, S. S. (2020). Kan modellering adskilles fra undersøgelse i grundskolens naturfagsundervisning? *MONA*, s. 97-103.
- Barquero, B., & Bosch, M. (2015). Didactic Engineering as a Research Methodology: From Fundamental Situations to Study and Research Paths. I M. O. Anne Watson, *Task Design In Mathematics Education* (s. 249–272). NISS.
- Barquero, B., Bosch, M., & Gascòn, J. (2007). USING RESEARCH AND STUDY COURSES FOR TEACHING MATHEMATICAL MODELLING AT UNIVERSITY LEVEL. *CERME 5*.
- Barquero, B., Bosch, M., & Romo, A. (2015). A study and research path on mathematical. *CERME 9 Ninth Congress, Prague, Czech Republic*, s. pp.809-815,.
- Bidstrup, B. B., Hede, K., Paludan-Müller, P., & Raae, K. (2011). DNA - livets opskrift. I *Biologi i fokus* (s. 90). Nucleus.
- Blomhøj, M. (årg 4 nr 3 1995). Den didaktiske kontrakt i matematikundervisningen. *Kognition & pædagogik : tidsskrift om tænkning og læring* , s. 16-25.
- Bonnet, C., Marzin, P., & Girault, I. (2017). Structured experimental procedures in biology with a web environment. *ESERA17*.
- Bosch, M., & Chevallard, Y. (2014). Didactic Transposition in Mathematics Education. *Encyclopedia of Mathematics Education*.
- Bosch, M., Chevallard, Y., & Gascon, J. (2006, February). Science or Magic? The use of Models and Theories in Didactics of Mathematics. Proceedings of the fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, ss. 1254-1263.
- Bosch, M., Chevallard, Y., García, F. J., & Monaghan, J. (2019). *Working with the Anthropological Theory of the Didactic in Mathematics Education. A Comprehensive Casebook*. Routledge. Taylor & Francis.
- Boud, D., Dunn, J., Kennedy, T., & Thorley, R. (1980, 2 (4)). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduates and practising scientists. *European Journal of Science Education*, pp. 415–428.
- Brinckman, S. (2024). *pubhub.dk*. Hentet fra Motivation gennem handling og gøremål – et pragmatisk perspektiv: <https://samples.pubhub.dk/9788792871060.pdf>

- Brousseau. (1997). The Didactic Contract: The Teacher, The Student The Miliu. In M. Blacheff , M. Cooper, R. Sutherland, & S. Warfield, *Theory of didactical situations in mathematics* (pp. 226-249). Dordrecht: Kluwer Academic Publ.
- Chevallard, Y. (1989). On didactic transposition theory: Some introductory notes. Hentet fra yves.chevallard.free.fr.
- Chevallard, Y. (2006). Steps towards a new epistemology in mathematics education. . I M. Bosch, Proceedings of CERME 4 (ss. 21-30). Barcelona, Spain: Fundemi IQS.
- Childs, G. V. (2014). *Celebrate Cytochemistry*. Hentet fra <http://www.cytochemistry.net>.
- Christiansen, J. L. (2020). Modeller og modellering i grundskolens naturfag. *MONA*.
- Christiansen, J., Andersson, J., Hansen, D., Jensen, M. S., Kinnerup, L., & Lilius, K. (2019). Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning. *MONA*.
- Collins, J. B. (1982). *Evaluating the Quality of Learning. The SOLO Taxonomy*. . New York: Academic Press.
- Constantinou, C. P., Nicolaou, C. T., & Papaevripidou, M. (2019). A Framework for Modeling-Based Learning, Teaching, and Assessment. I A. U. zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel, *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (s. 47-49). Springer Nature Switzerland AG.
- Cresswell, J. W., & Miller, D. L. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory into Practice*.
- Dolin, J., & Kaspersen, P. (2017). 3.2 Læringsteorier. I J. Dolin, G. H. Ingerslev, & H. S. Jørgensen, *Gymnasiepædagogik - En grundbog*. Hans Reitzels Forlag.
- Dupont, S. (2014). Om kreativitet og socialt entreprenørskab bl.a. ved. *Spor – et tidsskrift for universitetspædagogik*.
- Egebo, L. A., Paludan-Müller, P., Torp, K. C., & Ussing, S. (2010). *Biologi til tiden*. Nucleus.
- Frøsig, M., Hede, K., Grønlund Jørgensen, F., & Paludan-Muller, P. (2014). *Biologi i Udvikling 1.udgave*. Danmark: Nucleus.
- Garcia, F. J., Pérez, J. G., Higuera, L. R., & Casabó, M. B. (2006). Mathematical modelling as a tool for the connection of school mathematics. *ZDM*.
- Girault, I., d'Ham, C., Alturkmani, M. D., & Chaachoua, H. (2011). An anthropological approach to analyse a chemical knowledge during experimental design. *ESERA*.
- Harrison, M. (2016). *Making practical work work: using discussion to enhance pupils' understanding of physics, research in science & technological education*.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone , R. (2000, 7). What is the Purpose of This Experiment? Or can Students Learn Something from doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching* 37, pp. 655-675.
- Hattie, J. (2007). *Visible Learning - a Synthesis of over 800 Meta-Analysys Relating to Achievement* . New York: Routledge .
- Haue, H. (2017). 1.3 Gymnasiets transformation. I J. Dolin, G. Holten ingerslev, & H. Sparholt Jørgensen, *Gymnasie Pædagogik, En grundbog 3. udgave* (s. 55-65). København: Hans Reitzels Forlag.
- Hodson, D. (3 2008). et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*.

- Jacobsen, L. B. (2008). Formål med eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen. *MONA*.
- Jacobsen, L. B. (2010). Linking physics labwork activities to their potential learning outcomes: does a declaration make a difference. *Phd Dissertation*. Roskilde Universitet.
- Jessen, B. E. (2014). How can study and research paths contribute to the teaching of mathematics in an interdisciplinary setting? *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*.
- Jessen, B. E. (2017a). HOW TO GENERATE AUTONOMOUS QUESTIONING IN SECONDARY MATHEMATICS TEACHING? *Recherches en Didactique des Mathematiques*.
- Jessen, B. E. (2017b). Study and Research Paths at Upper Secondary Mathematics Education. *IND's tidskriftserie nr 50*.
- Jessen, B. E., & Kjeldsen, T. H. (2021). Mathematical modelling in scientific contexts and in Danish upper secondary education: are there any relations? *Quadrante*.
- Kerr, J. F. (1963). *Practical Work in School Science*. Leicester: Leicester University Press.
- Klafki, W. (2001). *Dannelsesteor og didaktik*. Århus: Klim.
- Krell, M., & Krüger, D. (2015). Testing models: "A key Aspekt to promote Teaching activities related to models and modelling in Biology Lessons?". *Journal of Biological Education* .
- Krogh, L. B. (2009). *Fagdidaktik i naturfag*. Frydenlund.
- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2017). 4.2 Motivation. I J. Dolin, G. H. Ingerslev, & H. S. Jørgensen, *Gymnasiepædagogik - En grundbog*. Hans Reitzels Forlag.
- Lee, M., Liu, J., & Gershenson, S. (2019). The Short- and Long-Run Impacts of Secondary School Absences. *IZA*.
- Lijnse, P. (2008). Models of/for Teaching Modelling. *Modelling in Physics and Physics Education*, s. 20-33.
- Lunetta, A. H. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty First Century. *Science Education* 88, s. 28-54.
- Lunetta, V. N. (1983). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Rev Educ Research*, s. 201-217.
- Lynch, P. P. (1987). Laboratory work in Schools and universities: structures and strategies still largely unexplored: . *Aust Sci Teachers Journal*, s. 31-39.
- Madsen, L. M., Evans, R., & Bruun, J. (2020). Undersøgelsesbaseret undervisning: 6F modellen - dens tilblivelse og udvikling i Danmark. *MONA*.
- Matematikundervisning, N. C. (u.d.). *Peter Liljedahl: Building Thinking Classrooms*. Hentet fra <https://www.youtube.com/watch?v=OcVpQwJW47U&t=18s>
- Mortensen, M. F. (2010). The generative question as a tool for content development for a museum exhibit. I C. Winsløw, , & R. Evans, *Didactics as design science* , Texts from a Ph.d.-course in Copenhagen. (ss. 35-44). Copenhagen: Department of Science. Henta frå Department of Science Education, University of Copenhagen: <https://journals.openedition.org/educationdidactique/763>
- Michelsen, C. (2020). Naturfagscurriculum med fokus på modeller og modellering. *MONO*, s. 87-90.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and realisty - what practical work in science education. *Practical work in school science - which way now?.*, s. 16-31.

- Moeed, A. (2011). Successful Science Learning from Practical Work. *School Science Review* 93 (343), s. 121-126.
- Morgan, D. L. (2014). Research design and research methods. I D. L. Morgan, *Integrating Qualitative and Quantitative Methods: A Pragmatic Approach* (s. 45-62). SAGE Publications, Inc.
- Nielsen, S. S. (2020). Et bud på en mere procesorienteret tilgang til modeller og modellering i skolens naturfagsundervisning. *MONA*, s. 91-96.
- Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2019). A Competence-Oriented Approach to Models and Modelling in Lower Secondary Science Education: Practices and Rationales Among Danish Teachers. *Springer Nature BV*, s. 565-593.
- Nucleus. (2024). *Forsøg med immobiliserede gærceller*. Hentet fra https://nucleus.dk/files/docs/Mikrobiologibogen_supp/Eksperimenter/Eksperiment_Fors%C3%B8g-med-immobiliserede-g%C3%A6rceller_Mikrobiologibogen.pdf
- Osborne, J. (june 2015). Practical work in science: misunderstood and badly used? *SSR*, s. 96.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Ache' r, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*.
- Skovsmose, O. (August 2001). Landscapes of Investigation. *ZDM: the international journal on mathematics education*, s. 33(4):123-132.
- Svabo, C., & Borch, M. M. (1 2020). Oplevelseslæring og biofablab. *MONA*, s. 45-61.
- Tamir, P. (1991). Physical work in school science: an analysis of current practice. I B. E. Woolnough, *Practical Science* (s. 13-20). Buckingham Philadelphia: Open university press.
- undervisningsministeriet, B. o. (2017). *Biologi B stx*. Hentet fra <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/gym-laereplaner-2017/stx/biologi-b-stx-august-2017.pdf>
- undervisningsministeriet, B. o. (2024). *Karakterer på 7-trins-skalaen*. Hentet fra <https://www.uvm.dk/uddannelsessystemet/7-trins-skalaen/karakterer-paa-7-trins-skalaen>
- VIVE. (2022). Hentet fra Pisa 2022: <https://www.vive.dk/da/udgivelser/pisa-2022-5xp670pz/>
- Windsløw, C. (2006a). *Didaktiske elementer. Indføring i matematikkens og naturfagenes didaktik*. . København: Biofolia.
- Windsløw, C. (2 2006b). Didaktiske miljøer for ligedannedhed. *MONA*, s. 47-62.
- Winsløv, C. (2012). Matematiklærerprofessionen i et institutionelt perspektiv. *MONA*.

Bilag

Bilag 1

Christiansens (2020) klassifikation af modeltyper baseret på modellernes præsentationsform (Christiansen J. L., 2020). Modellen kan ses på dette bilag og er lånt fra Christiansens artikel.

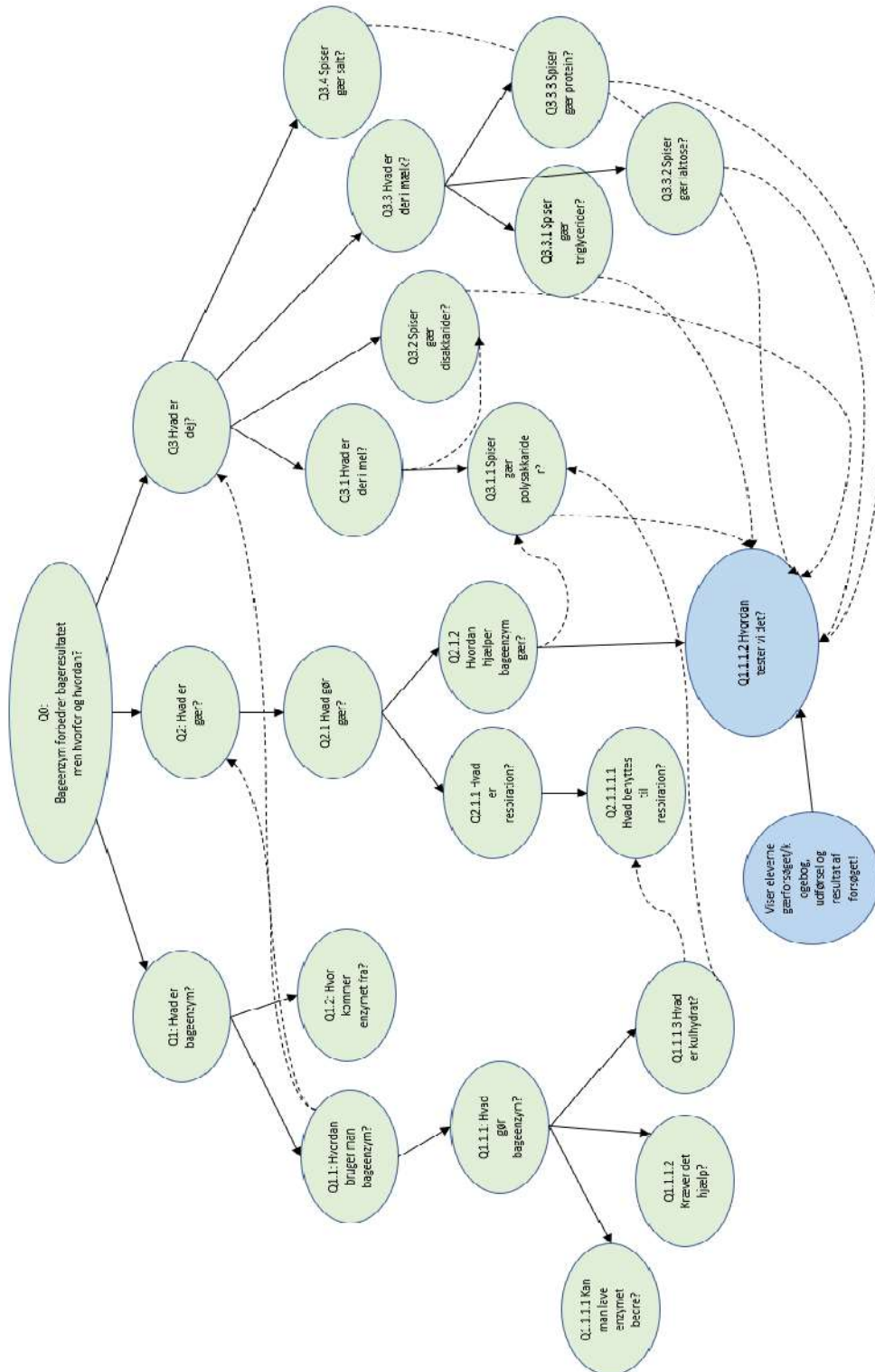
| AUDITIVE MODELLER | | VISUELLE MODELLER | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|----------|------------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|-----|----------------|---------------|-----|----------------|
| 1-D modeller ● Lydmodeller | | 2-D modeller ● Flade modeller | | | | | | | 3-D modeller ● Rumlige modeller | | | | | | | | | | |
| Verbale modeller | | Symbolmodeller | | | Illustrationsmodeller | | | | Simuleringsmodeller | | Konkrete (fysiske) modeller | | | | | | | | |
| Analogier | Sammenligninger | Elektron-prik-model (S) | Kerniske formler (S) | Matematiske udtryk (S) | Reaktionsligninger (S) | Tegning (S) | Tegning (S) | Foto (S) | Graf (S) | Diagram (S) | Animation (D) | Computersimulering (D) | Rollespil (D) | Dynamiske (D) | | Statiske (S) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | Forstørrelser | 1:1 | Formindskelser | Forstørrelser | 1:1 | Formindskelser |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Bilag 2

| Elevernes aktiviteter | SOLO taksonomi (Collins, 1982) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne ved at gær er en levende organisme som kan udføre gæring hvor glukose bla omsættes til CO₂. • De ved at en indikator viser hvilken pH en opløsning har. • De ved at bagezymer indeholder amylase og, at amylase kan nedbryde amylose til maltose. | <p>Unistruktuel</p> <p><i>Angive formler og udføre simple løsningsprocedurer</i></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne forstår, at dannelsen af CO₂ vil sænke pH i opløsningen • De kan redegøre for at der findes forskellige typer af kulhydrater. | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne kan tegne en model som viser processerne og mulige faktorer som påvirker den. • Under selve forsøget kan de håndtere materialer, der skal benyttes til det praktiske arbejde og kan fremstille alginatkugler og blande opløsninger i de planlagte mængder. | <p>Multistruktuel</p> <p><i>Forklare og definere begreber og udføre simple løsningsprocedurer</i></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne finder frem til at forskellen i farve ”før” og ”efter”, kan forklares ud fra flere parametre: temp, konc, antal alginatkugler, tid, type af kulhydrat. | <p>Delvis relationel</p> <p><i>Kombinere begreber rutinemæssigt, analysere og reproducere, forklare begreber og identificere sammenhænge</i></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne kan sammenligne deres forsøgsresultater med de fremstillede modeller og deres forsøgsdesign. De finder fejlkilder og eksperiment fejl som har påvirket deres resultater | <p>Relationel</p> <p><i>Identificere forskelle, kombinere begreber, analysere og bevise samt anvende begreber.</i></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne diskuterer modellen og designets muligheder og kommer med forslag til forbedringer. De overvejer desuden hvorvidt bage-enzym har en økonomisk/klimavenlig effekt i industriel/privat produktion af luftigt brød • De overvejer hvorvidt bageenzym har en økonomisk og klimavenlig effekt i industriel eller privat produktion af luftigt brød. | <p>Abstrakt</p> <p><i>Opstille hypoteser, bevise og generalisere, reflektere og perspektivere.</i></p> |

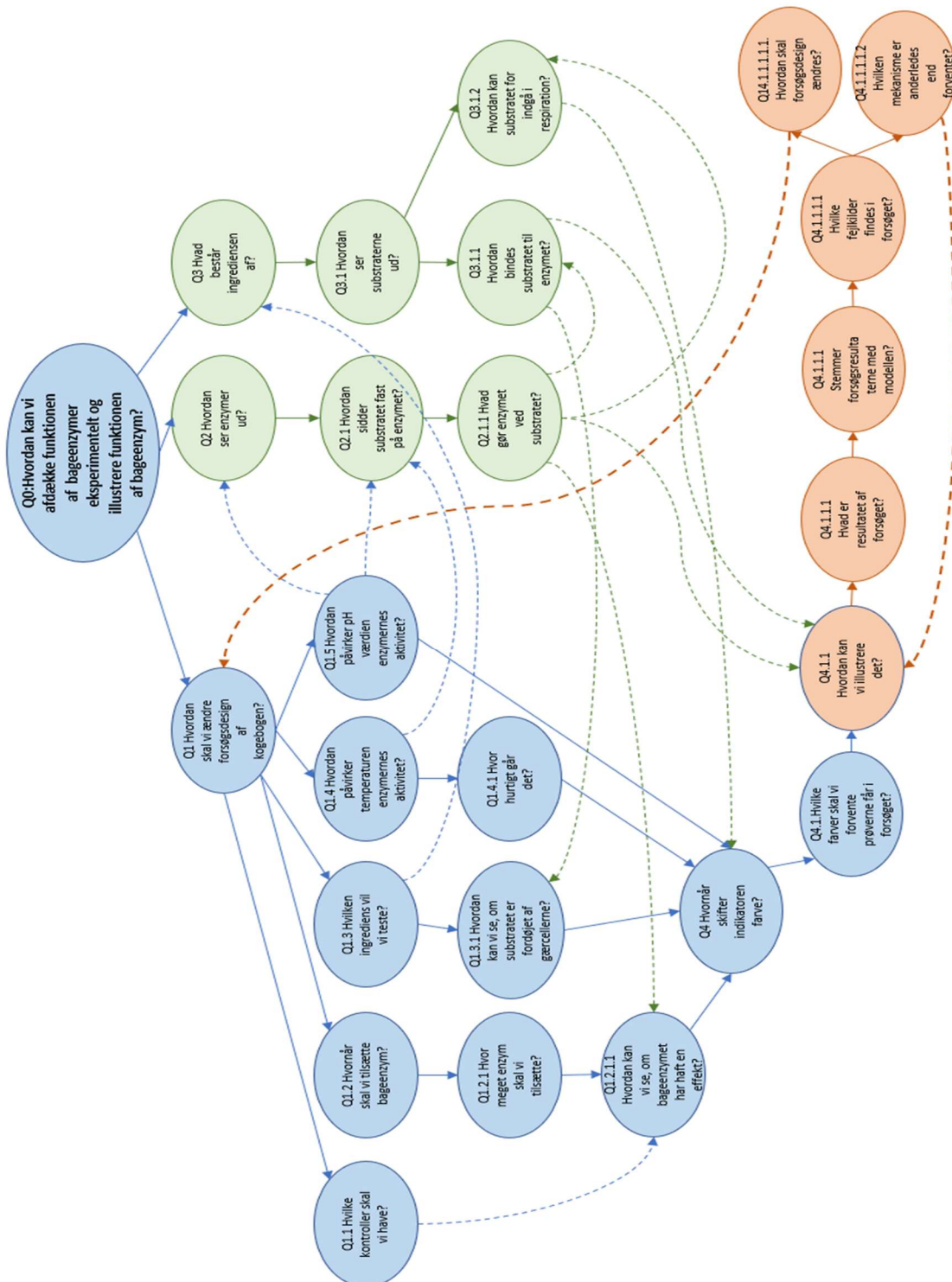
Bilag 3

Spørgsmålstræ over hvilke spørgsmål eleverne bør kende svaret på ved afslutning af modul 1. Den grønne farve indikerer at spørgsmålet har en teoretiske karakter og den blå farve indikere spørgsmål, som er knyttet til design af elevernes eget forsøg.



Bilag 4

Spørgsmålstræ over hvilke spørgsmål eleverne bør kende svaret på ved afslutning af modul 2. Den grønne farve indikerer at spørgsmålet har en teoretiske karakter og den blå farve indikere spørgsmål, som er knyttet til design af elevernes eget forsøg. Den røde farve indikere modellerings spørgsmål.



Bilag 5


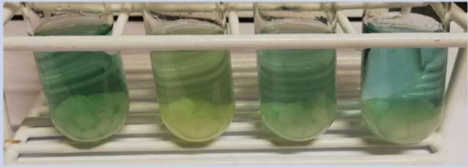
Oversigt over hvilke materialer eleverne havde adgang til i deres ressourcecenterum.

- Proteinsyntesen: <https://www.detergodtatvide.dk/genetik/proteinsyntesen/> Besøgt 16.10.23
- Gær: <https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/oel-verdens-foerste-svar-paa-anvendt-bioteknologi/gaersvampe/> Besøgt 16.10.23
- Bageenzymer forklaring: <https://www.novozymes.com/en/solutions/baking/bread-enzymes>
Besøgt 16.10.23
- Opskrift på brød med bageenzym: <https://www.valsemollen.dk/bageskolen/bag-med-bageenzymer/> Besøgt 16.10.23
- Kogebog:
https://nucleus.dk/files/docs/Mikrobiologibogen_supp/Eksperimenter/Eksperiment_Fors%C3%B8g-med-immobiliserede-g%C3%A6rceller_Mikrobiologibogen.pdf Besøgt den 29.3.24
- Videomateriale af hvordan alginatkuglerne støbes



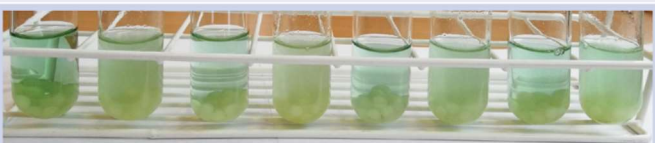

Bilag 6

Forsøgsresultater fra forsøg udført af underviseren.





Det første billede viser forsøgsresultater fra W₁. Resultatet viser, at glukoseopløsningen ændrer pH værdi af opløsningen og det derfor er nødvendig at opløsningsmidlet har bufferkapacitet.

| Phosphatbuffer med BTB og 25 gær-alginatkugler med forskellige substrater samt med og uden Valsemøllens bageenzym. | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Glukose | + | + | - | - |
| Phosphatbuffer | + | - | + | - |
| Saltopløsning | - | + | - | + |
| Inden tilsætning af alginatkugler |  | | | |
| Efter tilsætning af alginatkugler måske efter 30 min. |  | | | |

Det følgende billede viser resultater fra et forsøg, hvor der er inddraget bageenzym. Forsøgsresultatet angav, at enzymerne øgede effekten af respirationen for substraterne glukose, sukrose, stivelse og mel, hvilket delvist er det ønskede resultat. Men farveskiftet fra blå til gul skete i samme sekund, som enzytblandingen blev tilsat og ved efterfølgende test blev det observeret, at pH-værdien af enzytblandingen var lav og at tilsætningen af enzytblandingen og ikke funktionen af enzymerne forårsagede farveskiftet. Det ledte til en ændring af forsøgsdesignet/fremgangsmåden med et trin, hvor enzytblandingens pH-værdi blev indstillet til samme pH værdi som phosphatbufferen.

| Phosphatbuffer med BTB og 25 gær-alginatkugler med forskellige substrater samt med og uden Valsemøllens bageenzym. | | | | | | | | |
|--|--|---|---------|---|----------|---|----------|---|
| Kulhydrat | Glukose | | Sukrose | | Stivelse | | Hvedemel | |
| Bageenzym | - | + | - | + | - | + | - | + |
| Inden tilsætning af enzym. |  | | | | | | | |
| Lige efter tilsætning af bageenzym. |  | | | | | | | |
| Fem minutter efter tilsætning af bageenzym. |  | | | | | | | |
| Fire dage efter tilsætning af enzym. |  | | | | | | | |

Nedenstående billede viser resultatet af et forsøg, som vil kunne besvare Q₀. Som forventet ses det, at tilsætning af bageenzym øger gæringen, da bageenzym nedbryder de større polysakkarider således de kan optages af gærcellerne og benyttes til gæring.

| Phosphatbuffer med BTB og 25 gær-alginatkugler med forskellige substrater samt med og uden Valsemøllens bageenzym. | | | | | | | | |
|--|--|---|---------|---|----------|---|----------|---|
| Kulhydrat | Glukose | | Sukrose | | Stivelse | | Hvedemel | |
| Bageenzym | - | + | - | + | - | + | - | + |
| Inden tilsætning af enzym. |  | | | | | | | |
| Lige efter tilsætning af bageenzym. |  | | | | | | | |
| Fem minutter efter tilsætning af bageenzym. |  | | | | | | | |
| Fire dage efter tilsætning af enzym. |  | | | | | | | |

Bilag 7

Eksempler fra SFF-analysen

Nedenstående er angivet to eksempler. I det første eksempel er de uddrag af samtalen samlet, hvor eleverne diskuterer, hvorvidt de forventede farveændringer i forsøget stemmer overens med de observerede farveændringer. Elevernes samtale om det emne hører under kategorien modellering og har fået tildelt Q_i - Hvordan stemmer resultat og hypotese sammen? I det andet eksempel fra samme modul diskuterer eleverne, hvorvidt de benyttede tørgær eller frisk gær i deres forsøg. Det hører til under kategorien forsøgsdesign og har fået tildelt Q_i - Hvilken type gær benyttes?

Eksempel 1

D: Men hvis men i teorien skulle den gerne blive mere gullig

B: Jo, i hver fald i nogle glas

D: Ja, i de glas med stivelse og bageenzym

D: Jo, men havde vi ikke lavet en hypotese eller sådan noget

B: Vi havde i hvert fald forventet at den med glukose i havde ville blive mere sur, ikke

D: Jo, men det er både glukose og bageenzym, ik

B: Jo dem med glukose i og så fik tilsat bageenzym i, dem forventede vi ville blive sådan lidt mere sure

D: Dem var der kun en i

B: Har vi det? (lyder meget glad)

D: Det er faktisk rigtigt, men på vores billeder fra sidst der er det minimalt

D: Ja, det er rigtigt nok, man kan godt se en lille smule

D: Ja, det er rigtigt nok, hvis du ser det herfra

D: Jo det kan godt passe, det er kun toeren der er glukose i, så jo

B: Men den der skulle blive nedbrudt til glukose

D: Ja, det er rigtigt nok

D: De ser rimelig gennemsigtige ud efterhånden

B: Der er farve i

B: Vi havde ønsket, at dem der var stivelse og glukose i de måske var blevet lidt mere sure

D: Større farveskift

B: De minder lidt for meget om dem, altså I den her er der f.eks. slet ikke stivelse eller glukose i, der er kun bageenzym ...og så er der de her to

B: Ja, lige præcis. De ligner lidt for meget hinanden

B: Vi havde lidt ønsket...vores forventning var at især glas 1 og 2 skulle have været mere sure end de andre for der har vi både noget stivelse, noget glukose og bageenzym

Eksempel 2

B: Altså vi fik sådan en gæroløsning som Charlotte havde lavet til os, som vi så blandede sammen med calcium mener jeg det var

D: Jeg tror det var den levende

B: Bekræfter

D: Har vi ikke skrevet det ned

B: Vi brugte alle det samme i alle forsøg

D: Nej, jeg tror der var nogen som brugte tørgær uden at være helt sikker.

D: Jeg er ret sikker på vi brugte den normale. Altså ikke tørgær

B: Var der ikke kun en kolbe..

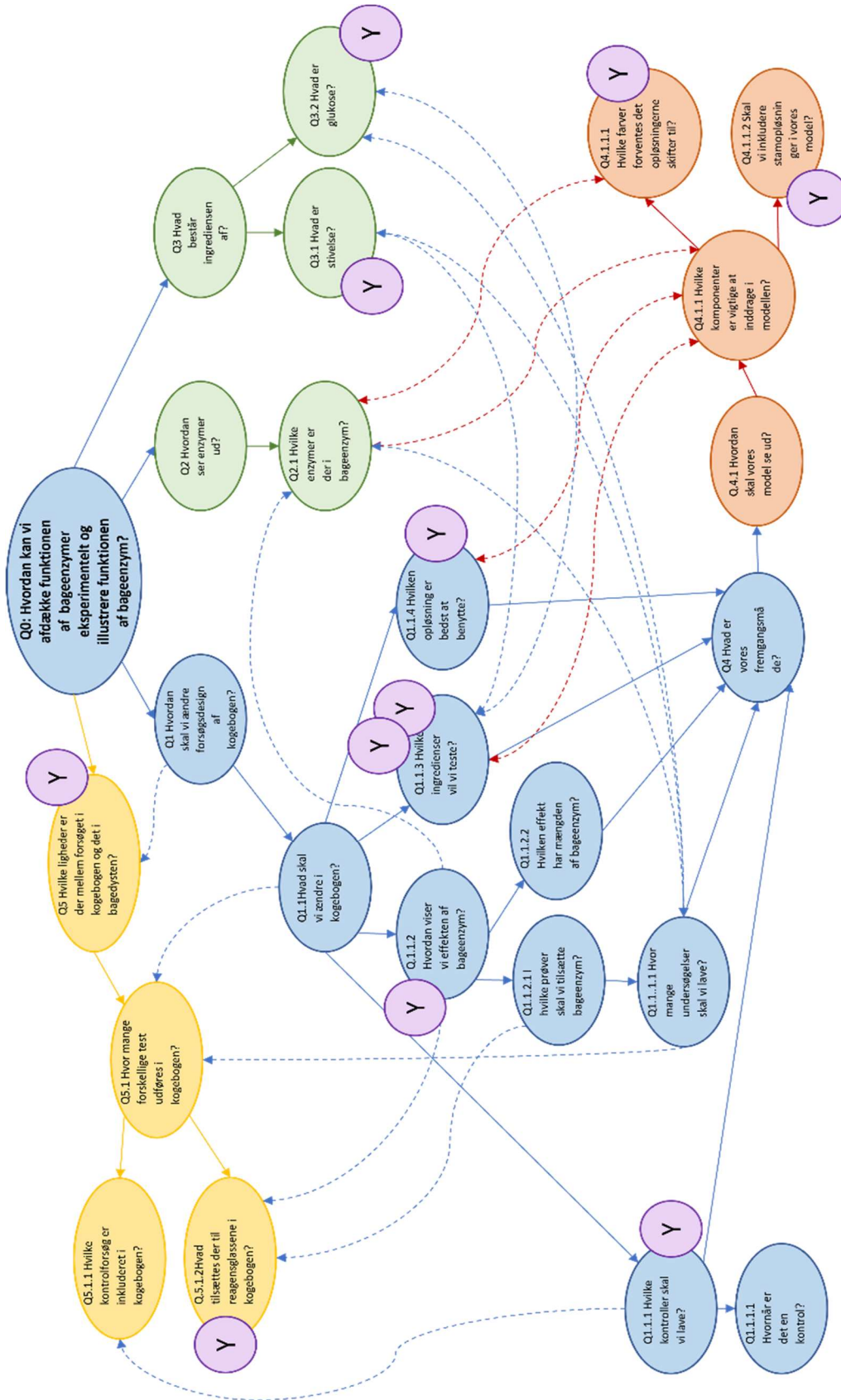
D: Jeg er ret sikker på vi brugte den almindelige gær

B: Vi brugte den almindelige gær

B: Det er gær, der er opløst

Bilag 8

Spørgsmålstræ fra SFF-analysen modul 2.2 gruppe X1.



Bilag 9

Spørgsmålstræ fra SFF- analysen modul 5.2 gruppe X₁.

