

Det eksperimentelle og praktiske arbejde på NAT-BAS¹

Jens Josephsen

Eksperimentelt og praktisk arbejde har en fremtrædende plads i undervisning i naturvidenskab på alle niveauer. Eksperimentelt og praktisk arbejde i naturvidenskabelige studier betragtes her som iagttagelse af eller manipulation af afgrænsede dele af naturen² med det formål at beskrive kvalitative træk eller opnå talstørrelser for bestemte parametre i en model; resultaterne skal gøre det muligt at belyse sammenhænge eller afprøve en hypoteses validitet. Selv om man kan lære meget af at foretage tankeeksperimenter og simuleringer af virkeligheden, begrænses den følgende behandling til reale eksperimenter.

Netop ordene "iagttagelse" og "manipulation" kunne opfattes som nøgle-ord i to forskellige "arketyper" af eksperimentelt og praktisk arbejde, nemlig NATURBESKRIVELSE og EKSPERIMENTEREN. Disse kunne i grove træk karakteriseres således:

NATURBESKRIVELSE (Iagttagelse af afgrænsede dele af naturen): Naturens elementer og struktur.

Spørgsmål der stilles er typisk :

- hvad er det og hvor meget er der
- hvad består det af
- hvor stammer det fra
- hvilken sammenhæng findes det i

Der udføres OBSERVATIONer

EKSPERIMENTEREN (Manipulation af afgrænsede dele af naturen): Naturens opførsel og dynamik ved bestemte påvirkninger.

Spørgsmål der stilles er typisk :

- hvad sker der hvis
- har dette nogen indflydelse på
- hvordan afhænger det af
- hvordan afgør man om

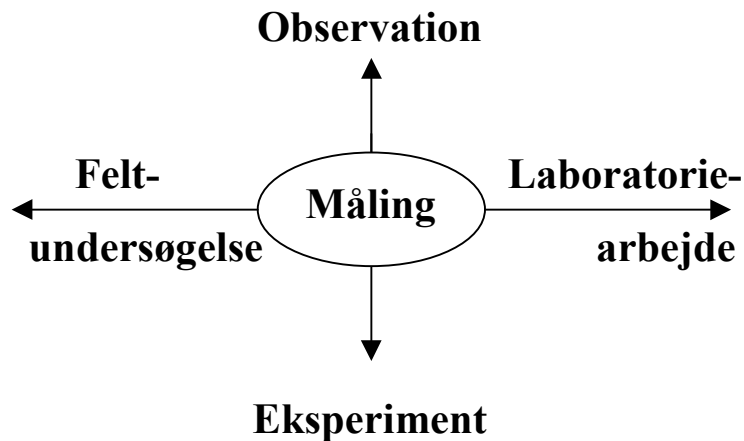
Der udføres EKSPERIMENTer

Måling og opnåelse af data er noget centralt i begge typer af eksperimentelt og praktisk arbejde, men kategorierne må ikke forveksles med FELTARBEJDE og LABORATORIEARBEJDE, som jo kun karakteriserer, hvor det eksperimentelle og praktiske arbejde overvejende udføres og data opnås, og ikke hvilken sammenhæng de indgår i.

Dette illustreres i følgende figur.

¹ Arbejdsrapport, hvis indhold bl.a. blev præsenteret på SIKB for lærere ved NAT-BAS 9.01.02

² Definitionen af NATUR er en kompliceret sag, der kræver en selvstændig udredning. Her tages et simpelt udgangspunkt: med NATUR menes der blot den håndgribelige omverden, som består af (levende og dødt) stof og som forandres som følge af eller ledsaget af ændringer i energi.



Naturvidenskabelige discipliner (fag) har forskellige genstandsfelter og forskellige traditioner (og nogle gange forskellige muligheder) for graden af "naturbeskrivelse" og graden af "eksperimenteren". Sådanne forskelle eksisterer også i undervisningstraditionerne for de forskellige fag (og endda i fagdiscipliner inden for faget).

Begrundelser for det eksperimentelle arbejde i uddannelserne

Er målene for eksperimentelt og praktisk arbejde i undervisningen også forskellige i de forskellige fag ?

Eller vil eksperimentelt og praktisk arbejde inden for en faglig tradition helt eller delvist kunne opfylde målene inden for en anden faglig tradition ?

Målene for eksperimentelt og praktisk arbejde i undervisningen omfatter både kognitive og affektive mål og er altså at give de studerende færdigheder og kompetencer på den ene side og attituder og holdninger på den anden side.

Lynch(1983) har kategoriseret mange (skole-) læreres udsagn om målene med eksperimentelt og praktisk arbejde i undervisningen i 6 kategorier:

- at motivere for faget
- at forøge indlæring af begreber og fænomener
- at illustrere videnskabelig metode
- at træne laboratoriefærdigheder
- at træne det at udføre videnskabeligt arbejde
- at udvikle videnskabelig attitude

At målene for eksperimentelt og praktisk arbejde for kemi i det danske gymnasium ikke er ganske forskellige herfra ses af en tolkning (Josephsen 1999) af bekendtgørelse og vejledning for kemi i gymnasiet i DK:

- at illustrere begreber
- at illustrere kemiske metoder
- at træne laboratorieprocedurer

at give et vist kendskab til laboratorieudstyr
at skabe opmærksomhed om sikkerhedsproblemer
at udvikle iagttagelsesevnen

Woolnough(1983) og Kirschner(1992) og senere White(1996) gennemgår og diskuterer en række almindelige begrundelser for det eksperimentelle og praktiske arbejde og kasserer gyldigheden af nogle af disse begrundelser, nemlig

- at eksperimentelt og praktisk arbejde skulle tjene til bedre at kunne forstå teoretisk stof
- at eksperimentelt og praktisk arbejde giver mulighed for at "opdage" og opnå meningsfuld erkendelse, og
- at eksperimentelt og praktisk arbejde destillerer viden og forståelse om teorier og begreber.

Til gengæld argumenterer han for at de følgende 3 komprimerede begrundelseskategorier (med detaljerende udspænding) kan anvendes for eksperimentelt og praktisk arbejde:

at træne **færdigheder**

- at kunne observere (årvågent og med præcision)
- at kunne manipulere med udstyr (teknikker og procedurer)
- at kunne planlægge eksperimentelt og praktisk arbejde (metoder og principper)
- at kunne tolke resultater (i deres sammenhæng)
- at kunne redegøre (skriftligt og mundtligt) for det eksperimentelle og praktiske arbejde

at træne **akademisk fremgangsmåde** (som bl.a. kan beskrives ved følgende faser)

- at kunne identificere et problem
- at kunne formulere et problem
- at kunne udarbejde løsningsstrategier
- at kunne udvælge løsningsstrategi
- at kunne løse et problem
- at kunne evaluere løsningen

at skabe **erfaring med fænomener** (som er nyttigt, fordi)

med en fornemmelse og oplevelse af hvordan (ukendte dele af) naturen ser ud og opfører sig får man opbygget en "tavs viden". Med tilstrækkelig meget af sådan "tavs viden" vil man med tiden opbygge fingerspitzengefühl for denne del af naturen og kunne aktivere og udnytte den "tavs viden".

Motivationsbegrundelsen synes ikke at være med hos Kirschner, men der hersker ingen tvivl om, at mange studerende ser frem til eksperimenter og øvelser (om ikke andet så for at få en anden vinkel end arbejdet med at tilegne sig lærebogsstoffet og løse skriftlige opgaver). Eksperimentelt og praktisk arbejde har med andre ord en klar pædagogisk funktion.

At bedømme (to assess) de studerendes eksperimentelle og praktiske arbejde graderet er også en vanskelig sag. Hodson(1992) argumenterer for at der (i skolen) normalt bliver lagt alt for megen vægt på manuelle færdigheder og hvor meget eleverne skal have hjælp undervejs. Han argumenterer i stedet for at der anlægges et mere holistisk syn på arbejdet baseret på en professionel's (lærerens) vurdering af om det eksperimentelle og praktiske arbejde i mere open-ended opgaver er "god videnskab" eller ej. Der lægges altså her mere vægt på processen - at kunne gå fornuftigt og velovervejet frem - frem for på om resultatet nås efter en tillært standardmetode.

Udspænding af eksperimentelt og praktisk arbejde

Uanset formål og begrundelser for eksperimentelt og praktisk arbejde i undervisningen er der en række elementer, som karakteriserer det. Rækken af elementer kan være mere eller mindre omfattende og rig på detaljer (Hellingman 1982, Josephsen 1997), og være mere eller mindre egnet til at identificere ud fra en rapport, en øvelsesvejledning eller en iagttagelse af de studerende, der udfører eksperimentelt og praktisk arbejde. Nedenfor er gengivet en sådan liste (Josephsen 1997), der snarere end at være et evalueringsredskab kan opfattes som et vejledningsredskab (en checkliste) og anvendes i forbindelse med en læreproces, der træner selvstændigt eksperimentelt (projekt-)arbejde.

Detaljerigdommen i en generel beskrivelse af disse elementer er især mulig (og kan være relevant) hvor forskellene i muligheder, traditioner og kompleksitet er lille. Er der store forskelle i objekter og synsvinkler kan detaljerne være svære at sammenligne i fornuftige kategorier og en mere kortfattet og bredere kategorisering kan være hensigtsmæssig, hvis målet er at foretage meningsfulde sammenligninger der pointerer ligheder og forskelle.

Elementer i eksperimentelt arbejde

A	Formålsformulering
1	Definering af et formål med det eksperimentelle arbejde
2	Præsentation af ideer om eksperimenternes udfald
3	Eksperimenterne er beregnet til at belyse hypotesens validitet
B	Designfaserne:
1	Anvendelse af standardopstillinger/-apparater/-udstyr
2	Anvendelse af standard procedurer/teknikker
3	Kendskab til flere standard procedurer/teknikker
4	Valg mellem flere standard procedurer/teknikker
5	Kendskab til sikkerhedsforanstaltninger
6	Kendskab til flere metoder/principper
7	Valg mellem flere metoder/principper
8	Design af nyt udstyr/ sammensætning af ny opstilling
9	Modifikation af eksisterende metode/princip
10	Konstruktion af en ny metode/princip
C	Performancefaserne:
1	Procedures/teknikkens krav til manuelle færdigheder
2	Procedures/teknikkens sammensathed/tidskrav
3	Procedures/teknikkens krav til omhyggelighed
4	Procedures/teknikkens krav til sikkerhedsforanstaltninger
5	Reproduktion af målinger/procedurer
6	Standardiserings/kalibreringskrav/sampling/brug af kontroller
7	Optimering af procedure/teknik
D	Evalueringsfaserne:
1	Kendskab til de anvendte metoders og teknikers nøjagtighed
2	Statistisk databehandling
3	Databehandling i matematisk model/ Fitning af parametre
4	Simulering af resultater
5	Præsentation af resultater i overensstemmelse med tradition
6	Sammenligning med eksisterende viden af lignende karakter
7	Fortolkning af resultater i relation til hypotese/formål med arbejdet

NAT-BAS og det eksperimentelle arbejde

Den Naturvidenskabelige Basisuddannelse som undervisningsarena, hvor et af hovedmålene er at sørge for naturvidenskabelig almindelse³, er konfigureret med de klassiske naturfag (science fagene) og med matematik og datalogi, som kan levere potente redskaber til at beskrive naturen. Som fælles indgang til en række fag med forskellig tradition og fokus skal NAT-BAS kunne bidrage til at de studerende bliver generelt klogere på naturvidenskabelige fænomener og hvordan de studeres og beskrives, samtidigt med, at den skal indeholde forskolings elementer af de fag, som bliver valgt efter NAT-BAS. Træning i eksperimentelt og praktisk arbejde er essentielt for nogle fag (kemi, molekylærbiologi, miljøbiologi og fysik) og vigtigt nok for geografi og Tek-sam, medens andre arbejdsformer synes vigtigst for undervisningen i matematik og datalogi.

Gennem systemet af semesterbindinger er NAT-BAS desuden en plads, hvorfra naturen og naturvidenskaben kan iagttages fra forskellige synsvinkler. Det eksperimentelle arbejde har sin særlige rolle i indholdet i projekt-arbejdet, hvor den studerende **skal tilvejebringe og behandle egne måleresultater, der på afgørende måde bidrager til belysning af projektets problemstilling.**

Projektrapporter fra NAT-BAS 2. semester under temaet "Modeller, teorier og eksperimenter i naturvidenskab" er en oplagt kilde til vurdering af hvilken status eksperimentelt og praktisk arbejde har. Specielt kan det have interesse at forsøge at belyse på hvilke punkter faglige traditioner er ens (almen naturvidenskabelig ballast) og hvor de er forskellige (speciel faglig forskoling).

Det konkrete projektarbejde vælges ud fra mange forskellige, herunder metakognitive kriterier.

Om genstandsfelt for "eksperimentelt arbejde" på NAT-BAS

Genstandsfelt og sagsforhold, emneområder og metoder i projektarbejdet bliver valgt af de studerende og deres vejleder på NAT-BAS og er ikke fastlagt på en meget velafgrænset og entydig måde. Hvordan foretages valget optimalt ?

Gennem tiden har der været ført mange diskussioner om konkrete projektarbejder hørte hjemme på NAT-BAS eller ej. Sådanne diskussioner har bevæget sig i spændingsfeltet mellem en afklaringsorienteret refleksion over hvad naturvidenskab er på den ene side, og en regeltæknings domineret argumentation om hvad der som minimum skal til for at etiketten "naturvidenskab" ikke er misvisende, på den anden. En ofte frugtesløs diskussion mellem to parter med to helt forskellige ærinder; på den ene side at retfærdiggøre et givet studiearbejde som værende af en tilstrækkelig kvalitet og relevans til at udfylde krav til dele af NAT-BAS; og på den anden side et ønske om at eksponere en erkendelse om det eksemplariske, gedigne arbejde i naturvidenskab.

En integreret del af projektpædagogikken på RUC er at evaluere det udførte arbejde i et samarbejde mellem studerende og vejleder(e). Evalueringen beskæftiger sig bl.a. med, hvordan projektarbejdet forholder sig til semesterbindinger, temaer og dimensioner (formuleret i studieordninger og andre

³ Der kan argumenteres med, at for at være almindannet skal man også kunne "tale med om" naturvidenskabelige og teknologiske emner. Der har dog været en tendens til især at lægge vægt på historiske og kulturelle forhold, når man snakker dannelse. At sætte "naturvidenskabelig" foran almindannelse er altså ment som en understregning af et forsømt element i almindannelsen og placerer udtrykket som en oversættelse af det engelske "scientific literacy".

bestemmelser). Det formative aspekt af denne del af evalueringen er vigtig. Den er forbedringsorienteret og altså fremadrettet og skaber rum for at reflektere over hvad det er der karakteriserer et studiearbejde der er essentielt eller centralt inden for fagområdet - her det naturvidenskabelige. Når det ikke handler om at få attest, at have opfyldt mål eller opfyldt krav, er der gunstigere betingelser tilstede for at blive klogere på hvorfor det er mere hensigtsmæssigt at manøvrere studiemæssigt på en måde frem for på en anden.

Hvad kan man da udpege som centralt eller essentielt ? Er det anvendelse af instrumenter og udstyr, der kan måle eller processere data? Er det anvendelse af de metoder som er karakteristiske for et eller flere af de naturvidenskabelige fag (hvortil vi pr. tradition henregner matematik og datalogi)? Eller skal det handle om fænomener i naturen?

Her kan man hente argumenter i det forhold, at den naturvidenskabelige basisuddannelse skal bidrage til den del af almindannelsen som på engelsk kaldes "scientific literacy". Den person, der med rette kan kaldes naturvidenskabeligt almindannet, skal kunne føre en fornuftig samtale om mange af naturens almindelige og særlige fænomener. Et af tidens fænomener er, at unge er mere optaget af sin personlige udvikling end af naturvidenskab og teknik. Nogle vil mene, at de ikke gennem opvæksten er blevet inspireret til at iagttage processer og objekter i naturen og at de ikke har lært nok i skolen om den slags. De er i højere grad blevet trænet i andre dele af grundlaget for almindannelsen. Derfor gælder det om at benytte gode anledninger til at få opbygget en fond af denne viden, som er med til at skabe den almene dannelse i naturvidenskab. Denne viden behøver ikke nødvendigvis (eller udelukkende) at være systematisk som den bliver formidlet i kurser. Det hører med at man med en vis naturvidenskabelig indsigt har opbygget en kognitiv struktur, der gør det lettere at opfange, forstå og internalisere nye observationer af samme art i strukturen. Fra et vist niveau er der tale om en selvforstærkende proces.

Den naturvidenskabelige almindannelse kan derfor bedre opbygges ved at beskæftige sig med fænomener i naturen end ikke at gøre det. Strategisk betyder det, at genstandsfeltet for projektarbejdet og de sagsforhold der behandles skal involvere naturen og dens fænomener for at være centralt i forhold til denne udvikling.

Et par eksempler.

At arbejde med at optimere søgealgoritmer (fx med fuzzy logik) til at hente så mange relevante informationer som muligt på internettet, er ikke trivielt. Der er gedigne datalogiske elementer der skal i spil, og kriterier for effektivitet skal opstilles og forskellige programmer afprøves. Men der er ikke noget naturvidenskab i det: Medens arbejdet kan bidrage til den generelle akademiske opkvalificering, og til den datalogiske, så forbigår man en chance for at få forstand på et sagsforhold, der er relevant for opbygningen af naturvidenskabelig dannelse. Hvis man derimod havde arbejdet med billeddannelse på computer ved ray-tracing, hvor forskellige optiske fænomener som lysspredning skal simuleres havde man haft tilknytning til et fænoménområde i fysik, som i sig selv bidrager til den naturvidenskabelige almindannelse.

Der er god matematisk erfaring at hente i at arbejde med modeller, der handler om forudsigelse af økonomisk udvikling. At forstå det matematiske indhold og vurdere de matematiske relationer eller opstille en sådan model og hente empirisk belæg for indstilling af startværdier og parametre er godt at få forstand af og ikke spor trivielt. Men man lærer ikke noget naturvidenskab af det: Medens arbejdet kan bidrage til den generelle akademiske opkvalificering, og til den matematiske, så

forbigår man en chance for at få forstand på et sagsforhold, der er relevant for opbygningen af naturvidenskabelig dannelse. Havde man derimod arbejdet med fiskerimodeller til forudsigelse af (torske-)kvoter mv. var man ud over de matematiske udfordringer også eksponeret for biologiske (og måske meteorologiske) forhold, som bidrager til den naturvidenskabelige almindendannelse.

Forskelle og ligheder i eksperimentel tradition i fagene

Netop p.g.a. de store forskelle i undervisningsfagernes tradition må analysen af forskelle og ligheder i det eksperimentelle og praktiske arbejde forholde sig til forholdsvis brede kategorier. Der har været anvendt en kortfattet formulering (Josephsen 2001), der indordnes under en forholdsvis almindelig skabelon for præsentation af videnskabeligt arbejde. Denne 5-punkts formulering "Fem faser i eksperimentelt arbejde" er gengivet herunder:

1. Formulering af formålet med det eksperimentelle og praktiske arbejde
 - A. begrundelse for den undersøgte detalje i en relevant sammenhæng
 - B. vurdering af mulige udfald
2. Udvælgelse og design af metode og udstyr
 - A. valg af standard eller design af nye procedurer/teknikker
 - B. valg eller design af metoder/princip i fremgangsmåde
3. Metodeafprøvning og dataopsamling (eksperimentelt)
 - A. standardisering, optimering, kalibrering og iagttagelse af særlige sikkerhedsmæssige foranstaltninger
 - B. reproduktion af fremgangsmåder og målinger
4. Bearbejdning af data og præsentation af resultater
 - A. evaluering af måledatas nøjagtighed og præcision
 - B. bearbejdning af data i (matematisk) model
5. Tolkning af resultater
 - A. sammenligning af resultater med eksisterende resultater og forventninger jf. formålet.
 - B. placering af resultater i forhold til den eksisterende erkendelse på området.

Øvelser og projekter

"Øvelser" findes i mere tilrettelagte og korte forløb, specielt i kurser på NAT-BAS, men kan også findes i projektarbejdet. "Øvelser" kunne karakteriseres vha. "Fem faser i eksperimentelt arbejde" således: Typisk vil punkt 1 (Formål) være anført i en øvelsesvejledning eller formuleret uden for de studerendes indflydelse (og især deres konstruktive læringsarbejde). "Øvelser" vil ikke lægge op til kritisk udvælgelse af udstyr eller metode, idet der typisk vil være angivet metode m.v. i øvelsesvejledningen.

Derimod er punkt 3 "Metodeafprøvning og dataopsamling" normalt en hovedsag i "Øvelser", ligesom der lægges vægt på punkt 4 "Bearbejdning af data og præsentation af resultater". Den matematiske model, som data bearbejdes i, vil imidlertid gerne være givet på forhånd (evt. i øvelsesvejledningen). Hvad angår punkt 5, vil elementet "placering af resultater i forhold til den eksisterende erkendelse på området" ikke nødvendigvis være i fokus i øvelser.

Projektarbejdet i NAT-BAS skulle gerne kunne tilbyde længerevarende forløb af eksperimentelt og praktisk arbejde, og dermed opfylde andre (typisk mere omfattende) uddannelsesmæssige mål end øvelser.

Beskrivelse og analyser af det eksperimentelle arbejde der foregår på NAT-BAS

I slutningen af 90'erne blev der foretaget en undersøgelse, der især beskrev i hvilken udstrækning eksperimentelt og praktisk arbejde overhovedet indgik i projektarbejdet på 2. det semester, hvis tematisering "Modeller, teorier og eksperimenter" lægger op til det. Analysen (Josephsen 1997) var et follow-up på en tilsvarende (lidt mere overfladisk) tidligere undersøgelse (Josephsen 1990), hvor vurderingen var, at omfanget af det eksperimentelle arbejde ikke var imponerende. Det blev ikke listen "Elementer i eksperimentelt arbejde" der er gengivet ovenfor, der blev brugt som analyseredskab. Langt enklere kriterier blev lagt til grund for at kalde et projekt "eksperimentelt" eller ej.

Kriterierne for at et projekt blev henregnet til kategorien "projekt med eksperimentelt og praktisk arbejde" var:

1. Det eksperimentelle og praktiske arbejde har et omfang svarende til mindst 50 timer i laboratoriet og/eller i felten. (Et projekt er alt i alt normeret til 4-500 arbejdstimer. En trænet eksperimentator vil kunne vurdere omfanget ud fra en rapport.)
2. Arbejdet handler om materialer og fænomener i naturen. (Problemer med afgrænsningen. Datalogisk arbejde kan være meget praktisk - men handle om andre ting fx automatisk orddeling)
3. Det eksperimentelle og praktiske arbejde bidrager på afgørende måde til belysningen af det studerede problem. (Der kan være påklistrede "øvelser", der ikke bidrager med noget)

Undersøgelsen blev udvidet til at omfatte 67 projektrapporter udarbejdet af 341 andet semesterstuderende (fra forårene 1996-98). I runde tal opfyldte 2/3 af rapporterne kriterierne, og af disse kunne ca. 60% henregnes til arketyperen "eksperimenteren" medens de knapt 40% var af typen "naturbeskrivelse".

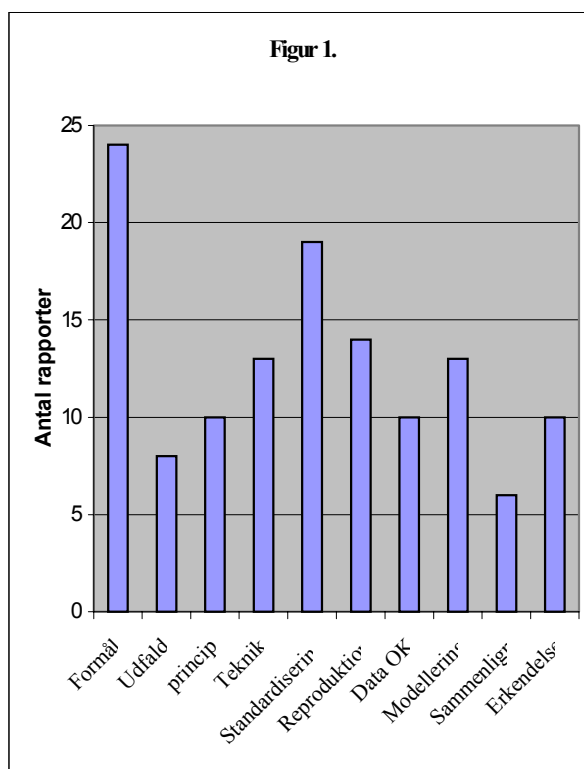
Fokus på de generelle eksperimentelle erfaringer i NAT-BAS

Den nyeste undersøgelse (Josephsen 2001) af det eksperimentelle arbejde omfatter 1999-årgangens 2-semester (forår 2000) rapporter. Ved hjælp af de "5 faser i eksperimentelt arbejde" skabelonen blev det vurderet, i hvilken udstrækning de faglige traditioner skinner igennem og om de opnåede erfaringer synes at være fælles for fagene. I analysen blev der søgt efter hvert enkelt af de 10 elementer ved at læse de studerendes beretning i projektrapporten om hvad der var foregået. Specielt blev det vurderet, om beskrivelsen vidner om at den pågældende fase har været en intellektuel udfordring for de studerende, eller om de blot har "overtaget" en standard eller ikke synes at have bearbejdet et område selvstændigt. Hertil hører at argumentere for hvorfor de pågældende valg er truffet idet relevante henvisninger til litteraturen forudsættes.

I det eksperimentelle arbejde på NAT-BAS indgår dels en alment naturvidenskabelig dimension, men også en enkeltfaglig dimension. Ved siden af analysen af det alment eksperimentelle indeholdt undersøgelsen derfor også en beskrivelse af, hvilke centrale enkeltfaglige (her kemiske) eksperimentelle elementer, der var at spore i de samme rapporter.

Der var 25 rapporter, som i næsten alle tilfælde syntes at indeholde praktisk eller eksperimentelt arbejde, der var relevant i forhold til det behandlede problem og forholdt sig til litteraturen. Kun i ganske få tilfælde var det eksperimentelle påklistret og i realiteten blot en øvelse, hvis resultat ikke bidrog yderligere til belysning af problemet. Et par iagttagelser er beskrevet nedenfor og i figur 1 og resumeret i tabel 1

- ♦ Kun ca. 1/3 af rapporterne vidner eksplicit om en diskussion af udfaldsrummet for eksperimenterne, selv om det i flere tilfælde ligger begravet i argumentationen for at udføre dem. Ikke alle af disse rapporter indeholder en sammenligning af de opnåede resultater med de opstillede forventninger.



I Studievejledningens afsnit om projektrapporten (Studievejledning 2001, NAT-BAS, side 45) er det ikke fremhævet, at det er nyttigt at anføre forventninger til udfaldet af det eksperimentelle arbejde. Det kan læses mellem linierne i rapporterne, at overvejelser af denne art er foretaget, men deres sammenhæng med designfasen er ikke klar.

- ♦ Omkring halvdelen af projektgrupperne synes at have anvendt en standard eksperimentel teknik (eller standard kombination af teknikker) og at have anvendt et velkendt undersøgelsesprincip uden videre argumentation. I den anden halvdel af tilfældene er flere forskellige metoder diskuteret (mere eller mindre grundigt) og det er blevet begrundet hvorfor den ene metode er foretrukket.

Dette forhold afspejler utvivlsomt at der i forskellige faglige områder er store forskelle på, hvor mange relevante standardmetoder der normalt er på banen. Fx. benytter man i eksperimentel fysik ofte specielt designede opstillinger og metoder; sådanne eksperimenter er ikke tyngede af tidrøvende standard teknikker, der forudsætter træning i at blive udført, sådan som det ofte er tilfældet i molekylærbiologiske undersøgelser. I kemi kan man finde begge disse ekstremer.

- ♦ 2/3 af rapporterne vidner om at standardisering/kalibrering har været ordentligt behandlet og sikkerhedsforholdene har været taget i betragtning. Desuden er resultaterne i disse tilfælde reproduceret.

Projekttitel	Område	F1	F2	M1	M2	E1	E2	R1	R2	T1	T2	SYN	SEP	PÅV	KVA	IDE	KAR
Boomerangens dynamik	Aerodynamik	+		+	+	+	+	+	+	+							
Restaurering af Borup Sø	Akvatisk økologi					+	+		+				+		+		
Vandløbet - den usynlige synder	Akvatisk økologi	+							+								
Faunaanalyse af vandløb.	Akvatisk økologi	+				+	+	+			+						
Overvågning af vandhuller	Akvatisk økologi	+						+			+				+		
Unilamellare vesicler	Biofysisk kemi	+		+	+			+	+		+		+				
Protein folding	Biofysisk kemi	+	+	+		+				+	+						+
UV bestråling af Tardigrades i cryptobiose	Biofysik	+	+	+	+	+	+			+	+						
Nervens impuls udbredelse	Biofysik	+	+		+	+		+							+		
Transient kaos i en lukket Belousov-Zhabotinsky reaktion	Kemisk kinetik	+	+				+		+						+		+
Ørkendannelse i Sahel	Klimatologi	+			+	+			+								
Algoritmers egnethed i forskellige miljøer	Datalogi	+	+	+	+	+	+										
Automatisk kategorisering af hjemmesider	Datalogi	+		+	+			+									
Læhegnsproblematik	Miljøbiologi	+				+	+			+							
[Cu] variation i sedimentet	Miljøkemi	+	+			+	+	+	+	+			+		+		
Bestemmelse af flowretningen i et lukket elastisk kredsløb	Væskedynamik	+		+	+	+	+	+	+	+	+						
Alkohol og nervesystemet	Human fysiologi	+			+	+		+			+		+		+		
Mikrobiologisk nedbrydning af olie	Mikrobiologi	+		+	+						+						
Gærcelletest af østrogen-lignende stoffer i plastik	Molekylærbiologi	+	+		+	+	+		+		+		+		+		
Behandling af cancer celler med cis og carboplatin	Molekylærbiologi	+				+								+			
Farvede skygger	Optik/ farvesyn	+	+	+	+	+	+	+	+								
Bestemmelse af ligevægtskonstant for et charge transfer kompleks	Fysisk kemi/ spektroskopi	+					+	+									+
Metallernes vandring	Miljøkemi	+			+	+	+				+		+		+		
Roundup	Miljøkemi	+	+	+	+	+			+		+		+		+		
Nitratnedsivning på en økologisk mark	Miljøkemi	+				+							+		+		

Tabel 1: 25 Rapporter fra 132 studenter. Titler, fagområder og generel og kemisk eksperimentel erfaring. Kolonne 3-12 refererer til de 5 kategorier Formål (F1,F2), Metode (M1,M2), Eksperimentelt (E1,E2), Resultater (R1, R2), og Tolkning (T1,T2) omtalt ovenfor. Kolonne 13-18 refererer til de 6 typer af kemisk eksperimenteren Syntese, Separation, Påvisning, Kvantificering, Identifikation, and Karakterisering.

I betragtning af at en stor del af det aktuelle praktiske arbejde ikke kunne være foretaget uden anvendelse af standard procedurer med indbygget standardisering/kalibrering, burde flere end 2/3 have formuleret sig omkring dette aspekt. Kun et mindre antal af projekterne havde praktisk arbejde med sikkerhedsproblemer, hvis omfang oven i købet var begrænset. I kemi er sikkerhedsforholdene typisk meget vigtige, medens fx. analysen af faunaen i et vandløb normalt ikke inviterer til andet end dagligdags forholdsregler.

- ♦ Evaluering af resultaternes nøjagtighed og præcision og videre (matematisk) bearbejdning af dem findes i halvdelen af rapporterne.

Det er klart at dette aspekt er vigtigt i analytisk kemi, som jo anvendes bredt i mange forskellige sammenhænge (uden for kemifaglige problemstillinger), men i alle andre sammenhænge, hvor opnåede kvantitative data skal sammenlignes med andre kvantitative data er evaluering af data nødvendig. I mange andre sammenhænge er præcise tal ikke det vigtigste.

- ♦ Halvdelen af rapporterne afslører en grundig diskussion af de opnåede resultater i forhold til eksisterende viden i litteraturen.

Eksperimentelt arbejde udført af første års studerende producerer sjældent "vandtætte" og publicerbare resultater. Nogle af dem er faktisk ikke særligt konklusive, og i sådanne tilfælde er det ikke så nemt at diskutere sine egne resultater i forhold til det, der er publiceret. I stedet kan man i nogle af rapporterne spore den dårlige vane, (som må stamme fra skolen) at liste alle mulige tilfældige og systematiske fejlkilder uden at evaluere deres betydning.

Det eksperimentelle set fra en enkeltfaglig synsvinkel

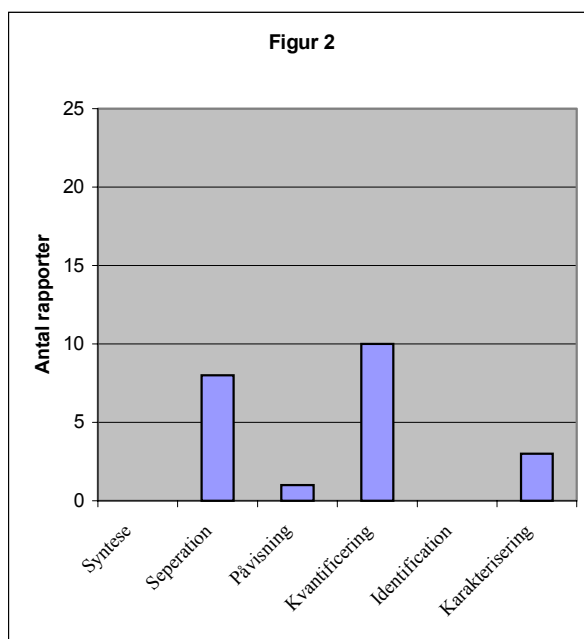
Det er oplagt at der i rapporterne er vidnesbyrd om eksperimentelt arbejde i et stort omfang og af meget forskellig art. Set fra en enkelt-faglig synsvinkel (fra de faglige bachelor- og kandidatfag) kan det konstateres at de allerfleste studerende i NAT-BAS's andet semester opnår generel eksperimentel erfaring, som er **relevant** for alle de naturvidenskabelige fag. På den anden side ligger det i undersøgelsen, at der ikke er fokus på, om den opnåede erfaring er **central** i et enkelt-fagligt perspektiv. Som et eksempel blev rapporterne analyseret i forhold til nogle centrale typer af eksperimenter i kemi.

Man kan anføre følgende typiske kemiske eksperimenter og procedurer, der hver især indeholder **design**, **udførelse** og **sikkerheds** dimensioner:

- ♦ **Syntese**: at anvise og kontrollere en kemisk reaktion med henblik på fremstillingen af en ønsket kemisk forbindelse (dannelse af en ønsket kemisk binding)
- ♦ **Separation**: at isolere en bestemt kemisk forbindelse eller gruppe af forbindelser fra en blanding
- ♦ **Påvisning**: at påvise tilstedeværelsen af en bestemt kemisk forbindelse eller kemisk komponent

- ♦ **Kvantificering:** at vise, hvor meget af en given kemisk forbindelse eller komponent der er tilstede i en prøve
- ♦ **Identifikation:** at demonstrere støkiometri og identitet af en given kemisk forbindelse eller veldefineret blanding af forbindelser
- ♦ **Karakterisering:** at bestemme en bestemt kvalitativ eller kvantitativ egenskab af en ren kemisk forbindelse eller komponent, eller en veldefineret blanding af forbindelser.

Som det fremgår af Figur 2 er der fra denne kemiske synsvinkel ikke meget eksperimentel træning, der efter rapporterne at dømme er central i kemisk forstand. Men man kan se, at analytisk kemiske teknikker til separation og kvantificering af bestemte kemiske forbindelser er almindelige i mange forskellige (fx miljøbiologiske og -tekniske) problemstillinger.



For overbygningsfagene er det naturligvis af interesse at vide noget om nogle for det på-gældende fag vigtige facetter af de studerendes typiske erfaringer gennem projektarbejdet på NAT-BAS. Hertil kommer de erfaringer der stammer fra deltagelse i kurser. Sådant viden er en forudsætning for at kunne kvalificere tilrettelæggelsen af bachelor og kandidatmodulerne. For kemi betyder det, at der drages nytte af den generelle eksperimentelle erfaring der synes at blive opnået allerede i de studerendes projekt i andet semester. Yderligere erfaring opnås desuden i andet år på NAT-BAS, vel ikke mindst af de studerende der vælger fag med en tydelig eksperimentel dimension, som fx kemi.

Referencer

- Hellingman, C.T. (1982) "A Trial List of Objectives of Experimental Work in Science Education" *Europ. Sci.Educ.* (4/1) 29-43
- Hodson, D. (1992) "Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science" *Science & Education* (1) 115-144.
- Josephsen, J. (1990) "What is science - according to the freshman students" in V. Meisalo and H.Kuitunen (eds.) *Innovations in Science and Technology Education*, National Board of General Education, Helsinki, 287-290
- Josephsen, J. (1997): "Experimental Work in Freshman Projects." In: International Conference on Project Work in University Studies 14-17 September 1997. *Conference Papers Volume I*. Roskilde University, Denmark: pp 136-141. Paper available at <http://virgil.ruc.dk/~phjens/publ/JUBIEXP3.pdf>
- Josephsen, J. (1999): "Elements of Experimental Work in the Upper Secondary School." In: *Practical Work in Science Education - the Face of Science in Schools*. K. Nielsen and A.C. Paulsen (Eds.). pp 103-111

Josephsen, J. (2001): "Elements of experimental work in the Sciences. Which are essential to Chemistry?". Paper presented at the 6th ECRICE, Aveiro. 2001. Available at <http://virgil.ruc.dk/~phjens/publ/s19.pdf>

Kirschner, P.A. (1992) "Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education" *Science & Education* (1) 273-299

Lynch, P.P. and V.L.Ndyetabura (1983): "Practical work in schools: An examination of teachers' stated aims and the influence of practical work according to students" *Journal of research in science teaching* **20** (1983) 663-671

White, R.T. (1996) "The link between Laboratory and Learning" *Int. J. Sci. Educ.* 18 [7] 761-773

Woolnough, B.E. (1983) "Exercises, investigations and experience" *Phys. Educ.* 18 60-63