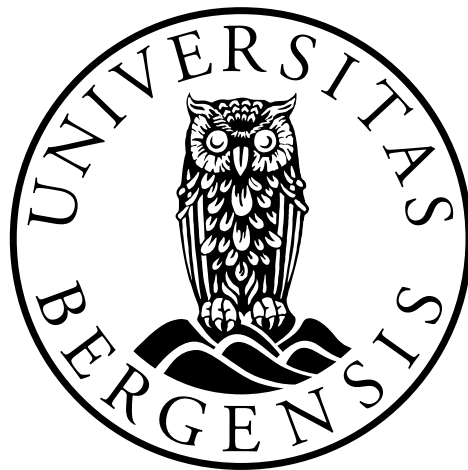


Tegn på forståelse av kjemi i elevrapporter

En undersøkelse av elevrapporter fra programfag i kjemi

Sigrun Eggereide



Masteroppgave i kjemididaktikk

Kjemisk institutt

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Universitetet i Bergen

Juni 2018

Forord

Denne masteroppgaven er avslutningen av min 5-årige integrerte lektorutdanning i matematikk og kjemi ved Universitetet i Bergen.

Først og fremst vil jeg rette en stor takk til min veileder, Matthias Stadler, for svært god hjelp og veiledning i arbeidet med denne oppgaven. Jeg vil også takke lærerne som har bidratt med å sende inn rapporter, og brukt av sin tid for å hjelpe til med mitt datamateriale. Takk til elevene som lot meg få bruke deres arbeid.

Takk til alle lektorstudentene jeg har studert sammen med disse årene, dere har gjort studiehverdagen til en fin tid. Masse #lektorlove fra meg!

Sammendrag

Praktisk arbeid i realfagsundervisning er et tema som er mye diskutert i forskningen. Særlig problemstillinger som omhandler læringsutbyttet av praktisk arbeid er mye forsket på, og i den sammenheng også rapportene som elevene skriver fra dette arbeidet. Men mye forskning er gjort på ungdomsskole-nivå, og mye er gjort i naturfag.

Denne oppgaven går mer i dybden på hva slags tegn på forståelse av kjemi som vises i elevrapporter fra programfag i kjemi. Det har spesielt blitt sett på hvordan elevene knytter sammen observasjonene sine med teori. Noen bestemte karakteristika ved elevenes språk, som kan fortelle noe om hvor ofte elevene lager logiske sammenhenger i teksten, er også blitt undersøkt. Rapportene som er blitt analysert, er fra elever i fem ulike kjemiklasser på skoler i Hordaland og Rogaland.

Funnene i oppgaven tyder på at elevene i svært varierende grad knytter sammen observasjoner til teori, og at det er veldig varierende hvor komplekst språk de bruker. En gruppe elever som ble undersøkt hadde bestemt fremgangsmåten sin for å løse et kjemisk problem selv, og disse skiller seg ut ved at de viser flest tegn på forståelse av kjemi. Videre viser det seg at det er minimale forskjeller på rapporter fra forsøk som er kvalitative eller kvantitative analyser, og forsøk som skal illustrere noe teoretisk.

På bakgrunn av funnene i oppgaven konkluderes det med at det ikke alltid er hensiktsmessig for elevenes læring å skrive en typisk rapport, da mange av delene i den «klassiske» rapporten ikke får en reell kommuniserende funksjon. Ofte har heller ikke elevene muligheter til å skrive noe fornuftig på utvalgte deler av rapporten, og dette kan resultere i en forståelse av kjemi som ikke er helt ønskelig. Skriveoppgaven elevene får, kan med fordel være mer realistisk og være bedre tilpasset det bestemte forsøket elevene gjør, og hva målet er at elevene skal lære. For eksempel kan oppgaven som elevene får i etterkant av et forsøk som skal illustrere noe teoretisk, være fokusert på å hjelpe elevene med å sette observasjonene fra forsøket i sammenheng med teorien.

Innholdsfortegnelse

FORORD	III
SAMMENDRAG	V
INNLEDNING	1
TEORI	3
PRAKTISK ARBEID I SKOLEN	3
LÆRINGSUTBYTTET AV PRAKTISK ARBEID	6
RAPPORTSKRIVING	9
LÆRINGSUTBYTTET AV SKRIVEAKTIVITETEN	12
DET FØRSTE FORSKNINGSSPØRSMÅLET	13
ELEVERS VITENSKAPELIGE SPRÅK	13
DET ANDRE FORSKNINGSSPØRSMÅLET	15
ANDRE ASPEKTER VED PROBLEMSTILLINGEN	15
METODE	17
KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE	17
DATAINNSAMLINGEN	19
DEN TEORETISKE BAKGRUNNEN FOR METODEN – OBSERVASJONER	23
<i>Eksempel på forsøk</i>	26
<i>Koding av hvordan observasjoner og resultater knyttes til teori</i>	27
DEN TEORETISKE BAKGRUNNEN FOR METODEN – EKSPANSJONSKLAUSULER.....	30
<i>Koding av ekspansjonsklausuler</i>	32
TESTING AV ANALYSEVERKTØYENE	34
<i>Testing av koding av klausuler og ekspansjonsklausuler</i>	35
<i>Test av koding av observasjoner og deres abstraksjonsnivåer</i>	37
PÅLITELIGHET, GYLDIGHET OG GENERALISERBARHET	38
RESULTATER	43
EKSPANSJONSKLAUSULER I RAPPORTENE	43
OBSERVASJONER I RAPPORTENE	46
RAPPORTENE SOM ER FYLT INN I EN MAL	47
Å DESIGNE SITT EGET FORSØK	48
DE LENGSTE RAPPORTENE	52
FORSØK SOM SKAL ILLUSTRERE TEORI VERSUS ANALYSEFORSØK.....	54
FEILKILDER.....	57

DISKUSJON	59
HVORDAN ELEVENE KNYTTER OBSERVASJONER TIL TEORI	59
Å LÆRE TEORI FRA PRAKTISK ARBEID	64
BRUK AV EKSPANSJONSKLAUSULER	66
MÅ ALLE DELENE I RAPPORTEN ALLTID VÆRE MED?	70
<i>Hypoteser</i>	70
<i>Feilkilder</i>	73
IMPLIKASJONER FOR KLASSEROMMET	76
IMPLIKASJONER FOR VIDERE FORSKNING	78
LITTERATUR.....	80

Innledning

Både i kjemitimene på videregående og på lektorutdanningen har jeg gjennomført mange praktiske øvelser. Hvor mye jeg har forstått av forsøkene har vært varierende. I blant var det tydelig for meg hva som var hensikten med forsøket, og hva det var meningen at jeg skulle lære fra det. Mens andre ganger var denne forståelsen ikke til stede, og det var uklart hva vi holdt på med og hvorfor vi gjorde det. Men uavhengig av min oppfatning av forsøkene, har de blitt sett på som en selvfølgelig del av undervisningen.

De aller fleste forsøkene ble etterfulgt av en mer eller mindre omfattende forsøksrapport. Til noen øvelser skulle man fylle inn noen observasjoner og reaksjonsligninger på et ark, mens til andre øvelser krevdes det at man skrev flere sider med beskrivelse av forsøket, og drøfting av resultatet og feilkildene. Også i denne delen av arbeidet var det noen ganger klart for meg hva som skulle være mitt læringsutbytte, men andre ganger var ikke dette tilfelle.

Det var først i faget kjemididaktikk på lektorutdanningen at jeg ble presentert for forskning som tydet på at ikke det er selvsagt at elevene lærer teori av praktisk arbeid. Det er mye som tyder på at det er utfordrende for elevene å gjøre meningsfulle koblinger mellom det praktiske de gjør i et forsøk og det teoretiske lærestoffet. For meg var dette på en måte overraskende, men på en annen måte stemte det bra med mine erfaringer. Grunnen til at det overrasket meg, var at som elev hadde jeg et inntrykk av at lærere og forelesere i kjemi la stor vekt på praktisk arbeid og mente at vi lærte mye av det. Samtidig stemte det med mine egne erfaringer, som ofte innebar en følelse av forvirring og at jeg ofte ikke visste helt hva jeg holdt på med på laboratoriet. Hvordan forsøket hang sammen med det teoretiske jeg skulle lære, var også noe jeg sjeldent var klar over.

Dette har fått meg til å tenke mye på ulike aspekter ved det praktiske arbeidet i skolen – og spesielt rapporten som ofte følger etter et forsøk. Hva slags hensikt har det å skrive rapport etter et forsøk, sett at elevene ikke har klart å forstå sammenhengen mellom det de har sett i forsøket og det de skal skrive om? Er rapporten et nyttig verktøy, som gjør at de klarer å

knytte fagstoffet til eksperimentet? Kanskje de ved hjelp av spørsmålene som stilles i rapporten, og det at de får arbeidet mer med forsøket, klarer nettopp dette. Eller er det sånn at når først sammenhengen mellom det praktiske og det teoretiske er utydelig for elevene, så fremstår disse to aspektene så løsrevet fra hverandre at det ikke er mulig å skape meningsfulle koblinger i rapporten?

Disse spørsmålene har gjort at jeg i denne oppgaven vil undersøke problemstillingen:

Hvilke tegn på forståelse av kjemi blir synlig i elevrapporter fra praktisk arbeid?

Teori

Praktisk arbeid i skolen

Faget kjemi slik vi kjenner det i dag har blitt utviklet gjennom flere hundre år med eksperimentering. Ringnes og Hannisdal (2014, s 177) beskriver det slik: «All den praktiske kunnskap om stoffers egenskaper, oppbygning og reaksjoner har kjemikere i årenes løp systematisert og også rekonstruert. De har utviklet teoretiske modeller som samsvarer med resultater fra laboratoriet. Kjemi er derfor både et praktisk fag og et teoretisk fag.»

I læreplanen for programfaget kjemi står det at «Utviklingen av kjemisk viten skjer i en vekselvirkning mellom eksperimenter og teori. Vekselvirkningen avspeiles i programfaget kjemi, der planlegging og gjennomføring av forsøk og vurdering av resultater er sentralt.» (Utdanningsdirektoratet, 2006, s. 2). Kompetansemålene legger tydelig til rette for praktisk arbeid, og flere kompetansemål uttrykker at elevene skal kunne gjøre spesifikke eksperimenter. Under er en oversikt over alle kompetansemålene som innebærer utførelse av et forsøk.

Kjemi 1

- gjennomføre forsøk med renseprosesser for vann og gjøre rede for forurensning i drikkevannskilder
- planlegge og gjennomføre syrebasetitreringer, begrunne valg av indikator og tolke titerkurver
- måle pH med ulike metoder og beregne pH i sterke og svake syrer og baser

Kjemi 2

- påvise metaller i legeringer og ioner i salter og gjøre rede for resultatene
- utføre analyser med kolorimetri og tolke enkle massespektre og $^1\text{H-NMR}$ -spektre
- planlegge og gjennomføre enkle vannanalyser og vurdere analyseresultatene i forhold til vannets bruksområde

- gjøre rede for reaksjonstypene oksidasjon, substitusjon, addisjon, eliminasjon, kondensasjon og hydrolyse, og gjøre forsøk med minst to av dem
- gjøre påvisningsreaksjoner på enkle organiske forbindelser
- gjøre forsøk med enzymer og forklare hvordan de fungerer
- gjøre forsøk med forbrenningsreaksjoner og forklare hva som skjer
- gjøre forsøk med korrosjon og forklare hvordan korrosjon kan hindres
- planlegge og utføre analyser ved hjelp av redokstitrering
- gjøre forsøk med elektrokjemiske celler og gjøre rede for spontane og ikke-spontane redoksreaksjoner
- gjøre forsøk med antioksidanter og forklare virkningen av dem

I disse kompetansemålene er det enkelte ord som går igjen for å beskrive hva elevene skal kunne, relatert til disse forsøkene. Elevene skal «gjennomføre», «planlegge», «utføre forsøk» eller «gjøre forsøk». Noen av kompetansemålene sier også noe om at elevene skal forklare noe, for eksempel at elevene skal «gjøre forsøk med antioksidanter og forklare virkningen av dem». Men det er ikke spesifikt uttrykt at forsøket skal benyttes til å forklare virkningen av antioksidanter. Dette går igjen i alle kompetansemålene – det er ikke eksplisitt uttrykt at elevene skal bruke forsøket til å forklare eller redegjøre for kjemiske fenomener. Likevel nevnes ofte et forsøk som elevene må kunne gjøre i samme kompetansemål som sier at de må kunne forklare eller gjøre rede for teoretiske aspekt ved forsøket. Dette kan tolkes som at det er meningen at det skal være en sammenheng mellom forsøket og forklaringen på det teoretiske, selv om det ikke er tydelig uttrykt.

I 2005 ble det gjennomført en undersøkelse om kjemiutdanning i Norge (KUN-undersøkelsen) for å blant annet kartlegge hvordan lærere og elever ser på kjemifaget. Undersøkelsen viste at elevene sjelden eller aldri gjør øvelser der de må velge problemstillingen og fremgangsmåte på forsøket selv (Ringnes & Hannisdal, 2014). Det praktiske arbeidet domineres altså av styrte øvelser som forteller elevene stegvis hva de skal gjøre (Kind, 2003). Dette reflekteres i læreverkene for kjemi 1 og kjemi 2, hvor en kan finne flere øvelser til hvert kapittel eller tema. De aller fleste av disse har en utstyrsliste, en liten introduksjon til forsøket, og en oppskrifts-lignende liste med instruksjoner som forteller elevene nøyaktig hva de skal gjøre (Brandt & Hushovd, 2010, 2011; Grønneberg, Hannisdal,

Ringnes, & Skaugrud, 2012, 2013; Steen, Juel, & Fimland, 2010a, 2010b). Slike forsøk omtales ofte som forsøk med null «frihetsgrader». En praktisk aktivitet har null frihetsgrader når problemstillingen er gitt, fremgangsmåten er beskrevet og dermed også egentlig resultatet er gitt. Antall frihetsgrader kan øke når en eller flere av disse tre faktorene er ukjente for elevene (Ringnes & Hannisdal, 2014). Forsøksinstruksjonene følges også gjerne av spørsmål som elevene skal besvare etter at forsøket er utført, som kan være direkte relatert til forsøket, eller slik at elevene kunne svart uten å ha gjennomført forsøket.

«Å koble mellom det man observerer og naturvitenskapelige idéer er det grunnleggende formålet med praktisk aktivitet» skriver Mestad, Knain, og Kolstø (2011, s. 170). De har møtt en idé i skolen om at praktisk arbeid først og fremst skal fungere som en bekreftelse på det læreren på forhånd har fortalt elevene. Dette synet er kanskje noe som forsterkes i læreverkene, hvor forsøk plasseres på slutten av hvert kapittel. Forfatterne mistenker at mange lærere (bevisst eller ubevisst) har denne antagelsen om at praktisk arbeid bare fungerer som en bekreftelse på teori som allerede er gjennomgått. Sjøberg (2012) påpeker at et vanlig argument for å bruke praktisk arbeid på denne måten, er at forsøket fungerer som en legitimering eller en begrunnelse av teorien. Forsøket viser altså riktigheten av en teoretisk sammenheng, og kan føre til at elevene lettere husker teorien.

En annen måte å legge opp praktisk arbeid på, er ved at elevene inviteres til å trekke en faglig konklusjon, ut ifra noen få, vel tilrettelagte forsøk de har gjort. Konklusjonen skal gjerne være en generalisering av det de har observert. På denne måten ønsker man at elevene «oppdager» naturvitenskapelige sammenhenger. Denne måten å gjøre forsøk i undervisningen har blitt kritisert for å gi elevene et forvrengt bilde av naturvitenskapen, fordi forsøkene ofte fremstilles som kopier av «virkelig» vitenskap (Sjøberg, 2012).

Hensikten med det praktiske arbeidet kan også være at elevene skal bli kjent med måleapparater og teknisk utstyr (Sjøberg, 2012). Spesielt i kjemi 2 kan en se av kompetansemålene som er listet opp ovenfor at det er et mål i seg selv at elevene kan gjennomføre bestemte forsøk. Mange av disse har tilhørende utstyr som ikke elevene er kjent med fra før undervisningen, og det praktiske arbeidet kan gi en opplæring i bruken av

disse. Elevene får også da en øvelse i å gjennomføre forsøkene som kompetansemålene uttrykker at de skal kunne gjennomføre.

Læringsutbyttet av praktisk arbeid

En grunnleggende pedagogisk idé som brukes for å begrunne praktisk arbeid i naturfag er idéen om at elevene best lærer fagstoff gjennom å selv gjøre eksperimenter i laboratoriet. Dette argumentet er kanskje grunnen til at praktisk arbeid har så høy status i norsk skole. Idéen føres ofte tilbake til John Deweys utsagn om «learning by doing» - selv om dette sitatet ikke egentlig handlet om praktisk arbeid i naturvitenskap direkte (Kind, 2003). Dewey er kjent for et syn på pedagogikken som innebærer at en elev må være aktiv for å lære noe, og at læring ofte er knyttet til aktivitet, som gjerne er konkrete handlinger. Eleven må helst gjøre erfaringer, gjerne ved å modellere, lage noe, undersøke eller eksperimentere for å lære (Imsen, 2016).

The Survey of Mathematics and Science Opportunities (SMSO) er en kvalitativ klasseromstudie som ble laget for å kunne si noe om typiske trekk ved undervisningen i matematikk og naturfag i seks land, Norge inkludert. De lette etter karakteristiske trekk og mønstre ved undervisningen som var nedfelt i tradisjoner og kultur, og ikke handlet så mye om bevisste pedagogiske valg. De fant at ett av de typiske trekkene ved norsk naturfagundervisning var at lærerne forventet at elevene skulle forstå fakta gjennom å gjøre praktiske aktiviteter (Schmidt et al, 1996, i Ødegaard & Arnesen, 2010).

Videoundersøkelsen PISA+ (Programme for International Student Assessment) forteller også noe om typiske trekk ved naturfagstimene i Norge. Undersøkelsen er gjort på 9. trinn på seks ulike skoler. Klette et al. (2008) har analysert videoene, og konkluderer med at praktisk arbeid er sentralt i undervisningen, men forekommer mye mindre enn de hadde forventet – ca 1/10 av tiden. Forskerne observerte lite refleksjon rundt det praktiske arbeidet i forhold til teorien, og det ble sjeldent lagt opp til at elevene skulle ha reflekterende samtaler om praksis og teori. Denne studien sett i sammenheng med SMSO-undersøkelsen kan tyde på en

slags uoverensstemmelse mellom hva lærerne ønsker at elevene skal lære av praktisk arbeid og hvordan de legger opp det praktiske arbeidet.

Om det stemmer at elevene lærer teori av praktisk arbeid er omstridt i forskningen. Det har blitt vist at elevene sjelden lærer teorikunnskap spesielt effektivt ved å utføre praktiske oppgaver i seg selv. (Abrahams & Millar, 2008; Berry, Mulhall, Gunstone, & Loughran, 1999; Kind, 2003; Moskovitz & Kellogg, 2011). Berry et al. (1999) er noen av de som hevder at selv om det dedikeres mye tid til laboratoriearbeid i skolen, virker det som at elevene oppnår minimalt med læring. Elevene i deres studie oppga at det praktiske arbeidet verifiserte teorien de hadde lært, eller ga dem en følelse eller bilde av det fenomenet som aktiviteten skulle vise. Men forskerne fant lite bevis for at elevene reflekterte rundt observasjonene de gjorde, eller koblet dem til det de allerede kunne. De mener at årsaken til dette er at elevene ikke mentalt engasjerer seg i oppgaven, men heller har fokus på å få oppgaven ferdig.

PISA-undersøkelsen er en undersøkelse av 15-åringers kompetanse i lesing, matematikk og naturfag i ulike land. Undersøkelsen gjøres hvert 3. år, og i 2006 var fokusområdet til undersøkelsen på naturfag. Elevene som deltar tar både en to timers faglig test i tillegg til å svare på et spørreskjema om blant annet holdninger, læringsstrategier og læringsmiljøet på skolen. Kjærnsli, Lie, Olsen, og Roe (2007) har beskrevet funnene fra PISA 2006, og praktisk elevarbeid i naturfag er også blitt undersøkt. 60 % av norske elever oppgir at de gjør forsøk i «noen av timene», mens 24 % svarer at de gjør forsøk i alle eller de fleste timene. Men det viser seg at det ikke finnes en lineær sammenheng mellom hvorvidt praktisk arbeid fører til høyere prestasjoner i naturfag. De elevene som gjør minst praktisk arbeid, og de som gjør mest, skårer lavere på kunnskapstesten enn de elevene som gjør middels mye.

Det er også undersøkt i hvor stor grad elevene fikk bestemme hvordan forsøket skulle legges opp og hvor ofte elevene selv fikk påvirke forsøket. En sterk vektlegging av at elevene skal utforske egne idéer henger sammen med lave prestasjoner i naturfag. Selv om forfatterne påpeker at det å følge «kokebokoppskrifter» er en dårlig mental utfordring for elevene, er det ikke slik at forsøk med mange frihetsgrader automatisk fører til læring heller. De mener at dette har å gjøre med at det er lett å «gå seg vill» i det naturfaglige landskapet hvis kun elevenes egne idéer er det som styrer aktiviteten (Kjærnsli et al., 2007).

Abrahams og Millar (2008) har undersøkt hvor effektivt praktisk arbeid er for britiske elevers læring. De har gjort case-studier av 25 undervisningssekvenser med praktisk arbeid, på åtte ulike skoler. Tre femtedeler av disse elevene var i alderen elleve til 14 år, mens de resterende var i alderen 15 til 16 år. I tillegg til observasjoner fra timene, ble det gjort intervjuer av lærerne før og etter timen, og i noen tilfeller intervjuer av elevene. Forskerne fant at de praktiske oppgavene de undersøkte var ineffektive til å hjelpe elevene til å se det praktiske i et vitenskapelig perspektiv. Det praktiske arbeidet var heller ikke effektivt for å få elevene til å bruke teoretiske idéer for å gi mening til observasjonene. Det elevene stort sett husket fra forsøkene var prosedyren til den praktiske oppgaven de hadde utført, eller observert læreren utføre. Når elevene ble spurt en tid etter det praktiske arbeidet ble utført, var det ingen av dem som kunne huske hvilke vitenskapelige idéer som ble vist eller eksemplifisert.

I alle timene forskerne observerte var lærerens fokus i all hovedsak på selve oppgavene som skulle utføres av elevene. Det var ingen tilfeller hvor læreren brukte elevenes data fra forsøket til å trekke generelle slutninger om disse dataene, analysen eller tolkningene av dataene. Det var fra lærerens side et generelt manglende fokus på den teoretiske idéen som lå bak den praktiske oppgaven. I noen timer var det tydelige muligheter til å knytte forsøket til den teoretiske idéen, men de ble utnyttet. Abrahams og Millar (2008) konkluderer dermed med at i lærernes planlegging av, og tenkning om praktisk arbeid, er prosedyrene som elevene skal utføre noe separert fra fagkunnskapene elevene skal lære i faget. Det kan se ut som at lærernes syn på de praktiske øvelsene reflekteres hos elevene, ved at ikke de heller kobler sammen forsøket med vitenskapelige idéer eller teorier.

De praktiske arbeidene som Abrahams og Millar (2008) observerte var i stor grad oppgaver hvor elevene skulle følge en oppskrift som beskrev prosedyren til forsøket. Hmelo-Silver, Duncan og Chinn (2007) har sett på forskning som gjelder andre typer praktisk arbeid, det de omtaler som «problem based learning» og «inquiry learning». Det er noen små forskjeller på disse to tilnærmingene til praktisk arbeid, men de har noen viktige fellestrekk. Begge metodene handler om at elevene skal jobbe med autentiske, relevante problemer eller spørsmål ved å samarbeide. Elevene må være kognitivt aktive og utvikle en evidensbasert

forklaring. I denne prosessen må de kommunisere sine egne idéer om temaet. Lærerens rolle i en slik undervisningssituasjon blir å tilrettelegge for læring ved å støtte elevene med fagkunnskap når det trengs, og fungere som et «stillas» i elevenes prosess med å konstruere forståelse.

Hmelo-Silver et al. (2007) viser til ulik forskning som tyder på at disse to tilnærmingene til praktisk arbeid kan føre til dybdelæring hos elevene, i tillegg til signifikant bedre prestasjoner på tester i etterkant av slike undervisningsopplegg. Det sammenlignes ofte med prestasjoner som oppnås av elever som mottar «direkte instruksjon», altså deltar i undervisning hvor fagstoffet foreleses for elevene. Men for at slike typer utforskende praktisk arbeid skal fungere, er det essensielt at læreren gir elevene rammeverk for oppgaven. Det kan være hint og forklaringer når det trengs, og å hjelpe elevene til å fokusere på det som er viktig for å løse oppgaven. Kirschner, Sweller, og Clark (2006) har gjort rede for flere forskningsprosjekter som har undersøkt praktisk arbeid hvor elevene ikke får noe (eller svært lite) instruksjoner av læreren. Det ser ut til at slikt arbeid ikke er særlig effektivt for læring, samt at det kan føre til misoppfatninger og ufullstendig eller ustrukturert kunnskap. Dette stemmer overens med funnene fra PISA 2006 som viser at elevene som i stor grad fikk utforske sine egne idéer hadde lavere prestasjoner i naturfag.

Det er altså mye som tyder på at praktisk arbeid, hvor elevene styrer helt selv etter egne idéer, ikke er effektivt for elevenes læring. Men det er også mye som tyder på at praktisk arbeid hvor elevene får for mye instruksjoner heller ikke er effektivt. Det kan virke som at en mellomting av disse tilnærmingene vil være nyttig for læring. Elevene må få nok informasjon slik at de har mulighet til å lære det vi ønsker at de skal lære, men ikke for mye informasjon, slik at det de blir «tvunget» til å være kognitivt aktive.

Rapportskriving

Etter å ha gjennomført en praktisk øvelse, skriver elevene nesten alltid en rapport fra forsøket (Kind, 2003). I kjemi 1 sier læreplanen at «mål for opplæringen er at eleven skal kunne skrive rapport fra forsøk og presentere prosess, metode og resultater med og uten digitale hjelpemidler». I kjemi 2 er «mål for opplæringen er at eleven skal kunne publisere

rapporter fra egne forsøk, med og uten digitale verktøy» (Utdanningsdirektoratet, 2006). Det er altså et uttrykt mål at elevene skal kunne skrive rapport. Men kompetansemålene er åpne for tolkning, de sier ikke noe om hva det egentlig vil si å kunne skrive en rapport.

Tradisjonelt skal elevenes rapporter inneholde fire hoveddeler: hensikten med forsøket, metode, resultater og konklusjon (Wallace, Hand, & Prain, 2004). Disse fire hoveddelene utgjør et mønster som har blitt normen for skrivning i naturvitenskap (og vitenskapelige artikler generelt), som vanligvis omtales som IMRaD: Introduction, Methods, Results og Discussion. IMRaD har blitt et grunnleggende uttrykk for vitenskapelighet, som har viktige funksjoner i vitenskapelig kommunikasjon (Knain, 2005). Ved at elevene skriver rapport som følger denne strukturen, får de trening i å skrive på en måte som er akseptert innenfor naturvitenskapen.

«Sjangeren [labrapport] er både et verktøy for å skape faglig mening i det praktiske arbeidet, og en norm for hva som teller som faglige skrivemåter» skriver Knain (2008, s. 218). En intervjustudie av ni ungdomsskoleelever viste at de så på læringsmålene med rapporten på samme måte; de kan både lære fagstoffet og forstå sjangeren. Elevene sa også at rapporten hjalp dem å huske forsøket til eksamen. De lærer av å skrive om prosessen de har utført, og at rapporten blir et produkt som de kan hente fram senere hvis de vil repetere stoffet (Lykknes & Smidt, 2008). Siden rapporter fra forsøk inneholder både observasjoner og teori, kan de være en mulighet til å fremme elevenes evne til å se sammenhenger mellom observasjoner og teori (Mestad et al., 2011).

Selv om elevenes rapport ofte skal følge samme struktur som en forskningsrapport, er det viktige forskjeller mellom forskning og elevforsøk. Elevene kan ofte på forhånd finne ut hvilke resultater det er meningen at de skal få, de får gitt en fremgangsmåte de skal følge og det er ofte ikke et faktisk problem de skal løse ved å gjøre et forsøk. I tillegg er det nesten alltid læreren som er publikumet til rapporten. Likevel er det vanlig at elevene må gjøre rede for fremgangsmåten de har brukt, selv om læreren allerede innehar denne kunnskapen, og de ikke har funnet på fremgangsmåten selv (Knain, 2008; Moskovitz & Kellogg, 2011). Et undervisningsopplegg som ble testet i en naturfagsklasse på Vg1 viser at spesielt det å skrive fremgangsmåte er spesielt innarbeidet hos elevene. Etter et praktisk arbeid ble elevene bedt

om å skrive en forklaring på sine observasjoner, og det ble presisert at de ikke trengte å beskrive fremgangsmåten. Alle gruppene begynte å skrive fremgangsmåte likevel, og læreren og forskeren som var med strevde med å få elevene til å utelate dette (Mestad et al., 2011).

Videre har også Knain (2008) gjort interessante funn om hvordan elevene forholder seg til rapporter. Han har gjort en øvelse med noen grupper av elever som gikk ut på at de sammen skulle skrive en «beste» rapport, basert på elevenes individuelle rapporter. Elevene hadde sett på løkceller i mikroskop og først skrevet hver sin rapport. Han oppdaget at elevene ikke diskuterte tekstkomposisjon, skrivemåter eller vurderte ulike formuleringer. Diskusjonene handlet om dataene som var samlet inn, hvorfor de ikke alltid var like, og hvordan de skulle velge de «beste» dataene. Elevene tydeliggjorde ikke hva de syns var bra med bestemte tekstsekvenser som ble pekt ut som gode. Knain mener at dette tyder på at å skrive forsøksrapport handler om tilegnelse av en «taus kunnskap», og at normene for hva som er en god forsøksrapport burde gjøres eksplisitt. I tillegg ble det tydelig at elevene manglet et språk for å snakke om rapporten.

Som nevnt tidligere, inneholder labrapporten en god mulighet til at elevene kan koble sammen observasjoner og teori. Peker og Wallace (2011) har gjort en kvalitativ undersøkelse av elevers skriftlige beskrivelser av biologiske fenomener som de har undersøkt i en praktisk øvelse. Analysen av rapportene fortalte at elevene sjeldent brukte vitenskapelige teorier, modeller eller deduktive resonnement til å støtte vitenskapelige forklaringer. De fant at de fleste elevene ikke klarte å innlemme teoretisk kunnskap i deres forklaringer av de biologiske fenomenene de undersøkte. Et av eksperimentene elevene utførte innebar å legge egg i ulike løsninger for å observere om egget svulmet opp eller krympet. Forskerne påpeker at de syns det var interessant at ingen av elevene brukte ordet «osmose» i sine forklaringer. Det var altså ingen som brukte begrepet på det fenomenet som forsøket skulle illustrere, et begrep som hadde blitt innført tidligere i undervisningen. Forskerne fant også at elevenes forklaringer i stor grad var beskrivelser av observasjonene de hadde gjort og hvordan de hadde utført forsøket.

Mestad et al. (2011) mener at elevene bruker mye tid og energi på rapportering av utstyr og metode, og at dette kan gå på bekostning av energien de legger i å skrive konklusjon og forklare sin tolkning av data. Når forsøket har som hensikt å fremme læring av teori, kan det være bedre å la elevene skrive en forklaring av det de har observert (slik de forsøkte i forskningsprosjektet beskrevet ovenfor). På denne måten kan skriveoppgaven hjelpe elevene til å gjøre den krevende oppgaven med å koble det de erfarer i det praktiske arbeidet til naturfaglig teori.

Læringsutbyttet av skriveaktiviteten

Selve aktiviteten med å skrive kan være læringsfremmende i seg selv. Dette er fordi skriving innebærer at eleven selv er aktiv og må representere idéer med symboler. Skriving involverer koordinasjon av øynene, hjernen og hånden og aktiverer både venstre og høyre hjernehalvdel. I tillegg er det skriftlige språket mer detaljert og kompakt, så det kreves en reformulering og tydeliggjøring av idéer. Skrivningen gjør at elevens tenkning blir synlig, og det er da mulig å identifisere «hull» i kunnskapen. Det kan gi et godt utgangspunkt for å finne ny informasjon for å fylle ut disse hullene (Emig, 1977 i Wallace et al., 2004).

Ringnes og Hannisdal (2014) hevder at det å skrive rapport er et ledd i læringsprosessen til elevene. Når elevene skriver rapport, må de bruke egne ord og læreren får en mulighet til å finne ut hva de ikke har forstått. De mener at «skrivningen tvinger eleven til å reflektere over praktiske og teoretiske forhold rundt forsøket» (s. 195) – uten at dette begrunnes videre. Keys (2000) mener, etter å ha gjort en undersøkelse av elevers labrapporter, at dette er litt mer nyansert. Hun har undersøkt skriveprosessen til ungdomsskoleelever da de skrev en rapport om erosjon, etter å ha gjort undersøkelser utenfor skolen. Elevene ble bedt om å «tenke høyt» mens de skrev rapporten, slik at alt de sa mens de skrev rapporten, ble tatt opp. Dette ble deretter sammenlignet med det de skrev. Resultatene viste at noen elever aktivt reflekterte rundt det vitenskapelige innholdet som en del av skriveprosessen. Andre elever viste lite refleksjon og skrev ned akkurat det de ytret. Konklusjonen hennes er at for noen elever genereres det ny forståelse for fagstoffet under skriveaktiviteten, men for andre elever skjer ikke dette automatisk.

Det første forskningsspørsmålet

Vi har sett at en begrunnelse for å gjøre praktisk arbeid er at elever kan lære teori av å gjøre noe praktisk, og at forsøkene ofte brukes for å bekrefte teori som allerede er gjennomgått. En måte elevene kan lære noe om teori er ved at de klarer å gjøre koblinger mellom det teoretiske som ligger til grunn for forsøket, og det praktiske de utfører og observerer. Det er omdiskutert i forskningen hvorvidt elever klarer å gjøre denne koblingen. Det er flere funn som tyder på at det er vanskelig for elevene å forstå sammenhengen mellom det praktiske arbeidet og teorien. Det skriftlige etterarbeidet til praktisk arbeid inneholder en mulighet for elevene å få tenkt igjennom hva de egentlig gjorde i forsøket, og hvordan det henger sammen med teorien. Rapporten har altså et potensial for å øke læringsutbyttet av det praktiske arbeidet, hvis en kobling mellom observasjoner og teori gjøres her.

Jeg lurer derfor på om elevene faktisk kobler teori og observasjoner i rapportene sine? Og i så fall hvordan de gjør det? Derfor er mitt første forskningsspørsmål

I hvilken grad kobler kjemielevene sammen sine observasjoner fra forsøket med teori i rapporten?

Elevers vitenskapelige språk

Det første forskningsspørsmålet handler i stor grad om det faglige innholdet i det elevene skriver. Mitt andre forskningsspørsmål fokuserer derimot på noen formelle kjennetegn som kan fortelle noe om hvordan elevene skaper logiske sammenhenger i teksten. Derfor baserer neste forskningsspørsmål seg mye på Halliday og Martin (1993) som har beskrevet en del karakteristika ved vitenskapelig skriving.

Ett av disse trekkene ved vitenskapelig skriving er at det er vanlig å bruke såkalte «ekspansjonsklausuler» for å skape logiske sammenhenger i vitenskapelige tekster. De definerer en klausul som den enkleste enheten i språket som inneholder subjekt og verbal, samt eventuelt et objekt. Et eksempel på en slik enhet er setningen «jeg henter en pipette».

«Jeg» vil være subjektet, «henter» er verbet og objektet er «en pipette». En ekspansjonsklausul er da et tillegg til setningens første del, som skaper en logisk sammenheng mellom disse to klausulene (Halliday & Martin, 1993). Ekspansjonsklausulen tillegger altså mening til den første klausulen, i denne sammenhengen gjerne vitenskapelig mening (Whitehead & Murphy, 2014). Bruk av slike ekspansjonsklausuler kan altså indikere at det skjer en sammenkobling mellom vitenskapelige idéer (Keys, 1999).

Halliday og Martin (1993) skiller mellom tre måter å bruke en ekspansjonsklausul på:

- a) Elaborasjon – videre definering eller klargjøring av en idé
- b) Ekstensjon – sammenføring av to ulike, men relaterte idéer eller hendelser
- c) Forbedring – addisjon av informasjon som tid, sted, årsak eller tilstand

Keys (1999) har brukt denne kategoriseringen av elevers språk for å finne ut hva språket deres kan fortelle om hvordan elever skaper meningsfulle sammenhenger i naturvitenskapelige data. Hun har undersøkt rapportene til 34 elever i ungdomsskole-alder. Rapportene ble skrevet av elevene på en «science camp» på sommeren, altså kom elevene fra ulike skoler og klasser. Rapportene ble skrevet etter to praktiske øvelser med utforskende karakter, en fra et besøk i dyrehagen og en fra et besøk til en elv hvor de undersøkte vannkvaliteten. Keys fant at rapportene i gjennomsnitt bestod av 20,7 klausuler, hvor gjennomsnittlig 6,2 av disse (rundt 30 %) var ekspansjonsklausuler. Disse var da enten elaborasjoner, ekstensjoner eller forbedringer av den første klausulen i setningen. Spennet i bruken av ekspansjonsklausuler var stort, og rapportene bestod av alt fra 9 % til 59 % slike.

Det ble også observert en stor kvalitativ forskjell når utdrag av tekst med få ekspansjonsklausuler ble sammenlignet med utdrag av tekst med mange. Keys trekker frem en tekst som inneholdt mange klausuler som ikke ble ekspandert, og denne ga et inntrykk av at eleven hadde gjort lite refleksjon rundt sine innsamlede data eller hvordan disse var relatert til tidligere kunnskap. I en tekst med mange ekspansjonsklausuler derimot, ble disse brukt til å legge til mening til observasjonene eleven hadde gjort, ved at eleven forklarte hva observasjonene betydde (Keys, 1999). Det er eksempler som tyder på at en hyppigere bruk av ekspansjonsklausuler innebærer at eleven har gjort flere sammenkoblinger mellom vitenskapelige idéer.

Det har ikke blitt funnet eksakte tall på i akkurat hvor mye profesjonelle vitenskaps-folk bruker ekspansjonsklausuler, men Keys (1999) og Halliday og Martin (1993) påpeker at i vitenskapelige artikler brukes de i svært stor grad. Whitehead og Murphy (2014) fant at bruk av ekspansjonsklausuler økte betraktelig hos elevene som deltok i en intervensjon om å forbedre labrapportene deres. Det kan altså se ut som at det er en sammenheng mellom hvor god øvelse man har i å skrive vitenskapelige tekster og bruk av ekspansjonsklausuler.

Det andre forskningsspørsmålet

Ved å analysere elevenes rapporter for hvor de bruker ekspansjonsklausuler, vil jeg få informasjon om hvor mye elevene forklarer og utdyper det de påstår i teksten sin. Dersom de skal forklare observasjonene sine på en slik måte at de knyttes til teori, kan en tenke seg at det ofte vil kreve lange setninger med flere ekspansjonsklausuler. Derfor er mitt andre forskningsspørsmål

Hvor mye bruker elevene de tre ulike typene ekspansjonsklausuler i forsøksrapportene?

Andre aspekter ved problemstillingen

Problemstillingen i denne oppgaven er «hvilke tegn på forståelse av kjemi blir synlig i elevrapporter fra praktisk arbeid?». For å besvare dette har det blitt gjort et valg om å fokusere på hvordan elevene knytter observasjoner til teori, og i hvilken grad de bruker ekspansjonsklausuler. Men det er også andre aspekter ved dette som kunne vært undersøkt. Videre følger noen eksempler på dette.

Det ble vurdert å undersøke hvorvidt det elevene skrev i rapportene var faglig korrekt eller ikke. Dette ble sett bort ifra, da det ble vurdert som mer interessant å undersøke hvordan elevene brukte observasjoner i stedet. Det kunne også blitt undersøkt hvilken type informasjon elevene velger å inkludere i rapportene sine, for eksempel metode, fakta-opplysninger, observasjoner og lignende. Dette er blitt gjort i forskningen til Keys (1999). (I

denne forskningen har hun også analysert rapporter for antall klausuler og ekspansjonsklausuler, og det er her inspirasjonen til å gjøre dette er hentet fra). I samme forskningsprosjekt undersøker hun også flere språklige karakteristika ved rapportene, som antall ord i rapporten og leksikalsk tetthet (antall ord per klausul). Dette hadde også vært en mulighet å se på, men hvor mye elevene bruker ekspansjonsklausuler ble valgt ut som det mest relevante for denne oppgaven.

Keys (1999) har også sett etter plasseringen, frekvensen og hensikten med elevenes «meaningful inferences» i rapportene, som kan oversettes til «meningsfulle konklusjoner» eller «meningsfulle slutninger». Hun ville finne ut hvordan elevene trakk slutninger som ga mening vitenskapelig sett. Dette kunne også vært interessant å se på i min oppgave, for slike konklusjoner vil være tegn på forståelse av kjemi. For å analysere elevenes konklusjoner, ville det også vært interessant å se på argumentasjonen som støttet opp under konklusjonen. Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, og Simon (2008) har også sett spesifikt på elevers argumentasjon, og hvordan den er relatert til kunnskap i naturvitenskap. Hvordan elever argumenterer og konkluderer i rapportene ble ansett som interessant for problemstillingen, men en slik analyse ville krevd større kunnskaper om språklige aspekter ved argumentasjon og retorikk enn jeg innehar.

Metode

Kvalitativ og kvantitativ metode

Tradisjonelt skiller en mellom kvalitativ og kvantitativ forskning. Kvantitativ forskning kjennetegnes ved at det forskes på noe som er målbart, og genererer data i tallform, og som gjerne analyseres ved hjelp av statistiske metoder (Dahlum, 2017). Kvalitativ analyse innebærer ikke analyse av tall, og defineres ofte som «en utforskning av menneskelige prosesser i en virkelig situasjon». Kvalitativ forskning forsøker å forstå og beskrive sosiale fenomener fra forskningsdeltakernes perspektiv (Nilssen, 2012, s. 13).

I denne masteroppgaven kan det argumenteres for at det brukes elementer av begge disse måtene å forske på. For å svare på både det første og det andre forskningsspørsmålet, er det blitt laget kategorier som deler av tekstene til elevene skal plasseres i. På dette stadiet av analysen må teksten tolkes, og det sees etter bestemte kvalitative kjennetegn som gjør at biter av tekst plasseres i den ene eller den andre kategorien. Dette blir den delen av metoden med størst innslag av kvalitativ forskning. Når delene av tekst er plassert i ulike kategorier, skapes det et datamateriale i tallform. Dette gjør at det også vil bli brukt kvantitativ metode.

Alle studier vil påvirkes av teorien som omgir studien, altså det perspektivet forskeren ser verden med (Nilssen, 2012). Tjora (2010, s. 31) mener at «den kvalitative analysen bærer større preg av *forskersubjektivitet* enn det den rent matematiske analysen gjør i kvantitative design». Dette er et vanlig syn på forholdet mellom kvalitativ og kvantitativ analyse – at den kvantitative innebærer mer objektivitet. Tjora utdyper dette med at i de kvantitative studiene spiller ofte forskersubjektiviteten størst rolle når resultatene skal tolkes i lys av teori, i tillegg til at forskerens subjektivitet er det som har påvirket hvilke data som samles inn, og hvordan. I kvalitativ analyse tas det ofte inn en tolkning tidligere i analysen, som gjerne er påvirket av teori (Tjora, 2010). Men før en kvantitativ analyse skal gjøres, må datamaterialet samles inn. Det kan argumenteres for at når spørsmålene formuleres og det

for eksempel lages tallbaserte skalaer, spiller også forskerens subjektivitet en stor rolle tidlig i analysen.

Siden det i denne oppgaven brukes innslag av både kvalitativ og kvantitativ metode, vil jeg derfor påpeke hvor mitt teorisyn er, og dermed hvor min subjektivitet antageligvis har hatt størst påvirkning. Den teoretiske innfallsvinkelen min vil påvirke de spørsmålene jeg stiller til datamaterialet (Nilssen, 2012). I dette prosjektet er noen av kategoriene utformet av meg, med inspirasjon i ulik forskning, disse vil derfor være påvirket av mine erfaringer og forventninger til datamaterialet. I tillegg vil min subjektivitet påvirke hva jeg fokuserer på når jeg leser rapportene, og hvilke utsagn jeg mener tilhører hvilken kategori.

Denne oppgaven er påvirket av et konstruktivistisk læringssyn. Gjennom studiet har flere ulike læringsteorier blitt presentert for oss studenter, men konstruktivismen er den som har blitt aller mest lagt vekt på. «Teorifundamentet for nesten all forskning innen naturfagdidaktikk er i dag konstruktivismen» skriver Ringnes (1993, s. 24). Det meste av litteraturen som er brukt i denne oppgaven er derfor basert på et konstruktivistisk læringssyn. Konstruktivismen handler om at teoriene innenfor naturvitenskap ikke er blitt oppdaget, men at de er blitt oppfunnet og konstruert av forskere opp gjennom tidene. Dette innebærer at også elever konstruerer sin egen kunnskap når de gjør erfaringer (Ringnes & Hannisdal, 2014). Konsekvensen av dette er et syn som innebærer at elever ikke passivt kan overta kunnskap: «Når vi lærer, vil vi aldri bare overta andres kunnskaper eller ferdigheter, men vi må selv være aktive konstruktører» (Sjøberg, 2012, s. 42).

I analysen av datamaterialet er det brukt en deduktiv tilnærming. En slik tilnærming til datamaterialet innebærer å gjøre slutninger fra generelle regler til å forklare enkelthendelser (Tjora, 2010). Kategoriene som ble laget for å svare på forskningsspørsmålet om hvordan elever knytter observasjoner til teori, ble laget før jeg hadde datamaterialet tilgjengelig. Det ble også bestemt i forkant av analysen hvordan jeg skulle klassifisere ekspansjonsklausuler i rapportene. Disse analysesystemene kan sees på som generelle regler som senere ble brukt til å forklare enkelthendelser, hvor enkelthendelsene i dette tilfellet er elevrapportene.

Datainnsamlingen

Innsamlingen av rapportene er en del av et større forskningsprosjekt som er meldt til Norsk senter for forskningsdata. Rapportene er samlet inn fra ulike lærere basert på tilgjengelighet. De ble sendt en forespørsel til ulike skoler om de kunne bidra med å sende inn rapporter, i tillegg til at enkeltlærere jeg av ulike grunner kjenner til, ble kontaktet. Resultatet av disse forespørslene ble at datamaterialet består av rapporter sendt inn av fem ulike lærere som underviser ved skoler i Hordaland og Rogaland. Lærerne og de elevene deltar frivillig og har signert et samtykkeskjema. Lærerne og elevene er blitt anonymisert ved at lærernes navn er blitt erstattet med tall. Elevenes navn er blitt erstattet med en bokstav, med lærerens tall foran bokstaven, slik at det er tydelig hvilken klasse eleven er fra. Av hensyn til behandling av personopplysninger blir derfor ikke skolene, lærerne og elevene beskrevet nærmere enn dette.

Antall forsøk og antall rapporter varierer mye fra lærer til lærer. Tabell 1.1 viser en oversikt over datamaterialet.

Tabell 1.1 Oversikt over rapportene

Lærer	Rapporter	Skrevet av
1	Ti rapporter fra samme forsøk i kjemi 1; bestemmelse av reaksjonsligning for oppvarming av NaHCO_3 - Ved hjelp av tre alternativer for reaksjonsligningen - Elevene bestemmer fremgangsmåten selv	Grupper på to eller tre elever
2	Syv rapporter fra samme forsøk i kjemi 2; kvalitativ uorganisk analyse av ukjent salt - Både parallellanalyse og serieanalyse	Individuelt
3	Fem elever sine rapporter fra ti ulike forsøk i kjemi 2; <ol style="list-style-type: none">Bestemmelse av jerninnhold i stålull ved redokstitreringBestemmelse av innholdet av hypokloritt i klorin ved jodometrisk titreringOppsett av et galvanisk element - Med kobber og sinkUndersøkelse av korrosjon av jern - Metaller legges med rustindikator i fem ulike skåler; En med jerntråd, en med jerntråd og sinktråd, en med kobbertråd og sinktråd, en med jerntråd rundt kobberplate og den siste med jern aleneUtførelse av elektrolyse og beregning av utbytte - Elektrolyse av sinkjodid - Beregning av utbyttet av kobberTilsetning av sterk syre og sterk base til bufferløsninger - Måling av pH for å finne bufferkapasiteten med hensyn på syre og baseKvalitativ, uorganisk analyse av ukjent salt - Serieanalyse av kationerBestemmelse av mengde KMnO_4 og K_2CrO_4 i ukjent prøve ved kolorimetriSyntese av aspirin fra eddiksyre anhydrid og salisylsyreTynnsjikt-kromatografi av væske fra en grønn plante	Individuelt
4	13 elever sine rapporter fra fire ulike forsøk i kjemi 2;	

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redokstitrering 2. Spenningsrekken <ul style="list-style-type: none"> - Tilsetning av fire ulike metaller til ulike saltløsninger for å se om det skjer redoksreaksjon eller ikke 3. Forkobring av mynt <ul style="list-style-type: none"> - Elektrolyse av kobbersulfat 4. Undersøkelse av korrosjon av jern <ul style="list-style-type: none"> - Lik som korrosjon av jern ovenfor, bare med en skål med jern belagt med Tippex - Ø2.4 i studieboken til Aqua 5. Kvalitativ, uorganisk analyse av blanding av to ukjente salter <ul style="list-style-type: none"> - Parallellanalyse 	<p>1. - 2. Individuelt</p> <p>3. - 5. Grupper på tre eller fire elever</p>
5	<p>Åtte elever sine rapporter fra seks ulike forsøk i kjemi 1;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Egenskapene til jod (2 rapporter) <ul style="list-style-type: none"> - Oppvarming av fast jod til sublimering - Ø2.2 i studieboken til Aqua 1 2. Fellingsreaksjoner (2 rapporter) <ul style="list-style-type: none"> - Blanding av løsninger for å se etter felling - Ø3.2 i studieboken til Aqua 1 3. Undersøke Le Châteliers prinsipp (1 rapport) <ul style="list-style-type: none"> - Påvirkning av en likevekt, hvor forskyvninger kan observeres med fargeendring - Ø6.1 i studieboken til Aqua 1 (det som er trukket fram som «eksempel på forsøk» i denne oppgaven) 4. pH-verdi i sterke og svake syrer (2 rapporter) <ul style="list-style-type: none"> - Sammenligning av pH ved fortykning av sterke og svake syrer - Ø7.1 i studieboken til Aqua 1 5. Bestemmelse av konsentrasjonen av eddiksyre ved titrering med sterk base (1 rapport) <ul style="list-style-type: none"> - Ø7.3 i studieboken til Aqua 1 6. Reaksjonsfartens avhengig av konsentrasjon (1 rapport) <ul style="list-style-type: none"> - Blande løsninger med varierende konsentrasjon og ta tiden til fargeomslag - Ø5.2 i studieboken til Aqua 1 	<p>1. Grupper på to eller tre</p> <p>2. Grupper på tre eller fire</p> <p>3. Individuelt</p> <p>4. En individuelt, en i gruppe på to</p> <p>5. Individuelt</p> <p>6. Gruppe på to</p>

Som en kan se i tabell 1.1 ovenfor, er det både rapporter fra kjemi 1 og kjemi 2. Noen er skrevet av elever alene, andre i par eller større grupper, og rapportene er fra mange ulike forsøk. Dette gjør at det er en bredde i datamaterialet, og det blir mulighet til å få et innblikk i om det er noen fellestrekk ved rapportene på tross av disse forskjellene. På en annen side kan det bli vanskelig å sammenligne gruppene, da de er så ulikt sammensatt. På grunn av dette har det blitt gjort et utvalg for å sammenligne de elevene som har bestemt sin egen fremgangsmåte i forsøket sitt, med noen som ikke har det. I tillegg blir også rapportene gruppert inn etter forsøk; kvalitativ og kvantitativ analyse, og forsøk som skal illustrere noe teoretisk.

Det varierer om hele eller bare deler av klassen har sendt inn sine rapporter. I lærer 1 og lærer 4 sine klasser har det blitt sendt inn hele klassens rapporter. I lærer 2 og lærer 5 sine klasser er det mer uklart hvor stor andel av klassen sine rapporter som er blitt med. Fra lærer 3 sin klasse har det blitt sendt inn rapporter fra fem av totalt seks elever i klassen.

Strukturen på rapportene er litt ulik mellom elevgruppene. Rapportene fra elevene til alle lærerne, bortsett fra lærer 4, består (helt eller delvis) av sammenhengende tekst som eleven har skrevet selv. Blant rapportene fra lærer 4 er det bare den fra redokstitreringen (forsøk 1) som er slik at den i hovedsak består av selvstendig tekst. Rapportene fra forsøk 2, 4 og 5 er av typen hvor elevene skal fylle inn i en mal. Malene er ofte tabeller hvor elevene skal fylle inn hva de har observert. Ved noen tilfeller er det spørsmål til forsøket som elevene skal besvare etter de har utført forsøket. Rapporten fra forsøk 3 er en utregning av utbyttet av elektrolysen. Disse rapportene som er fylt inn i en mal eller som kun består av utregning, var ikke mulig å bruke mitt analysesystem på – fordi systemene baserer seg i stor grad på at elevene har skrevet en del tekst.

Det er analysert totalt 77 rapporter av typen som består av selvstendig tekst, og 22 rapporter som enten er fylt inn i en mal eller kun er utregning av utbytte. Totalt består altså datamaterialet av 99 elevrapporter.

Den teoretiske bakgrunnen for metoden – observasjoner

Det første forskningsspørsmålet handler om å undersøke hvordan elevene knytter sammen det de observerer i forsøket med teori. Det er flere aspekter ved dette spørsmålet som kan utforskes. For det første er det interessant om elevene gjør denne koblingen i det hele tatt, eller om observasjonene er løsrevet fra teorien. Dersom elevene knytter sammen observasjoner og teoretisk kunnskap når de beskriver resultatene sine, ønsker jeg å utforske hvordan de gjør dette. Med inspirasjon fra von Aufschnaiter et al. (2008) har jeg laget nivåer som kan beskrive i hvilken grad elevene abstraherer observasjonene sine til mer generelle, teoretiske regler. Disse nivåene er beskrevet i tabell 1.2. Ved hjelp av disse kan jeg få en oversikt over hvordan elevene knytter observasjonene sine til teori – og dermed bruke dette for å besvare det første forskningsspørsmålet.

Når elevene utvikler et vitenskapelig språk, blir verbale og skriftlige ytringer mer abstrakte. Det vil si at de blir mer uavhengig av de originale hendelsene som de beskriver (Roth & Lawless, 2002). Von Aufschnaiter et al. (2008) mener at elevers læring blant annet kan karakteriseres ved en økende evne til å hankses med generelle regler og lover, i stedet for å fokusere på enkelte objekter og fenomener. Derfor er kategoriene laget slik at dersom en observasjon elevene har gjort er beskrevet uten at den forklares videre, vil denne beskrivelsen kategoriseres på det laveste abstraksjonsnivået. Dette er fordi eleven da fokuserer på enkelte objekter og fenomener, og ikke abstraherer disse objektene eller fenomenene til noe teoretisk. Men dersom en observasjon beskrives og forklares ved bruk av teori, innebærer dette en abstrahering fra noe praktisk til noe teoretisk. Slike utsagn vil plasseres på høyere abstraksjonsnivåer.

Nivåene i tabell 1.2 er basert på abstraksjonsnivåene som von Aufschnaiter et al. (2008) beskriver, hvor de deler inn i fire hovedområder av abstraksjon. Disse er litt for generelle til å bruke direkte i min analyse, og jeg har derfor laget egne nivåer til analysen av elevrapportene. Systemet til von Aufschnaiter et al. (2008) består av fire områder av abstraksjon, med to eller tre nivåer i hver. Det forfatterne kaller «områder» har altså jeg døpt om til «nivåer». Jeg så på det som unødvendig for min analyse å ha et mer detaljert system enn fire nivåer.

Nivå 0 i mitt system er basert på karakteristikaene til område I i systemet til von Aufschnaiter et al. (2008). Område I hos von Aufschnaiter et al. (2008) er beskrevet slik: «Det konkrete området. Elever kan forstå og hankses med enkelte fenomener, beskrive observasjoner og erfaringer. Gjør ikke koblinger til teorier eller fysiske konsepter» (side 621, min oversettelse). Disse karakteristikaene kan sees igjen i nivå 0 i mitt system, i tabell 1.2. Videre er nivå I basert på karakteristikaene til område II, nivå II basert på område III, og nivå III på område IV.

Systemet i tabell 1.2 har også et nivå IV. Dette er inspirert av Peker og Wallace (2011), som har sett på elevs forklaringer av observasjoner i elevrapporter. De fant at elevenes forklaringer av observasjoner hadde karakter av at de beskrev fenomenene i fortids form. De mener at dette avslører at elevene har en oppfatning av at deres forklaringer er begrenset til å forklare det spesifikke eksperimentet, i stedet for å forklare et generelt fenomen. Jeg tolker dette som at bruk av fremtidsform eller forklaringer som kan brukes til å forutse utfall av eksperimenter i fremtiden vil være på et høyere abstraksjonsnivå. Derfor ble nivå IV lagt til, som karakteriseres ved bruk av et fremtidsrettet språk.

Eksemplene er laget med utgangspunkt i tre ulike typer forsøk. Eksemplene på elevutsagn om observasjoner er laget med utgangspunkt i forsøket som er beskrevet under «eksempel på forsøk». Forsøket innebærer at elevene skal påvirke en likevekt med jern og tiocyanat. «Observasjon» i tittelen på denne kategorien innebærer at elevene skal forklare noe de observerer. Eksemplene på elevutsagn om resultater er laget med utgangspunkt i at det er blitt utført en påvisningsreaksjon for karbonationet. «Resultat» i tittelen på denne kategorien innebærer at elevene har fått et analyseresultat, enten kvalitativt eller kvantitativt. Eksemplene på elevutsagn om feilkilder er laget med utgangspunkt i at det er blitt utført en titrering med en tiosulfat-løsning.

Tabell 1.2 Abstraksjonsnivå på elevenes forklaringer av observasjoner, resultater og feilkilder

Nivå	Kjennetegn	Eksempel på elevutsagn om observasjon	Eksempel på elevutsagn om resultater	Eksempel på elevutsagn om feilkilder
0	Nevner ikke teorien, beskriver kun observasjoner. Eller nevner kun teori og beskriver ikke observasjoner.	Løsningen ble mer rød når vi dryppet oppi jernnitrat. <i>ELLER</i> Likevekten ble forskjøvet.	Vi fikk gassutvikling når vi tilsatte HCl til prøven. <i>ELLER</i> Vi beviste at det var karbonat når vi tilsatte HCl til prøven.	En feilkilde kan ha vært tiosulfat-løsningen vi brukte.
I	Knytter ikke eksplisitt observasjoner sammen med teori, men nevner begge deler. Beskrivelse av observasjoner fra forsøket og prosedyrer og handlinger er løstrevet fra konklusjonen.	Løsningen ble mer rød når vi dryppet oppi jernnitrat. Le Châteliers prinsipp sier at en likevekt vil forskyves slik at de ytre påvirkningene motvirkes.	Vi observerte brusing når vi tilsatte HCl. Det er karbonat i prøven.	En feilkilde kan ha vært at tiosulfat-løsningen allerede var litt oksidert, fordi den var gammel.
II	Beskrivelse av at observasjoner skjedde på grunn av at en regel (kausaltitet), et prinsipp eller en teori. (Henvising til regelen uten nærmere forklaringer eller utdyping)	Løsningen ble mer rød når vi dryppet oppi jernnitrat, på grunn av Le Châteliers prinsipp som sier at en likevekt vil forskyves slik at de ytre påvirkningene motvirkes	Vi observerte brusing når vi tilsatte HCl, så derfor beviste vi at det var karbonat i prøven.	En feilkilde kan ha vært at tiosulfat-løsningen allerede var litt oksidert. Det vil si at konsentrasjonen av tiosulfat i virkeligheten er lavere enn den vi har regnet med, noe som fører til at utregnet antall mol tiosulfat blir høyere enn det var i virkeligheten.
III	Beskriver observasjonene i bestemt tilknytning til regelen, prinsippet eller teorien. Mer utdypning enn på nivå II, og tydeligere akkurat hvorfor reaksjonen/eksperimentet omfattes av den bestemte teorien.	Le Châteliers prinsipp går ut på at en likevekt vil forskyves slik at de ytre påvirkningene motvirkes. I denne reaksjonen vil den ytre påvirkningen være tilsetning av mer reaktanter, og mer av reaktantene vil reagere til produkt - som observeres som rødere farge på løsningen.	Når vi tilsatte HCl reagerte H ⁺ -ionene med CO ₃ ²⁻ i prøven og dannet CO ₂ , som vi observerte som brusing. Så gassutviklingen beviste at det var karbonat i den ukjente prøven.	
IV	Generaliserer observasjonene til å gjelde fremtidige/lignende forsøk, forutse utfall. Bruk av ord som «alltid», «aldri» eller «i et annet tilfelle». Eventuelt inkludering av påstander om andre resultater, dersom andre eksperimenter hadde blitt gjort.	Dersom vi hadde kunnet fjerne SCN ⁻ fra løsningen, ville vi kanskje observert løsningen som lysere rød. Dette ville skjedd fordi mer av produktet som er rødt ville blitt omdannet til reaktantene.	<i>Ingen eksempel</i> – anser det som umulig å skrive om et analyseresultat i fremtiden.	Hvis vi skulle gjort noe annerledes ville vi laget tiosulfatløsningen rett før forsøket startet, for å unngå at løsningen rakk å bli oksidert, og dermed minsket feilkilden.

Da arbeidet med disse kategoriene begynte, var kun den kategorien som nå heter «observasjoner» laget. Dette var fordi jeg hadde en forventning om at forsøkene skulle illustrere noe teoretisk – som forsøket som er beskrevet i «eksempel på forsøk». Men i kjemi 2 spesielt er det mange forsøk som er analyser, enten kvalitative eller kvantitative. Elevene skal bestemme hva et ukjent salt består av, eller gjøre en titrering for å bestemme en mengde av noe. Rapporter fra slike analyser er en stor del av datamaterialet. Da forklaringer som handlet om resultatet av en analyse skulle plasseres på et abstraksjonsnivå, ble det vanskelig å gjøre dette på bakgrunn av eksemplene i kategorien «observasjoner». Kategorien «resultater» ble derfor laget for å gjøre det lettere å plassere en forklaring av et analyseresultat på et bestemt abstraksjonsnivå. Det samme var tilfelle for kategorien «feilkilder», det oppstod et behov for å ha eksempler på lavere og høyere abstraksjonsnivåer når elevene forklarer feilkilder i forsøket.

Videre i oppgaven blir elevenes beskrivelse og forklaringer av observasjoner, resultater og feilkilder ofte omtalt bare som «elevenes observasjoner» for enkelhets skyld. Det henvises da til alle typene av elevutsagn som er vist i tabell 1.2.

Eksempel på forsøk

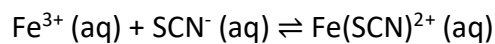
Jeg vil trekke frem et eksempel på en oppskrift på et typisk forsøk som skal illustrere noe teoretisk som elevene har lært om på forhånd. I dette forsøket stilles det spørsmål i forsøksmalen som elevene skal besvare i sin rapport. Disse er konstruert slik at elevene skal bruke de observasjonene de har gjort til å forklare noe teoretisk.

Eksempelet er hentet fra læreboken Aqua 1, og er et forsøk hvor elevene skal påvirke ulike likevekter ved å øke konsentrasjonen av ulike reaktanter (Steen et al., 2010a). I kjemi 1 skal elevene kunne anvende Le Châteliers prinsipp til å «drøfte likevekter» (Utdanningsdirektoratet, 2006). I forsøket skal elevene lage en løsning av jern(III)-ioner og tiocyanat, og det innstiller seg da en likevekt som er vist i reaksjonsligningen under. Løsningen får da en lyserød farge. De skal fordele løsningen i flere reagensrør, slik at ett kan brukes til fargesammenligning. I ett rør skal de tilsette mer jern(III)nitrat, og i ett skal de

tilsette mer kaliumtiocyanat. (De skal også gjøre flere tilsetninger enn dette som illustrerer andre, observerbare likevekter på liknende måte).

En av oppgavene elevene får etter de har gjennomført forsøket er følgende:

«Prøv å forklare fargeendringene i jern-tiocyanat-likevekten ved hjelp av reaksjonsligningene:



gul

rød»

(Steen et al., 2010a, s. 71)

Det er forventet at elevene skal observere at løsningen blir mer rødlig enn den var i utgangspunktet ved tilsetning av både jern(III)nitrat og kaliumtiocyanat. For å forklare denne observasjonen med teori, må elevene beskrive Le Châteliers prinsipp som går ut på at en likevekt vil forskyves slik at de ytre påvirkningene motvirkes. I denne reaksjonen vil den ytre påvirkningen være at elevene tilsetter løsninger av reaktantene som er mer konsentrerte enn konsentrasjonene i den likevekten de påvirker. De øker dermed konsentrasjonen av reaktantene, og likevekten forskyves mot produksiden for å motvirke den ytre påvirkningen. Dette observeres som rødere farge på løsningen.

Koding av hvordan observasjoner og resultater knyttes til teori

I kodingen av hvilket abstraksjonsnivå elevenes forklaring ligger på, har det blitt lett etter tekst som beskriver noe eleven har observert, eller tekst som beskriver teori. Hele tekstsekvenser som omhandler den samme observasjonen eller samme teoretiske prinsipp er blitt sett på som en enhet. Ofte er det slik at elevene nevner den samme observasjonen eller det samme analyseresultatet flere ganger i rapporten. Det kan være at de tidlig i teksten beskriver en observasjon, men senere i teksten beskriver den igjen og forklarer den mer utdypende enn ved første tilfelle. Når dette har forekommet, har alltid den mest komplekse forklaringen blitt identifisert som den interessante og kun denne er blitt kodet.

Nedenfor følger eksempler på elevutsagn som beskriver observasjoner, og hvilket abstraksjonsnivå disse har blitt kodet på.

Elev 3d i forsøksrapporten fra forsøket med korrosjon av jern skriver: «Korrosjonen av jern skjer fortest på jern surret rundt kobberplate.»

Dette er kodet som nivå 0 fordi det nevnes kun hva elevene observerte, og dette forklares ikke videre ved hjelp av teori.

Elev 2f i forsøksrapport fra kvalitativ uorganisk analyse, om feilkilder som kunne påvirket forsøket: «Spør av andre stoffer i stoffene vi brukte i løsningsene.

Rester av andre stoffer i reagensrør.»

Dette er kodet som nivå 0 fordi feilkildene nevnes uten at det nevnes hva slags påvirkning «andre stoffer» kan ha på forsøket.

Elev 1c og 1d om oppvarmingen av natriumhydrogenkarbonat: «Etter gassbrenner ble påtent tok det ca. fem minutter før det kunne bli observert endringer som tydet på kjemisk reaksjon. Dette beviser at det er en endoterm-reaksjon»

Dette er kodet som nivå I, fordi både observasjoner (at det krevdes fem minutter med oppvarming før elevene så tegn til at det skjedde en kjemisk reaksjon) og teori (endoterm reaksjon) nevnes, men de knyttes ikke eksplisitt sammen. Det er uklart hvordan eller hvorfor det at elevene måtte varme opp stoffet i en viss tid før det skjedde en reaksjon, beviser at reaksjonen er endoterm.

Elev 2d i forsøksrapporten fra kvalitativ uorganisk analyse: «Det første vi testet for var Ag^+ . Vi lagde en vannløsning av prøven i to reagensglass og tilsatte litt HCl til hvert glass. Vi fikk da et hvitt bunnfall som indikerer at vi har enten Pb^{2+} eller Ag^+ . For å skille disse fra hverandre lagde vi en ny vannløsning av prøven og tilsatte H_2SO_4 . Dette ga ingen utslag på prøven, noe som bekrefter at det var Ag^+ i prøven.»

Dette er kodet som nivå II fordi en observasjon (dette ga ingen utslag på prøven) nevnes som noe som begrunner noe (bekrefter at det var Ag^+ i prøven). Men den bestemte årsaken til at den testen beviste at det var sølvioner i prøven blir ikke påpekt, nemlig at bly danner et hvitt bunnfall med svovelsyre, mens sølv ikke gjør dette.

Elev 1r og 1s om sine undersøkelser av hvilken reaksjonsligning som kunne stemme: «På bildene til venstre, blir en fyrstikk plassert inn i den eventuelle gassen som komme opp fra digelen. Neste bilde viser at fyrstikken er slukket, dette beviser at det ble dannet CO₂ i reaksjonen. Fyrstikken slukker fordi det ikke er nok oksyngengass til at den klarer å brenne når den er inne i CO₂-gassen.»

Dette er kodet som nivå III fordi de beskriver hva de har observert (at fyrstikken slukker), som noe som begrunner noe (at det avgis CO₂ fra reaksjonen). Deretter knytter de dette til teori, ved å påpeke at årsaken til dette er at det ikke er nok oksygen til at fyrstikken kan fortsette å brenne.

Elev 1g, 1h og 1i: «Dersom vi skulle ha gjort forsøket på nytt ville vi brukt en vekt med flere desimaler slik at resultatet ville blitt enda mer nøyaktig. For å eliminere enda flere feilkilder, kunne digelen stått lenger over varmen, og blitt avkjølt lengre. Men på den andre siden, er vi usikre på om for lenge oppvarming av stoffet da kunne ha forårsaket at stoffet kunne brent seg fast i digelen, og dermed utgjort en enda større feilkilde enn det ville vært om vi varmet det opp for lite.»

Dette er kodet som nivå IV fordi elevene har en fremtidsrettet form, og beskriver hva de ville gjort annerledes – og hva det eventuelt kunne ført til.

Konklusjoner som «Kolorimetri er en veldig ømfintlig og god analysemetode for å finne veldig lave konsentrasjoner av kjent stoff» (fra elev 3e) eller «Serieanalysen var en god metode for å sortere de ulike kationene» (elev 3d) har dukket opp flere ganger i datamaterialet. Disse har jeg kodet på abstraksjonsnivå 0, fordi det er teori som nevnes, men det nevnes ikke i sammenheng med selve resultatene eller observasjonene fra forsøket. De er altså ikke utledet fra observasjonene elevene har gjort.

Flere av de kvantitative analysene har en konklusjon av denne typen på slutten av rapporten: «Fabrikanten har sagt at det er 7% CH₃COOH i eddiken fra butikken, og det stemmer relativt godt overens med svaret vi fikk» (denne fra elev 5f). Her nevner elevene både sitt resultat fra analysen, og det svaret de teoretisk sett skulle fått ut ifra en opplysning om varen de har analysert. Slike sammenligninger er kodet på abstraksjonsnivå I når de ikke

er blitt mer utdypet enn eksemplet ovenfor. Dette er fordi det regnes som at både teori og observasjon nevnes, men de knyttes ikke egentlig eksplisitt sammen.

Det må påpekes at ved slike sammenligninger er det vanskelig for elevene å forklare på de høyeste abstraksjonsnivåene. Det samme gjelder mange av de kvalitative testene for anioner og kationer. Et eksempel på dette er konklusjonen til elev 2c etter å ha gjort en flammeprobe av et ukjent salt:

«Magnesiastaven med saltet holdt vi over flammen til gassbrenneren. Når vi gjorde dette fikk vi se en fiolett flamme. Det forteller oss at vi har et kaliumsalt. Det så vi ut i fra tabellen under» (Med «tabellen under» menes en oversikt over salter og flammefarger som eleven hadde i rapporten).

Denne er kodet som nivå II, fordi eleven nevner observasjonen (at flammen blir lilla) og sier at dette er årsaken («dette forteller oss at») til at de kan konkludere med noe teoretisk (at de har et kaliumsalt). Kompetansemålene i kjemi 2 er ikke lagt opp slik at elevene lærer årsakene til at de ulike saltene avgir ulike farger når de tas flammeprobe av. Det er dermed usannsynlig at noen elever klarer å forklare dette på et høyere nivå enn nivå II. Flere av disse kvalitative testene vil dermed ha et «tak» for hvor høyt abstraksjonsnivå det er mulig for elevene å oppnå, siden de har en begrenset mulighet til å knytte teori til det de observerer.

Den teoretiske bakgrunnen for metoden – ekspansjonsklausuler

Det andre forskningsspørsmålet handler om hvor mye elevene bruker ekspansjonsklausuler i tekstene sine. Disse ekspansjonsklausulene kan brukes av elevene for å skape logiske sammenhenger i teksten. For å besvare dette blir Halliday og Martin (1993) sine beskrivelser av hva som kjennetegner en ekspansjonsklausul brukt.

Det er ofte bestemte uttrykk, konjunksjoner eller preposisjoner som brukes i de ulike typene ekspansjonsklausulene. Det er en oversikt over disse i tabell 1.3, som er en oversettelse og tolkning av tabell 5.2 i Halliday og Martin (1993, s. 100).

Tabell 1.3 Ekspansjoner

Type ekspansjon	Kategori	Typisk konjunksjon, preposisjon eller uttrykk som brukes
<u>Elaborasjon</u> Videre definerings eller klargjøring av idé	Fremstillende	Det vil si Med andre ord Som er
	Eksemplifiserende	For eksempel Som
<u>Ekstensjon</u> Sammenføyning av to ulike, men relaterte idéer eller hendelser	Additiv	Og Ved siden av I tillegg til
	Alternativ	Eller I stedet for
	Motsettende	Men I motsetning til
<u>Forbedring</u> Addisjon av informasjon som tid, sted, årsak eller tilstand	Kausal	Så (av den grunn) Fordi
	Betinget	Da (i det tilfellet) I tilfelle
	Innrømmende	Enda På tross av (forventning)
	Komparativ	Så (på den måten) Som I likhet med

I den originale teksten kalles de ulike typene ekspansjonsklausuler for «elaboration, extension og enhancement». De to første ordene er dermed oversatt ganske direkte, og det ble bestemt at «forbedring» var den beste oversettelsen av «enhancement». Det må påpekes at det ikke er noen hierarkisk struktur i disse tre typene av ekspansjonsklausuler,

det er bare ulike måter å skape logiske sammenhenger i en setning. Ordet forbedring betyr bare at setningen forbedres, ikke at den kategorien er «bedre» å bruke enn de andre.

Koding av ekspansjonsklausuler

Som nevnt i teori-delen består en klausul av et subjekt, verbal og eventuelt et objekt. Alle slike enheter i elevenes tekster er kodet som en klausul. Alle klausuler innenfor en setning ble da undersøkt om de på en eller annen måte la til en logisk sammenheng til den første klausulen i setningen. Der eleven setter punktum anses setningen som slutt. Tabell 1.3 er blitt brukt til å finne ut om en klausul faktisk er en ekspansjonsklausul, og eventuelt hvilken type. De typiske konjunksjonene, preposisjonene eller uttrykkene er da brukt som hjelp til å finne ut hva slags type ekspansjon det er snakk om. Hvis en av disse typiske ordene er blitt brukt, har jeg gått videre til kategorien og sett om den passer med utsagnet. Jeg har også sett på om utsagnet stemmer med det som kjennetegner den bestemte typen av ekspansjon.

Et eksempel er dersom ordet «som» ble brukt for å binde sammen to setninger. Jeg vil da sjekke om klausulen etter «som» har en eksemplifiserende funksjon, og deretter sjekke om den videre klargjør eller definerer den første klausulen. Klausulen må «oppfylle» alle disse kravene for å bli kodet som en ekspansjon. Selv om eleven bruker en av de typiske ordene fra tabellen, er det ikke sikkert at setningen inneholder en ekspansjonsklausul. Det må påpekes at klausuler ikke er kodet så detaljert som etter kategori av ekspansjon, men dette er hovedsakelig brukt som et hjelpemiddel i kodingen for å identifisere ekspansjonsklausuler.

Nedenfor følger eksempler på elevutsagn som har blitt kodet som ulike typer ekspansjonsklausuler. Klausulene er markert i fet skrift, og type ekspansjon står i kursiv etter de aktuelle klausulene.

Elev 3e: «**Spenningen økte fra 0**, slik som **vi antok i hypotesen** (*elaborasjon*)»

Her er siste klausul kodet som forbedring, fordi den siste klausulen videre definerer den første, og har en eksemplifiserende funksjon.

Elev 1g, 1h og 1j: «**Disse faktorene kom ikke tydelig frem i forsøket, men vi observerte at natriumhydrogenkarbonatet ble mer kornete og opakt ved oppvarming (ekstensjon)**»

Her er siste klausul kodet som ekstensjon, fordi det er en sammenføyning av to ulike, men relaterte idéer. Den siste klausulen har en motsettende funksjon, ved at de observerte noe annet enn det de henviser til i den første klausulen.

Elev 5c, 5d og 5e: «**Lite energi skal til for å bryte molekylene, og dette er fordi det er Van Der Waalske krefter mellom dem (forbedring)**»

Her er siste klausul kodet som en forbedring, fordi den legger til informasjon om årsaken til den første klausulen. Siste klausul har altså en kausal funksjon.

Det er også andre bindeord enn de som er nevnt i tabell 1.3 som har blitt brukt når en klausul er blitt kodet som en ekspansjonsklausul. Følgende eksempel på dette er fra elev 2d som beskriver fremgangsmåten sin: «**Til filtratet fra gruppe II tilsatte vi noen dråper 5 M NH₃ for å gjøre løsningen basisk**». Her er ordet «for» brukt for å forklare en årsakssammenheng. De tilsatte ammoniakk fordi de skulle gjøre løsningen basisk. Handlingen hadde altså et mål, og målet med en handling kan sies å være årsaken til at man gjør nettopp den handlingen. I disse tilfellene hvor ordet elevene har brukt har en effekt for å skape en logisk sammenheng, har jeg kodet disse som ekspansjonsklausuler. Denne typen ekspansjonsklausul har blitt funnet ved at jeg har forsøkt å bytte ut ordet elevene har brukt med ett av ordene i tabell 1.3. Deretter har jeg sjekket om setningen fortsatt har den samme betydningen. I dette tilfellet kan man sette inn «fordi vi skulle» i stedet for «for å gjøre». Dermed har den siste klausulen blitt kodet som en (kausal) forbedring. Dette er blitt gjort på samme måte med alle klausulene som ikke bindes sammen av ord i tabellen, men som likevel kvalifiserer til å være ekspansjoner av ulike slag.

Teksten er kun kodet som klausuler dersom det er tekst som jeg får inntrykk av er produsert av eleven selv. Noen av elevrapportene inneholder mye avskrift av fremgangsmåte fra boka. I disse tilfellene har slik avskrift blitt gjenkjent ved at samtlige elever har en identisk sekvens med tekst som beskriver fremgangsmåten. Slike sekvenser er da ikke tatt med i beregningen

av antall klausuler som rapporten består av, siden det er mest interessant å se hvor mye tekst elevene selv produserer.

Ufullstendige setninger eller enkeltstående ord som er tilknyttet utregninger er også utelatt fra kodingen av klausuler. Et eksempel fra elev 3a er:

«Masse Fe er: $m_{\text{Fe}} = 55,85 \text{ g/mol} * 5,02 * 10^{-3} \text{ mol} = 0,28 \text{ g}$ »

Slike små setninger er ikke regnet med som klausuler, siden de ikke er del av en sammenhengende tekst.

En klausul er definert som en enhet som minst inneholder subjekt og verbal (Halliday & Martin, 1993). Men i blant så utelater elevene subjektet i sine setninger. Et eksempel på dette er fra rapporten til elev 2d:

«**Vi satte filtratet fra gruppe III i vannbad og tilsatte 3 dråper 2,5 M (NH₄)₂CO₃ (ekstensjon) og sentrifugerte dette (ekstensjon).**»

I dette tilfellet er det implisitt at det er gruppen av elever som har utført handlingen, og at setningen også kunne vært skrevet: «Vi satte filtratet fra gruppe III i vannbad og [vi] tilsatte 3 dråper 2,5 M (NH₄)₂CO₃ og [vi] sentrifugerte dette». «[vi] sentrifugerte dette» og [vi] tilsatte 3 dråper» er derfor kodet som klausuler, selv om de ikke inneholder et subjekt. I alle lignende tilfeller hvor det er implisitt hvem som er subjektet i setningen, er også disse kodet som en klausul.

Testing av analyseverktøyene

Analysemetoden ble testet i samarbeid med en annen masterstudent innen kjemididaktikk. På den måten blir reliabiliteten til metoden undersøkt. Det ble undersøkt og sammenlignet deler av tre rapporter fra lærer 1. Grunnen til at det ble deler, og ikke hele rapportene, var at det ikke var klargjort at fremgangsmåten til elevene skulle inkluderes i kodingen.

Tabell 2.1 - Resultat fra testen av analysemetoden om klausuler

Rapport	Antall klausuler		Antall ekspansjoner		Antall uenige
	S	H	S	H	
1a og 1b	23	23	8	8	1
1c og 1d	26	25	10	9	2
1e og 1f	51	50	24	23	1

I tabell 2.1 vises hvor mange klausuler og ekspansjonsklausuler jeg og medstudenten fant i utdragene av de tre rapportene. «Antall uenige» refererer til at vi var uenige om typen av ekspansjon. Videre vil jeg trekke frem tilfellene der vi var uenige, og forklare hva vi tenkte i de ulike tilfellene. Klausuler er markert med fet skrift, dersom det er en ekspansjonsklausul står type ekspansjon i kursiv i parentes. I ufullstendige setninger er det lagt til ord slik at setningen blir fullstendig. Disse står i klammeparentes.

Forskjellen i antall klausuler på elev 1c og 1d kom av at jeg hadde kodet en tekst-enhet som to klausuler, som medstudenten hadde kodet som en. Setningen er vist under slik jeg kodet den i utgangspunktet:

«Hoved-observasjonen som tydet på en reksjon var da det ble hulrom ved kantene av bakepulveret (*elaborasjon*)»

Medstudenten hadde altså kodet hele setningen som en klausul, og dermed ikke kodet siste del som en ekspansjonsklausul heller, slik at denne ulikheten forplantet seg til antall ekspansjoner også. Vi ble enige om at det stemte at denne setningen består av to klausuler, og at den siste klausulen var en elaborasjon av den første. Slike klausuler som innledes med «da det ble», har ofte vært tvilstilfeller med tanke på hvilken type ekspansjon setningen egentlig er. Her ble vi enig om at siste klausul klargjør den første klausulen, og at elaborasjon derfor passet best. En kunne argumentert for at elevene beskriver en årsakssammenheng

(det var en kjemisk reaksjon *fordi* de gjorde en observasjon), og at det hadde passet bedre å kode dette som en kausal forbedring. Slike tvilstilfeller har oppstått noen ganger i analysen, da har den kategorien jeg har tenkt stemmer best, blitt valgt.

De fleste gangene vi hadde kodet noe som ulike typer ekspansjoner, var det fordi eleven hadde brukt andre ord for å binde sammen to klausuler enn de som er listet opp i tabell 1.3. Alle de klausulene vi i utgangspunktet hadde vært uenige om hva slags type ekspansjon det var, ble vi enige om etter å ha drøftet betydningen av de ulike ordene. Videre følger de eksemplene hvor vi var enige om at klausulen var en ekspansjon, men hadde kodet de som ulike typer ekspansjoner.

Elev 1a og 1b: «**En annen feilkilde kan være at ikke alt stoffet har blitt oppvarmet og dermed [har] reagert** (*ekstensjon -> forbedring*).»

Jeg kodet opprinnelig dette som en ekstensjon, på grunn av ordet «og». Jeg mente dette hadde en additiv funksjon. Medstudenten hadde kodet dette som forbedring, fordi elevene beskriver at årsaken til at stoffet ikke har reagert, er fordi det ikke har blitt oppvarmet. Det stemmer med at en kunne satt inn «av den grunn» i stedet for «dermed», og setningen ville beholdt sin mening. Vi ble derfor enige om at dette var en kausal forbedring.

Elev 1c og 1d: **Det teoretiske utbytte vil være vanskelig å oppnå**, som medfører at **massen av produktet vil være litt høyere enn det teoretiske utbytte** (*elaborasjon -> forbedring*).

Jeg kodet dette opprinnelig som elaborasjon, fordi jeg tenkte at «som medfører at» var et eksemplifiserende uttrykk. Her har det oppstått litt forvirring fordi setningen elevene skriver ikke gir helt mening kjemisk sett – et produkt vil jo ikke få høyere masse dersom ikke teoretisk utbytte oppnås, men lavere. Medstudenten hadde kodet den som forbedring, fordi hun hadde tolket «som medfører at» som en indikasjon på kausalitet. Hun mente at hvis en erstatter ordet «lavere» med «høyere», så er det tydeligere at elevene presenterer en årsak, og deretter en virkning i neste klausul. Vi ble enige om at dette var en kausal forbedring.

Elev 1c og 1d: $\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ **viste seg å være den riktige formelen** med tanke på **utregningen og reaksjonen med fortynnet saltsyre** (*ekstensjon -> forbedring*).

Jeg kodet opprinnelig dette som ekstensjon, fordi jeg mente at «med tanke på» var et additivt uttrykk. Medstudenten kodet dette som en forbedring, fordi utregningen og reaksjonen med saltsyre var årsaken til at reaksjonsligningen hadde vist seg å være riktig. Dette stemmer med at en kunne satt inn «på grunn av» i stedet for «med tanke på», og setningen hadde bevart sin mening. Vi ble dermed enige om at det var en kausal forbedring. Det må nevnes at her har elevene ikke skrevet riktig reaksjonsligning, men den siste klausulen har likevel en logisk sammenheng med den første.

Elev 1e og 1f: Her vil noen av produktene være gass som vi kan observere på makronivå (elaborasjon) ved at det bobler (elaborasjon -> forbedring).

I dette tilfellet er det den siste ekspansjonsklausulen vi hadde kodet ulikt. Jeg hadde tolket «ved at» som et eksemplifiserende uttrykk. Men medstudenten påpekte at en her kunne satt inn «fordi» og bevart meningen, og vi ble dermed enige om at dette var en kausal forbedring. Denne setningen er også årsaken til at det er forskjell i antall klausuler til denne rapporten. Medstudenten hadde kodet hele siste del av setningen (etter «som») som en klausul, mens jeg hadde delt opp i to slik som det er vist her. Vi ble i dette tilfellet enige om at min oppdeling var riktig. Dette førte til at min koding hadde en klausul mer og en ekspansjonsklausul mer enn min medstudent på denne rapporten.

Test av koding av observasjoner og deres abstraksjonsnivåer

I de tre rapportene identifiserte begge de samme ni observasjonene. I utgangspunktet hadde vi klassifisert fem av dem som samme abstraksjonsnivå. Men under gjennomgangen viste det seg at det hadde vært en usikkerhet om hvilke enheter som skulle analyseres for abstraksjonsnivå. Jeg hadde kategorisert hele tekst-enheten som omhandlet samme observasjonen i et abstraksjonsnivå, men min medstudent hadde delt opp disse i mindre biter, og kategorisert dem setning for setning. Dette resulterte i at de innledende setningene ofte ble kategorisert på et lavt nivå, fordi eleven her beskrev akkurat hva som ble observert. Mens setningene etter ble kategorisert på et høyere nivå, fordi da kom eleven inn på forklaringen på observasjonen. Dette gjaldt to av de ni identifiserte observasjonene.

I disse to tilfellene var det høyeste nivået min medstudent hadde kodet forklaringene til, det samme nivået som jeg hadde tillagt hele enheten med tekst. Da denne misforståelsen ble oppdaget, ble vi enige om at det ga mest mening å kode all tekst som var tilknyttet samme observasjon som en enhet. Med dette tatt i betraktning, kan en si at vi var enige om nivået til syv av disse ni observasjonene.

Eksemplene under er de to eksemplene vi var uenige om.

Elev 1a + 1b: «Det skulle også være forholdet 2:1 mellom natriumhydrogenkarbonat og natriumkarbonat. Stoffmengden til reaktanten er 0,0476 mol, og delt på to blir dette 0,0238 mol. Dette stemte godt med resultatet som var 0,0237 mol.»

Medstudenten hadde kodet dette som nivå II, jeg som nivå III. Jeg argumenterte med at dette utsagnet var på nivå III, fordi det er en tydelig sammenheng mellom teorien de anvender (det teoretiske antallet mol) og det praktiske resultatet de har fått i forsøket (det utregnede antall mol). Medstudenten var enig, og dette ble kodet som nivå III.

Elev 1c + 1d: «Etter gassbrenner ble påtent tok det ca. fem minutter før det kunne bli observert endringer som tydet på kjemisk reaksjon. Dette beviser at det er en endoterm-reaksjon.»

Her hadde jeg opprinnelig kodet dette som nivå II, medstudenten hadde nivå I. Hun mente at dette var et typisk nivå I-utsagn, fordi det først nevnes en observasjon, og deretter en teoretisk påstand. Men de nevnes i hver sin setning, og det påpekes ikke akkurat hvorfor eller hvordan observasjonen beviser at reaksjonen var endoterm. Dette var jeg enig i, og dette ble derfor kodet som nivå I.

[Pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet](#)

Ofte brukes kriteriene pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet som indikatorer på kvalitet på forskning (Tjora, 2010).

Pålitelighet handler om intern logikk og sammenheng gjennom hele forskningsprosjektet (Tjora, 2010), og reliabilitet kan sies å være et synonym til pålitelighet. Det handler om

presisjonen og nøyaktigheten til de måleinstrumentene som brukes (Cohen, Manion, & Morrison, 2011). I et forsøk på å skape forskning som er pålitelig bør en spørre seg selv om en annen forsker hadde fått de samme resultatene som en selv. Selv om svaret på dette ikke nødvendigvis er et klart ja, må det gjøres rede for hva som taler for at resultatene hadde blitt like, og også hva som kan gjøre at resultatene hadde blitt ulike (Tjora, 2010).

For å øke påliteligheten i dette prosjektet er det gjort en test av begge analyseverktøyene, som ble presentert ovenfor. Videre har jeg gjort noen refleksjoner om hva disse testene forteller om påliteligheten til analyseverktøyene.

Testen av koding av klausuler viste at det var stor overenstemmelse over hva som var ekspansjonsklausuler, men i blant noe uenighet om hvilken type ekspansjon klausulen falt inn under. Alle de vi utgangspunktet hadde kodet ulikt, ble vi enige om etter diskusjon. Noen av de tilfellene der vi kodet ulikt kan ha vært en konsekvens av at ingen av oss hadde noe trening i denne analysemetoden. I det siste eksempelet som trekkes frem, som er fra elev 1c og 1d, er det tydelig at setningen består av mer enn bare ett subjekt og ett verb, men verken jeg eller medstudenten var vant til å lese setninger på denne måten. Antageligvis ville overensstemmelsen vært større dersom begge hadde øvd på å bruke metoden i forkant av testen.

Testen av koding av observasjonene viste at kategoriene trengte å bli mer konkrete. Både jeg og min medstudent syntes det var noe utfordrende å finne riktig kategori. Dette var fordi det på det tidspunktet bare hadde blitt laget eksempler på elevutsagn om observasjoner knyttet til forsøk som skulle eksemplifisere et kjemisk fenomen. Men de rapportene vi analyserte i testen handlet mest om et faktisk resultat av en undersøkelse. Det ble da tydelig at jeg trengte konkrete eksempler til de ulike nivåene i slike rapporter fra analyse-forsøk. I tillegg ble det også tydelig at det var behov for eksempler på hvordan elevene beskrev feilkildene. Eksemplene i tabell 1.2 om resultater og feilkilder ble altså laget i etterkant av denne testen.

Dersom det hadde vært mer tid disponibelt, hadde det vært ønskelig å gjøre en ny test etter at kategoriene var blitt mer konkretisert og det hadde blitt laget flere eksempler. Men siden denne oppgaven kun har et omfang på et halvt år, var det ikke mulig å gjennomføre. Det er

likevel grunn til å tro at analyseverktøyet fungerer på en tilfredsstillende måte, i og med at det ble identifisert områder som hadde behov for forbedring, som ble forbedret i etterkant. I tillegg gjorde testen at jeg fikk øvelse i å bruke analyseverktøyet og hadde nyttige, oppklarende diskusjoner om systemet med min medstudent.

Videre handler gyldighet om at det er en logisk sammenheng mellom hvordan et forskningsprosjekt er utformet, og de spørsmålene man ønsker å besvare i forskningen (Tjora, 2010). Slik beskrives også kvalitetsmålet «validitet» hos Cohen et al. (2011), derfor tolker jeg det som at disse kan brukes som synonymer for hverandre. De påpeker at ingen forskning kan være hundre prosent valid, men en kan forsøke å øke validiteten så mye som mulig. Den kan økes ved å være tydelig på hvordan forskningen praktiseres, og hvordan spørsmålene i forskningen utformes med utgangspunkt i forskning som allerede er gjort på området (Tjora, 2010).

For å øke validiteten i dette prosjektet blir det derfor redegjort for forskningen som ligger til grunn for de analyseverktøyene jeg har valgt å bruke, samt hvordan disse har blitt brukt. Dette ble presentert i underkapitlene som heter «den teoretiske bakgrunnen for metoden - ...». Det må påpekes at mye av forskningen som er brukt i denne oppgaven er gjort på ungdomsskole-nivå, og mye er gjort i naturfag. Det er lite forskning som er gjort på programfag i kjemi på videregående nivå i Norge. Det er dermed gjort en antagelse om at naturfagundervisning har så mye til felles med kjemiundervisning at forskningen er relevant for denne oppgaven.

Generaliserbarhet handler om forskningens relevans utover det utvalget som er blitt undersøkt (Tjora, 2010). Det finnes mange ulike typer generaliserbarhet, men en jeg vil først trekke frem er statistisk generalisering. Den er basert på at et utvalg som er gjort, er representativt for resten av gruppen som utvalget er gjort fra (Kvale, 1997). Da datainnsamlingen i denne oppgaven verken er gjort ved å ta et tilfeldig utvalg av lærere og elever, og dessuten i all hovedsak fra samme del av landet, kan den analytiske generaliserbarheten i dette prosjektet diskuteres. Firestone (1993) beskriver en annen form for generalisering, det han omtaler som «case-to-case transfer». En slik type generalisering passer nok bedre til denne oppgaven, da den innebærer at det i større grad er opp til leseren

å bestemme om funnene i oppgaven kan generaliseres til leserens egen situasjon. En lærer som leser dette, kan vurdere om han eller hun kjenner igjen de trekkene ved rapportene som jeg beskriver – og om refleksjonene rundt disse også er relevante for seg og sin undervisning.

Resultater

Her presenteres det resultatet av analysen for hvor mange klausuler rapportene består av, hvor mye elevene bruker ekspansjonsklausuler, og hvilke abstraksjonsnivåer elevenes forklaringer av observasjoner er på. I arbeidet med disse resultatene ble det tydelig at den gruppen av elever som har designet sitt eget forsøk, har skrevet rapporter som har ganske ulike karakteristika enn rapportene til de andre elevgruppene. Derfor undersøkes denne gruppen litt nærmere, i tillegg til at rapporter fra forsøk som skal illustrere teori sammenlignes med analyseforsøk. Jeg ser også nærmere på hvordan elevene knytter sammen observasjoner til teori i sine beskrivelser av feilkilder.

Ekspansjonsklausuler i rapportene

Rapportene som er blitt analysert består i gjennomsnitt av 24 klausuler. Men rapportene varierer stort i omfang, de består av alt fra to til 160 klausuler med selvstendig tekst. I gjennomsnitt består de analyserte rapportene av 7,4 ekspansjonsklausuler, som utgjør 27 % av gjennomsnittslengden. Av disse er 12 % ekstensjoner, 5 % er elaborasjoner og 10 % er forbedringer. Spennet i prosentandel ekspansjonsklausuler er stort, og det strekker seg helt fra 0 % til 64 %.

Når elevene ekspanderer en setning, bruker de altså oftest ekstensjon eller forbedring. Det vil si at de oftest føyer sammen to ulike, men relaterte idéer eller hendelser, eller legger til informasjon som tid, sted, årsak eller tilstand. Elaborasjoner brukes minst, det vil si at de i litt mindre grad videre definerer eller klargjør en idé.

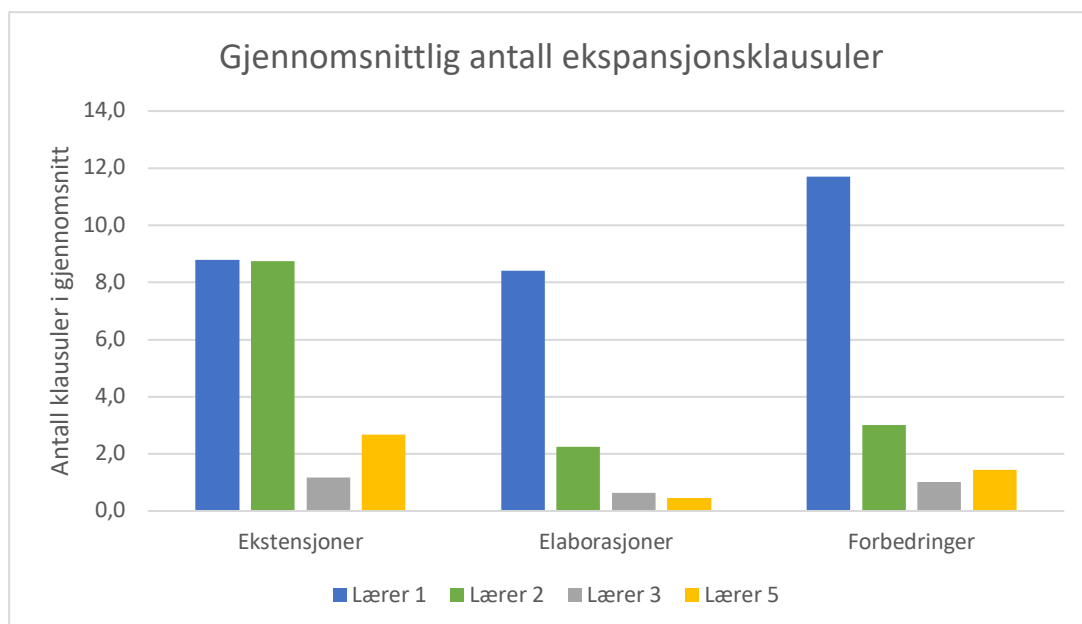
I tabell 3.1 følger en oversikt over hvor mange klausuler, og hvor mange av de ulike ekspansjonsklausulene rapportene til elevene består av. Rapportene er listet opp etter hvilken klasse elevene går i.

Tabell 3.1 Gjennomsnittlig antall klausuler og ekspansjonsklausuler

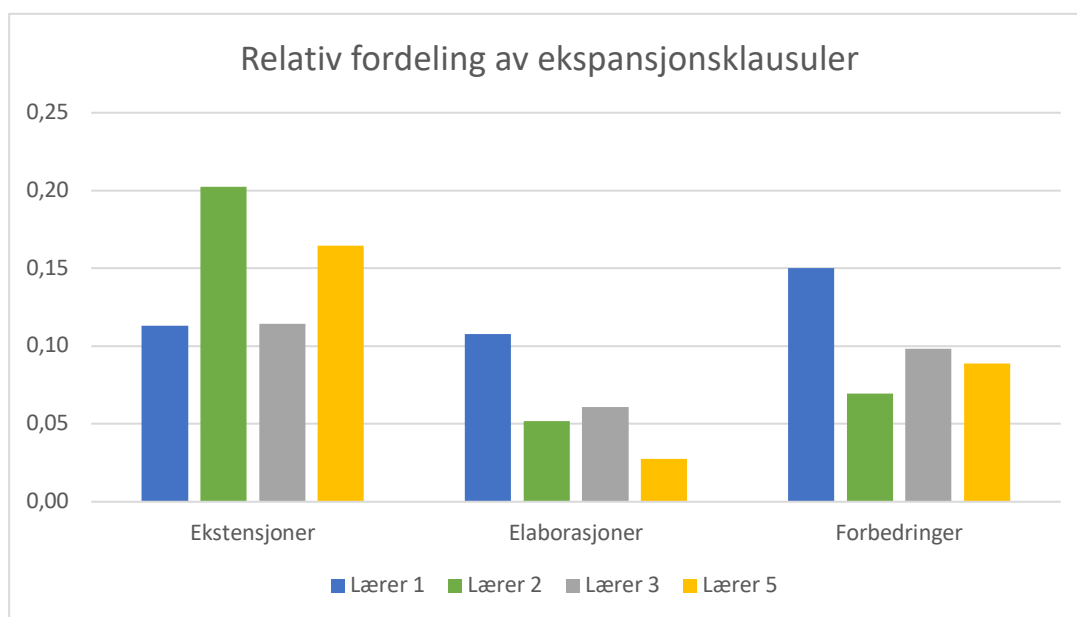
Gjennomsnitt av	Lærer 1	Lærer 2	Lærer 3	Lærer 4*	Lærer 5
Antall klausuler	77,9	43,3	10,4	69,0	16,2
Ekstensjoner	8,8	6,0	1,2	7,0	2,7
Elaborasjoner	8,4	2,3	0,6	3,0	0,4
Forbedringer	11,7	2,9	1,0	1,0	1,4

*Er ikke gjennomsnittstall, siden tallene gjelder kun den ene rapporten som består av selvstendig tekst.

Det er stor forskjell i gjennomsnittlig omfang av teksten til elevene til de forskjellige lærerne. Elevene til lærer 1 skriver de lengste rapportene med et gjennomsnittlig antall på 77,9 klausuler. Elevene til lærer 3 skriver de korteste rapportene med et gjennomsnittlig antall på 10,4. Elevene til lærer 3 har alltid med en beskrivelse av framgangsmåten til forsøket i begynnelsen av rapporten. Denne er alltid identisk elevene imellom, og ofte beskrevet med nøyaktig samme ordlyd i læreboken Aqua 2 (Steen et al., 2010b). Disse tekst-enhetene har derfor ikke blitt vurdert som selvstendig tekst, og derfor ikke kodet som klausuler.



Figur 3.1 Gjennomsnittlig antall ekspansjonsklausuler



Figur 3.2 Relativt antall ekspansjonsklausuler

Elevene til lærer 1 skriver lengst rapporter, det er også de som har flest av de ulike ekspansjonsklausulene. Derfor ble det også undersøkt hvor mye elevene i de ulike gruppene prosentvis bruker ekspansjonsklausuler. Resultatet av dette vises i figur 3.2. Det må nevnes her at spesielt rapportene til elevene til lærer 3 og lærer 5 egentlig ikke er helt sammenlignbare med rapportene til elevene til lærer 1 og 2, siden de er så ulike i lengde. Når rapportene er veldig korte, skal det ikke mange ekspansjonsklausuler til før prosentandelen blir veldig høy.

Tallene for totalt prosentvist antall ekspansjonsklausuler i teksten er 37 % for elevene til lærer 1 og 32 % for elevene til lærer 2. Det ser derfor ut til at elevene til lærer 1 bruker ekspansjonsklausuler mest. Elevene til lærer 3 og lærer 5 har veldig lik bruk av ekspansjonsklausuler, og tekstene deres består henholdsvis av 27 % og 28 % ekspansjonsklausuler.

Observasjoner i rapportene

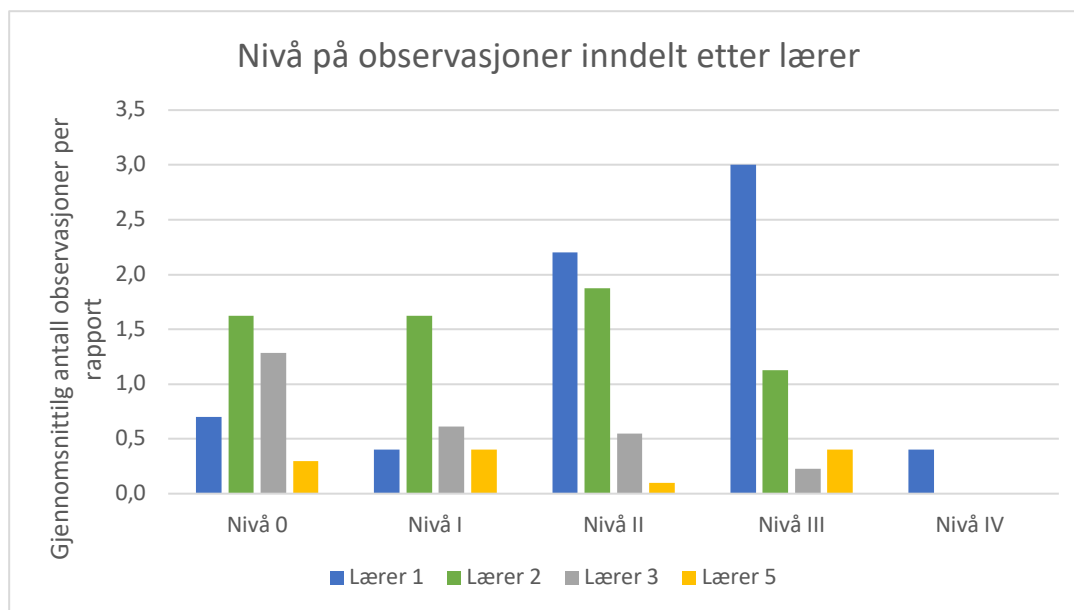
Antall observasjoner som er bemerket i teksten av elevene skiller seg noe mellom de ulike elevgruppene, som vises i tabell 3.2.

Tabell 3.2 Gjennomsnitt av antall observasjoner og nivå inndelt etter lærer

Gjennomsnitt av	Lærer 1	Lærer 2	Lærer 3	Lærer 4*	Lærer 5
Antall observasjoner	6,8	6,6	2,7	1,0	1,3
Nivå 0	0,7	1,6	1,3	0,0	0,3
Nivå I	0,4	1,6	0,6	0,0	0,4
Nivå II	2,2	1,9	0,6	1,0	0,1
Nivå III	3,0	1,1	0,2	0,0	0,4
Nivå IV	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0

*Er ikke gjennomsnittstall, siden det tallene kun den ene rapporten som består av selvstendig tekst.

For lærer 1 og lærer 2 er gjennomsnittet for antall observasjoner som er nevnt veldig likt, henholdsvis 6,8 og 6,6. De skiller seg mye fra lærer 3 og lærer 5 med henholdsvis 2,7 og 1,3 observasjoner i hver rapport. Selv om elevene til lærer 1 og lærer 2 gjennomsnittlig har cirka like mange observasjoner som nevnes i hver elevrapport, er det forskjell på nivåene til disse observasjonene. Figur 3.3 (som er en grafisk fremstilling av deler av tabell 3.2) viser at elevene til lærer 1 har gjennomsnittlig har mer enn dobbelt så mange observasjoner som klassifiserer til nivå III, enn elevene til lærer 2. Elevene til lærer 2 har rundt dobbelt så mange observasjoner på nivå 0, enn elevene til lærer 1 har, og fire ganger så mange på nivå I.



Figur 3.3 Nivåene på observasjonene inndelt etter lærer

Figur 3.3 viser også at lærer 3 og lærer 5 sine elever nevner færre observasjoner per rapport. Fordelingen mellom nivåene viser at observasjonene som nevnes av disse to elevgruppene forklares i større grad på de lavere nivåene. I figuren er dataene fra den ene rapporten fra lærer 4 utelatt, siden dette bare var tall fra en rapport. Dette gjelder også figurer som presenteres senere i resultat-delen.

Rapportene som er fylt inn i en mal

De fleste rapportene elevene fra lærer 4 har en annerledes struktur enn rapportene fra de andre elevgruppene. I datamaterialet er det kun én rapport fra denne elevgruppen som inneholder mye selvstendig tekst, av den grunn er denne inkludert i tabell 3.1 og 3.2. Tre av fem forsøk har en type forsøksrapport hvor elevene fyller ut felter i ferdige skjemaer. Til forsøket med elektrolyse av kobbersulfat, består forsøksrapporten av utregningene av teoretisk og faktisk utbytte av kobbermetall. Rapportene til disse fire forsøkene består dermed av lite eller ingen tekst som er produsert av elevene. Det betyr at det verken fungerer å analysere rapportene for antall ekspansjonsklausuler eller abstraksjonsnivået på forklaringene av observasjoner, siden begge systemene er basert på at elevene har skrevet

en del tekst. Videre vil det kort presenteres strukturen på rapportene som er fylt inn i en mal, og innholdet i disse.

I forsøket om spenningsrekken skal elevene tilsette et fast metall til en løsning av et salt, og markere i en tabell om det skjer en redoksreaksjon eller ikke. Minst tre av reaksjonene skal elevene skrive totalreaksjon til, og beregne cellepotensialet til reaksjonen. Elleve av tolv elever skriver reaksjonsligninger, hvor av fire av disse har fått små rettinger av læreren på utregningen av cellepotensialet.

I forsøket med korrosjon av jern skal elevene legge jern sammen med et annet metall, og på samme måte notere i en tabell om det skjer en reaksjon eller ikke. Deretter skal de forklare årsakene til at de observerer fargeendringer, spesifisere hva som er reduksjonsreaksjonen til noen av skålene, hvilket metall som leverer elektroner til disse reduksjonsreaksjonene, og svare på hvordan man kan forhindre korrosjon av jern. To av tre grupper besvarer ikke alle spørsmålene, men har notert i tabellen og forklart årsakene til fargene de observerer.

I den kvalitative analysen av en blanding av to ukjente salter, fyller elevene inn i et skjema som gir oversikt over alle forprøvene, anion-analysen og kation-analysen. De skriver om den aktuelle testen var positiv eller negativ, og konkluderer nederst på arket med hvilket ukjent salt de hadde fått utdelt.

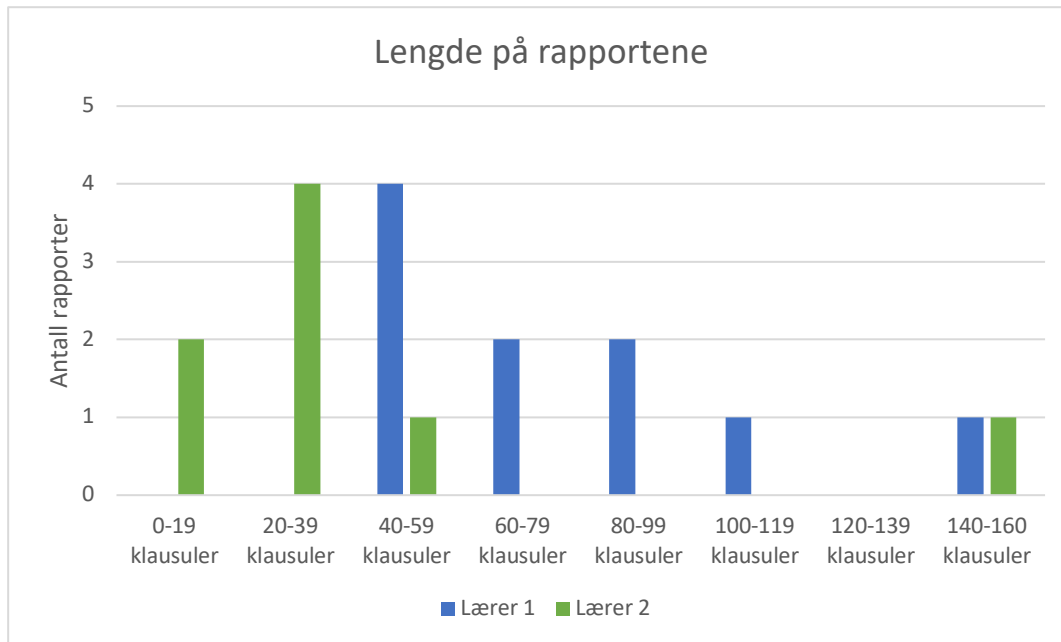
Elevene har også gjort en forkobring av en mynt, ved hjelp av elektrolyse av kobbersulfat. Til dette forsøket består rapporten av en utregning av teoretisk utbytte og faktisk utbytte. Dette har alle elevgruppene regnet ut med riktig formel, og kommet frem til korrekte svar.

Å designe sitt eget forsøk

Tidligere er det blitt vist at elevene til lærer 1 er de som skriver rapportene med flest klausuler, og det ser ut til at det er de som bruker ekspansjonsklausuler mest. De er også de som nevner flest observasjoner, og de som nevnes forklares på et høyere nivå enn hos de andre elevgruppene. Dette taler for at disse rapportene viser flere tegn på forståelse av kjemi enn de andre rapportene. Dette gjør at det er relevant å spørre seg om hva som gjør at

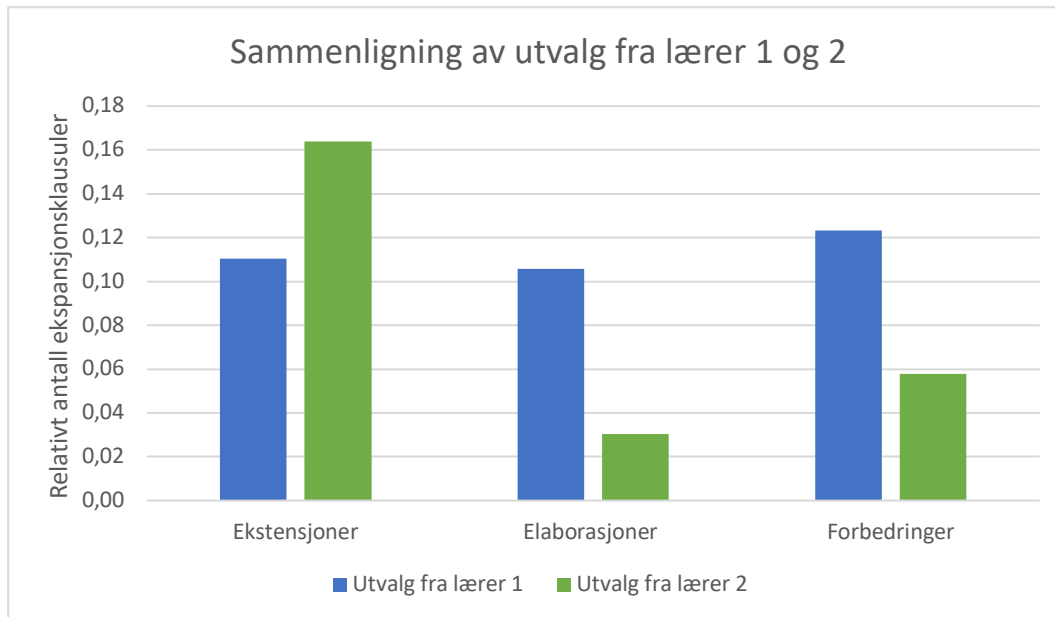
denne elevgruppen skiller seg fra de andre. Det er ennå for tidlig å forsøke og svare på det, men en kan merke seg en viktig forskjell på hvordan det praktiske arbeidet til elevene til lærer 1 er blitt lagt opp. De er blitt presentert for et problem som de skal løse, og så har de måttet velge selv akkurat hvordan de skal løse det (men de har fått et hint i instruksjonene). De er altså den eneste elevgruppen som har valgt sin egen fremgangsmåte i det praktiske arbeidet.

Siden rapportene til elevene til lærer 1 ser ut til å skille seg ut, ble det gjort en videre undersøkelse av andelen ekspansjonsklausuler hos denne gruppen, i forhold til de andre elevene. Siden det er disse som skriver flest klausuler, vil en naturlig konsekvens være at de også har flest ekspansjonsklausuler. Figur 3.2 som viser prosent-andelen av de ulike klausulene, kan som nevnt være misvisende fordi rapporter av så ulikt omfang sammenlignes. Av den grunn ble det forsøkt å gjøre et utvalg av rapporter fra datamaterialet som var mer sammenlignbare med elevene til lærer 1. Elevene til lærer 2 har en lengde på rapportene fra 14 til 56 klausuler, med unntak av elev 2d som har skrevet en rapport med 150 klausuler. Elevene til lærer 1 har skrevet rapporter med omfang fra 47 til 100 klausuler, med unntak av elev 1g, 1h og 1i som har skrevet en rapport med 160 klausuler. Figur 3.4 viser fordelingen av rapporter med ulik lengde for lærer 1 og lærer 2. Generelt er rapportene fra lærer 1 mer omfangsrike enn rapportene fra lærer 2, og felles for gruppene er at de har en rapport som er uvanlig lang. Men det ser ut til at det er en viss overlapp i lengde på rapportene mellom de korteste fra lærer 1 og de lengste fra lærer 2.



Figur 3.4 Fordeling av rapporter med ulik lengde

For å sammenligne rapportene som var likere i lengde, ble det tatt et utvalg på fem av de korteste rapportene fra elevene til lærer 1, og de fem lengste rapportene fra elevene til lærer 2 (bortsett fra det nevnte unntaket). På den måten ble utvalget noe likere i omfang. Gjennomsnittlig antall klausuler på rapportene i utvalget fra lærer 1 ble 53,4 klausuler. Samme tall for utvalget fra lærer 2 var på 33,4 klausuler. Det er fremdeles en stor forskjell på de to gruppene, men mindre enn dersom man sammenligner de to gruppene i sin helhet. Resultatet vises figur 3.5 under.

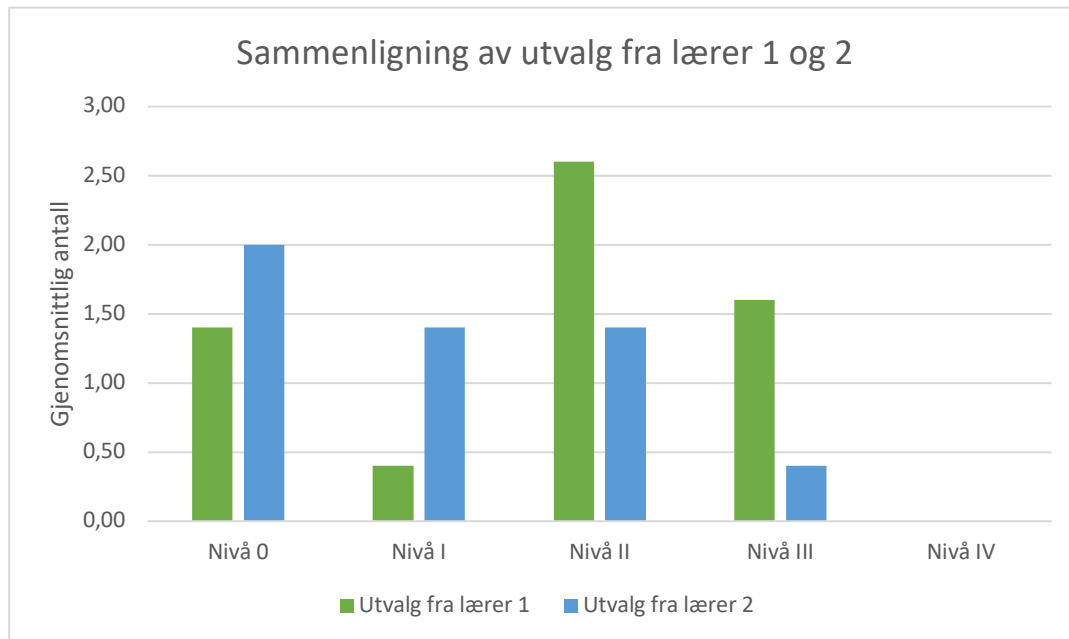


Figur 3.5 Sammenligning av ekspansjonsklausuler hos utvalg fra lærer 1 og 2

I sum er det fremdeles elevene til lærer 1 som bruker ekspansjonsklausuler mest, rapportene fra utvalget består i gjennomsnitt av 34 % ekspansjonsklausuler. Tilsvarende tall for rapportene fra utvalget fra lærer 2, er 25 %. Forskjellen mellom disse to gjennomsnittsverdiene er signifikant ($\alpha = 0,05$). Det er verdt å merke seg at elevene til lærer 1 bruker de tre ulike typene ekspansjonsklausuler stort sett like mye, og tekstene består i gjennomsnitt av 10-12 % av hver av de ulike typene. Mens elevene til lærer 2 i dette utvalget bruker 16 % ekstensjoner i sine tekster. Den utberedte bruken av slike klausuler kommer i stor grad fra at elevene har formulert mye fremgangsmåte i tekstene sine. De har gjort kvalitativ analyse av ukjent salt, og de fleste elevene har beskrevet alle testene i detalj. Dette resulterer i svært mange setninger av typen «**vi løste noen korn av det ukjente saltet i noen dråper vann og tilsatte en dråpe 3 M HNO₃ (ekstensjon)**» (elev 3c). Disse er i stor grad opphavet til den store andelen ekstensjoner i tekstene. Elevene til lærer 2 bruker i noe mindre grad elaborasjoner og forbedringer. Elevene til lærer 1 bruker elaborasjoner nesten fire ganger så ofte som dem, og forbedringer dobbelt så ofte.

Siden det ser ut til å være en forskjell i hvor komplekst språk disse to gruppene av elever bruker, ble det også undersøkt om det var en forskjell i hvilket nivå de forklarte observasjonene sine på. Elevene i gruppen fra lærer 1 nevnte i gjennomsnitt 6 observasjoner

per rapport, mens elevene i gruppen fra lærer 2 nevnte i gjennomsnitt 5,4. Dette gjør at det ikke er nødvendig å regne ut prosentfordelingen av nivåene, siden det totale antallet observasjoner nevnt er såpass likt. Resultatet er vist i figur 3.6 under.



Figur 3.6 Sammenligning av abstraksjonsnivåene hos utvalg fra lærer 1 og 2

Det ser ut til at elevene til lærer 1 tenderer til å forklare sine observasjoner på et høyere abstraksjonsnivå enn elevene til lærer 2. De har i gjennomsnitt rundt dobbelt så mange forklaringer på nivå II, og fire ganger så mange forklaringer på nivå III. Oppsummert viser sammenligningen av utvalgene at det er flest tegn på forståelse av kjemi i rapportene til elevene til lærer 1.

De lengste rapportene

Det var to rapporter som skilte seg veldig ut fra resten av gruppen med tanke på antall klausuler elevene hadde skrevet. Det dukket opp et spørsmål om disse to rapportene også hadde de samme karakteristikaene som de andre rapportene i sine grupper, eller om disse skilte seg ut på noe vis. Tidligere er det blitt vist at rapportene fra lærer 1 inneholder større

andel ekspansjonsklausuler, og at observasjoner blir forklart i større grad. Gjelder dette også disse to ekstra lange rapportene?

Antall klausuler og ekspansjoner de består av kan sees i tabell 3.3, og antall observasjoner og fordeling på abstraksjonsnivå kan sees i tabell 3.4. Da antallet observasjoner som er nevnt er ganske ulikt, ble det valgt å se på den prosentvise fordelingen av hvilket nivå disse forklares på.

Tabell 3.3 Klausuler og ekspansjonsklausuler i de lengste rapportene

	Klausuler	Ekstensjoner	Elaborasjoner	Forbedringer
Elev 1g, 1i og 1h	160	23	15	25
Elev 2d	150	25	12	13

Tabell 3.4 Observasjoner og abstraksjonsnivåer på observasjonene i de lengste rapportene

	Observasjoner	Nivå 0 [%]	Nivå I [%]	Nivå II [%]	Nivå III [%]	Nivå IV [%]
Elev 1g, 1i og 1h	10	0	0	10	60	30
Elev 2d	19	16	10	37	37	0

Når det gjelder ekspansjonsklausuler, følger disse to rapportene mønsteret vi tidligere har sett, hvor elevene til lærer 1 bruker ekspansjonsklausuler mest. Totalt i rapporten har elev 1g, 1i og 1h med 63 ekspansjonsklausuler, som utgjør 39 %, mens elev 2d har 50, som utgjør 33 %. Denne forskjellen kommer i stor grad av at elev 1g, 1i og 1h bruker vesentlig flere forbedringer enn elev 2d. De bruker alle ekstensjoner og elaborasjoner i cirka like stor grad.

I antall observasjoner skiller de to rapportene seg også. Elev 2d har med 19 observasjoner i rapporten, mens elev 1g, 1h og 1i har 10. Trenden fra tidligere er at elevene i de to elevgruppene nevner omtrent like mange observasjoner per rapport. Men det er verdt å merke seg at dette gjelder rapporter som ikke er like lange. Elevene til lærer 1 har i

gjennomsnitt rapporter som består av 77,9 klausuler, og nevner i gjennomsnitt 6,8 observasjoner. Elevene til lærer 2 har i gjennomsnitt rapporter som består av 43,3 klausuler, og nevner i gjennomsnitt 6,6 observasjoner. Om en forenkler disse tallene litt, vil det altså si at elevene til lærer 2 nevner observasjoner omtrent dobbelt så ofte som elevene til lærer 1. Når det nå sammenlignes rapporter som er like lange, ser det ut til at disse to også følger denne trenden. Elev 2d nevner observasjoner omtrent dobbelt så ofte som elev 1g, 1i og 1h. Årsaken til dette kan være at alle rapportene fra lærer 2 er fra kvalitativ analyse av et ukjent salt. Hver gang en ny test gjøres og elevene beskriver resultatet av testen, innebærer det også at de beskriver en ny observasjon.

Det ser ut til at elev 2d forklarer sine observasjoner på et noe høyere nivå enn resten av gruppen av elevene til lærer 2 – hvis en sammenligner med figur 3.3 og 3.6. Likevel ser den prosentvise fordelingen ut til å vise at elev 1g, 1h og 1i forklarer en større andel av sine observasjoner på høyere nivåer enn elev 2d. På den måten ser også dette ut til å følge trenden fra tidligere ved at elevene til lærer 1 forklarer observasjonene sine på høyere nivåer enn de andre elevene.

Forsøk som skal illustrere teori versus analyseforsøk

Rapportene fra elevene som har valgt fremgangsmåte selv, hadde mange trekk som skilte seg fra de andre rapportene. Men de resterende rapportene kan også deles inn i to grupper; de som er fra forsøk som skal illustrere noe teoretisk, og de som er fra kvalitative eller kvantitative analyser. De kvalitative og kvantitative analysene er tydelig knyttet til kompetansemål som sier at elevene skal kunne utføre nettopp det de har gjort i den praktiske øvelsen. Mens forsøkene som skal illustrere noe teoretisk er i større grad knyttet til kompetansemål som sier at elevene skal kunne forklare noe teoretisk. Et eksempel på dette er forsøket som handler om forskyvning av likevekter, som er trukket frem som «eksempel på forsøk» tidligere.

Rapportene ble derfor delt inn i tre grupper; forsøk der fremgangsmåten skal finnes selv, kvalitativ og kvantitativ analyse, og forsøk som skal illustrere noe teoretisk. Resultatene av

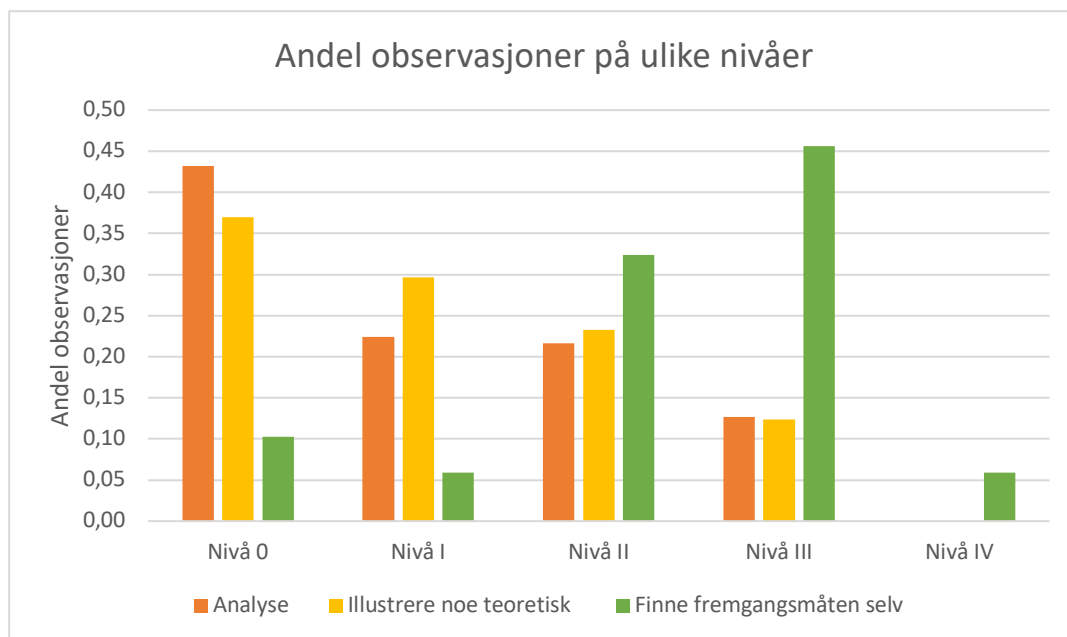
hvor ofte elevene bruker ekspansjonsklausuler kan sees i tabell 3.5. Hvor ofte de nevner observasjoner og hvilket abstraksjonsnivå de har blitt plassert på, kan sees i tabell 3.6.

Tabell 3.5 Andel ekspansjonsklausuler i de ulike gruppene

Type forsøk	Ekstensjoner [%]
Analyse	27
Illustrere noe teoretisk	24
Finne fremgangsmåten selv	37

Tabell 3.6 Antall observasjoner og andel på de ulike abstraksjonsnivåene

Type forsøk	Antall observasjoner	Nivå 0 [%]	Nivå I [%]	Nivå II [%]	Nivå III [%]	Nivå IV [%]
Analyse	3,7	43	22	22	13	0
Illustrere noe teoretisk	2,2	37	30	23	12	0
Finne fremgangsmåten selv	6,8	10	6	32	46	6



Figur 3.7 Grafisk fremstilling av tabell 3.6

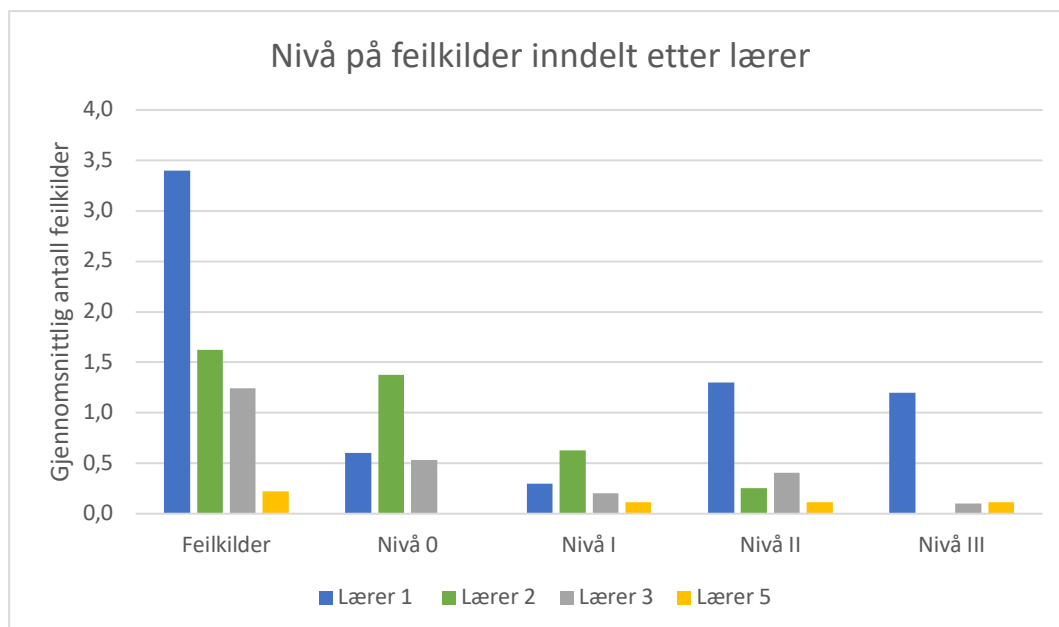
Fremdeles er det tydelig at de elevene som finner fremgangsmåten selv har størst andel ekspansjonsklausuler i teksten sin, og generelt forklarer observasjonene sine på et høyere nivå. Videre er det liten forskjell på hvor mange ekspansjonsklausuler som brukes til forsøkene som skal forklare noe teoretisk og analyse-forsøkene. Elevene bruker henholdsvis 24 % og 27 % ekspansjonsklausuler i disse rapportene. Det er litt forskjell mellom de to gruppene når det gjelder antall observasjoner som nevnes. I analyseforsøkene nevnes i gjennomsnitt 3,7 observasjoner, mens i de som skal illustrere noe teoretisk, nevnes det 2,2. Årsaken til dette kan være den samme som årsaken til at elev 2d nevner så mange observasjoner, som er at elevene til lærer 2 har gjort en analyse av et ukjent salt. I de kvalitative analysene gjør elevene mange ulike tester, og hver av disse resulterer i en beskrivelse av en observasjon i rapporten.

Figur 3.7 viser den prosentvise fordelingen av hvilket abstraksjonsnivå elevenes forklaringer er på. En nærmere titt på rapportene fra analyseforsøkene, og forsøkene som skal illustrere teori, viser at det er nesten ingen forskjell på disse to. Det er nesten identisk andel forklaringer på nivå II og III, mens det er en liten forskjell på nivå 0 og nivå I.

Feilkilder

En bestemt type «observasjon» som ble undersøkt nærmere var elevenes beskrivelse av feilkilder. Mange av elevene skriver feilkilder, uavhengig av hva slags forsøk de har gjort. Spesielt i rapportene til elevene til lærer 3 finner vi dette. De har alltid med overskriften «drøfting og feilkilder», men under den overskriften nevner de feilkilder i 35 av de 49 analyserte rapportene. Elevene til lærer 1 skriver om feilkilder i samtlige rapporter, mens hos lærer 2 er det fem av åtte analyserte rapporter som inneholder feilkilder. Hos lærer 5 er det bare en av ni.

Figur 3.8 viser fordelingen av antall feilkilder på de ulike abstraksjonsnivåene, inndelt etter lærer. Dataene som er brukt til å lage denne figuren er inkludert i figur 3.3, men i figur 3.8 er kun elevenes beskrivelser av feilkilder blitt brukt. Første kolonne viser gjennomsnittlig totalt antall feilkilder beskrevet i en rapport. Figuren viser samme trend som har gjort seg gjeldende tidligere. Elevene til lærer 1 er de som nevner flest feilkilder, noe som ikke er overraskende, i og med at de skriver de lengste rapportene. I tillegg har disse elevene en stor andel av sine forklaringer på de høyere abstraksjonsnivåene.



Figur 3.8 Abstraksjonsnivået til feilkildene

På hvilket nivå elevene forklarer sine feilkilder, er noe annerledes enn hvordan de generelt forklarer alle typer observasjoner. Elevene til lærer 1 nevner gjennomsnittlig dobbelt så mange feilkilder som elevene til lærer 2. Til sammenligning var det totale antall observasjoner nevnt i gjennomsnitt i hver rapport nesten identisk for de to elevgruppene.

Diskusjon

Hvordan elevene knytter observasjoner til teori

Det er blitt vist at elevene til lærer 1 har mange observasjoner som forklares på abstraksjonsnivå II eller III. De andre gruppene av elever forklarer flere av sine observasjoner generelt på noe lavere nivåer. Elevene til lærer 1 er også den elevgruppen som skriver rapportene med flest klausuler, og de bruker ekspansjonsklausuler i størst grad. Disse trekkene tyder på at disse elevene i høyere grad klarer å gjøre en meningsfull sammenkobling mellom det praktiske de gjør og ser i øvelsen, og teorien de skal lære. De viser altså flere tegn til forståelse av kjemi. Hva kan være årsaken til at dette er så ulikt fra en gruppe elever til en annen?

En forskjell mellom gruppene er at elevene til lærer 1 har valgt sin egen fremgangsmåte for å gjøre forsøket, mens alle de andre elevene gjør forsøk med instruksjoner om hvordan de skal gå frem for å gjennomføre forsøket. Elevene til lærer 1 har fått i oppgave å finne ut hvilken reaksjonsligning som stemmer for en reaksjon, og dette skal de gjøre ved hjelp av et eller flere forsøk som de velger selv. Kan det hende at dette forarbeidet med å velge fremgangsmåte har gjort at elevene har vært mer kognitivt aktive? Elevene har antageligvis måttet tenke igjennom hva de allerede har lært i kjemiundervisningen, og hvilke teorier de kunne bruke for å løse dette problemet. Abrahams og Millar (2008) mener at dersom elevene skal klare å gjøre koblinger mellom observasjoner og teorier, må teorien være introdusert i forkant av forsøket. Dette er for at teorien da er «i spill» mens forsøket utføres, i stedet for å bli innført etterpå som en forklaring på hva som skjedde. Det kan hende at disse ulike måtene å legge opp det praktiske arbeidet på er årsaken til at elevene knytter sammen observasjoner til teori på ulike nivåer.

Elevene til lærer 1 har tidlig i prosessen med forsøket blitt «tvunget» til å koble forsøket til teori når de skal bestemme seg for en fremgangsmåte, så kanskje dette har gjort at de har fortsatt å gjøre denne koblingen når de har utført forsøket, og i arbeidet med rapporten etter forsøket. Det må nevnes at de andre elevgruppene mest sannsynlig også har hatt

undervisning om teorien som de praktiske oppgavene har bygget på. Men siden de har hatt en oppskrift på hvordan de skal gjennomføre sine forsøk, er disse forsøkene mulige å gjøre uten å aktivisere kunnskapen de har lært om temaet. Forsøk som gjøres med en oppskrift for fremgangsmåten er stort sett mulig å gjøre uten at elevene må tenke så mye. Men når de skal sette seg ned og skrive rapporten i etterkant, må de «hente frem» teorien i slik Abrahams og Millar (2008) beskriver.

I denne sammenheng må det nevnes at det finnes flere syn på hvordan praktisk arbeid bør legges opp, enn synet om at teorien må innføres først. Kolstø (2016b) presenterer et alternativ til dette, og beskriver flere eksempler hvor elevene kan gjøre noe praktisk før teorien innføres etterpå. Han presenterer forskning som tyder på at elevene kan få høyt læringsutbytte hvis de jobber med utforskende praktiske oppgaver før noe nytt teoretisk blir introdusert – høyere enn hvis teorien forklares på forhånd. Rapportene som er undersøkt i denne oppgaven er riktignok ikke fra *utforskende* praktiske oppgaver, men det er likevel spesielt et perspektiv som Kolstø (2016a) presenterer, som er relevant i denne sammenheng. Han beskriver fire ulike typer dialoger som alle kan bidra til læring, og passer i ulike stadier av undervisningen. En av disse kalles «aktiverende dialog» og skal få frem observasjoner og forkunnskaper hos elevene. Læreren legger til rette for situasjoner og diskusjoner som aktiverer relevante erfaringer og forkunnskaper hos elevene, for å kunne utvikle rike og relevante idéer (Kolstø 2016a). Problemstillingen som elevene til lærer 1 har måttet ta stilling til, har kanskje hatt denne «aktiverende» effekten.

For å videre diskutere mulige årsaker til at elevene til lærer 1 knytter sammen observasjoner mer tydelig til teori enn de andre elevgruppene, vil jeg trekke inn et skriveverktøy som Keys, Hand, Prain, og Collins (1999) har utviklet. De kaller det «science writing heuristic» (SWH) og det skal brukes i sammenheng med praktisk arbeid. Dette går ut på at elevene stilles en rekke spørsmål som de kan svare på ut ifra sine egne oppfatninger før forsøket, og hva de observerer underveis i forsøket. Dette verktøyet har spørsmål som skal aktivisere elevenes kunnskap om et tema i forkant av utførelsen av det praktiske. Lærerne skal legge til rette for at elevene først får utforske hva slags forståelse de har for den relevante teorien fra før, og engasjere elevene i å utvikle spørsmål og komme med sine idéer om temaet som skal undersøkes.

Det kan sees i figur 4.1 i det første spørsmålet som elevene stilles – «Hva er mine spørsmål?». Elevene må altså selv formulere et spørsmål om det de skal undersøke. Forskerne undersøkte hva som karakteriserte elevenes skriving når de brukte SWH. De fant at elevene økte bruken av data og observasjoner for å støtte sine påstander etter at de begynte å ta i bruk dette skriveverktøyet. Spørsmålet elevene til lærer 1 er blitt stilt, er ikke helt likt det første spørsmålet i SWH. De har egentlig blitt spurt: «hvordan skal dere finne svaret på dette spørsmålet», men det kan tenkes at dette har hatt lignende effekt. I begge tilfeller må elevene ta stilling til hvordan de skal løse et problem, før de begynner å gjennomføre forsøket. Forsøket skal nettopp bidra til å løse dette problemet.

1. Idéer ved begynnelsen – Hva er mine spørsmål?
2. Tester – Hva gjorde jeg?
3. Observasjoner – Hva så jeg?
4. Påstander – Hva kan jeg påstå?
5. Bevis – Hvordan vet jeg det jeg påsto? Hvorfor påstår jeg det?
6. Lesing – Hvordan er mine idéer sammenlignet med andres?
7. Refleksjon – Hvordan har mine idéer endret seg?

Figur 4.1 Science writing heuristic elev-mal, fra Keys et al. (1999, s. 1069, min oversettelse)

Det kan også være andre grunner til at rapportene til elevene til lærer 1 skiller seg fra de andre elevene. Deres rapport skulle vurderes og karaktersettes, dette var det ingen av de andre elevene sine rapporter som skulle. Når et elevarbeid blir vurdert, er det kanskje naturlig at de legger mer innsats i arbeidet med rapporten, enn om det bare må leveres. Da blir spørsmålet om «mer innsats» fører til at elevene knytter sammen observasjoner med teori i større grad. Til sammenligning viser resultatene fra analysen i denne oppgaven at en lengre rapport med flere klausuler kan ha ganske ulike kvalitative kjennetegn, spesielt med tanke på sammenligningen av de to lengste rapportene. Selv om rapportene var like lange, hadde den ene større bruk av ekspansjonsklausuler og observasjoner som ble forklart på noe høyere nivåer. En lengre rapport betyr altså ikke nødvendigvis høyere kvalitet på rapporten, derfor mistenker jeg at det ikke er arbeidsinnsatsen som er hovedårsaken til de kvalitative forskjellene en ser i rapportene. Men selv om jeg har en mistanke om at ikke

vurderingssituasjonen spiller en stor rolle i dette tilfellet, er det ikke mulig å si sikkert at dette ikke har hatt en påvirkning på rapportene.

Det er også blitt undersøkt om det er forskjeller mellom rapportene som er fra ulike typer forsøk; de kvalitative og kvantitative analysene og de forsøkene som skal illustrere teori. Forsøket til elevene til lærer 1 ble satt i en egen gruppe, da det ikke passet spesielt godt inn i noen av de to nevnte. Resultatet av denne grupperingen viste at det var minimale forskjeller i hvilket abstraksjonsnivå elevenes forklaringer av observasjoner var plassert på. I rapportene fra begge forsøks-typene er det høyest prosentandel av forklaringene som er på nivå 0 (43 % for analyse og 37 % for å illustrere teori), og prosentandelen blir lavere og lavere når abstraksjonsnivåene blir høyere. Andelen forklaringer på nivå III er nesten identisk, på henholdsvis 13 % og 12 %. Det vil si at i nesten bare en av ti tilfeller der elevene beskriver noe de har observert, beskriver de observasjonene i bestemt tilknytning til en regel, et prinsipp eller noe annet teoretisk, og de forklarer ikke hvorfor akkurat det de har sett eller gjort omfattes av teorien. I cirka fire av ti tilfeller nevner elevene enten kun teori, eller kun observasjoner.

En kan spørre seg om det er ønskelig at rapporter fra så ulike typer forsøk, har så like trekk. Forsøkene som er analyser av noe slag, er som oftest knyttet til kompetansemål som handler om at elevene skal kunne utføre den bestemte analysen. Det er da kanskje ikke så rart at de ikke har så grundige forklaringer av det de observerer – når målet egentlig er at de skal kunne *gjøre* noe praktisk. Men forsøkene som skal illustrere noe teoretisk er ofte knyttet til kompetansemål som handler om at elevene skal kunne *forklare, drøfte* eller *vurdere* noe i tilknytning til det fenomenet som forsøket illustrerer. Et eksempel på dette er forsøket som er blitt trukket fram som «eksempel på forsøk» om kjemisk likevekt. Kompetansemålet sier ikke at elevene skal kunne utføre forsøk med likevekter, men at de skal kunne «gjøre beregninger på kjemiske likevekter og drøfte likevektene» (Utdanningsdirektoratet, 2006). Rapporten er en god mulighet for å øve seg på slike drøftinger, forklaringer eller vurderinger.

Jeg vil dermed påstå at dersom målet for den praktiske øvelsen er at elevene skal lære noe teoretisk, så inneholder rapportene til disse forsøkene et uutnyttet potensial. Elevene kunne i større grad blitt utfordret til å forklare det de har observert i lys av teorier og prinsipper i

kjemien. Rapportene i denne oppgaven viser at dette ikke er noe de gjør helt av seg selv, kun ved å utføre et forsøk og deretter skrive om det i en typisk elevrapport. Kanskje elevene må stilles flere relevante spørsmål for at dette skal skje? Dette kommer jeg tilbake til senere i diskusjonen.

Hvis en videre ser på alle rapportene under ett, er det svært få av elevenes forklaringer av observasjoner som er blitt plassert på abstraksjonsnivå IV. Dette abstraksjonsnivået kjennetegnes ved at elevene beskriver det de har sett i forsøket relatert til fremtidige forsøk, eller forutser utfall dersom faktorer hadde vært annerledes. Dette er kun observert i tre rapporter, hos elev 1g, 1h og 1i, elev 1j, 1k og elev 4a. Felles for alle utsagnene som er blitt kodet i abstraksjonsnivå IV, er at elevene beskriver hvilke tiltak de ville gjort dersom de skulle gjort forsøket på nytt, eksplisitt eller implisitt for å eliminere feilkilder. Hos førstnevnte elevgruppe er det tre sekvenser med tekst som faller inn under kriteriene for abstraksjonsnivå IV. De skriver at de ville brukt en vekt med flere desimaler for å oppnå bedre nøyaktighet, de ville varmet opp natriumhydrogenkarbonatet i et reagensrør for å se om det ble dannet vann, og de ville dobbeltsjekket konklusjonen om at det ble dannet Na_2CO_3 ved å tilsette saltsyre, som påviser karbonat ved brusing.

Det at elevene i svært liten grad bruker fremtidsform når de omtaler praktisk arbeid, er et funn Peker og Wallace (2011) også har gjort. De har i sin forskning påpekt at dette avslører at elevene har en oppfatning om at forklaringene de gjør i rapporten, kun gjelder det spesifikke forsøket de gjorde – i kontrast til å forklare et generelt fenomen. Det kan være tilfelle for de elevene jeg har undersøkt også. Men årsaken til dette kan også ligge i hva slags spørsmål elevene stilles når de skal besvare rapporten. Hvis spørsmålene er formulert slik at de gjelder akkurat det elevene har observert i rapporten, er det naturlig at elevene fokuserer på nettopp dette. Kanskje hadde man observert flere forklaringer på nivå IV dersom noen av spørsmålene til rapporten bevisst hadde blitt formulert slik at elevene måtte skrive noe om det generelle fenomenet? Det hadde vært interessant for videre forskning å se hvordan elevenes besvarelser endrer seg når spørsmålene de stilles endrer seg.

Å lære teori fra praktisk arbeid

Etter å ha analysert rapportene, tenkt igjennom og hørt hva lærernes hensikt med rapportene er, har det dukket opp et nytt spørsmål. Hva hvis antagelsen om at lærerne ønsker og forventer at elevene skal lære teori gjennom praktisk arbeid ikke stemmer i dette tilfellet?

Flere kompetansemål i både kjemi 1 og kjemi 2 er direkte relatert til utførelsen av bestemte forsøk. For eksempel i kjemi 2 er det et «mål for opplæringen at eleven skal kunne planlegge og utføre analyser ved hjelp av redokstitrering» (Utdanningsdirektoratet, 2006). Flere av elevrapportene i datamaterialet i denne oppgaven er nettopp rapporter fra redokstitreringer. Ved å gjennomføre analysen får elevene øvd seg på å utføre selve oppgaven, men siden de får utdelt fremgangsmåten får de ikke øvd seg like mye på å planlegge en slik analyse. I rapporten gjør også elevene en balansering av titreringsreaksjonen ved hjelp av oksidasjonstall, og regner ut analyseresultatet ved hjelp av mol-regning og den balanserte reaksjonen.

Det kan tenkes at et slikt forsøk er et eksempel på at lærernes hensikt ikke nødvendigvis er at elevene skal lære noe teoretisk i kjemi fra den praktiske oppgaven. Forsøket med redokstitrering gjøres kanskje ikke i hovedsak for at elevene skal bruke underliggende teoretiske prinsipper i kjemien til å forklare det som skjer i forsøket. Hensikten er muligens heller at elevene får øvd seg på de ulike prosedyrene som er tilknyttet analysen, ved å utføre den og gjøre utregningene som kreves i etterkant. Et slikt forsøk står i kontrast til forsøket om korrosjon av jern. Kompetansemålet sier at «eleven skal kunne gjøre forsøk med korrosjon og forklare hvordan korrosjon kan hindres» (Utdanningsdirektoratet, 2006). Det er et eksplisitt mål for opplæringen at elevene skal kunne *forklare* noe som nettopp kan observeres i et slik forsøk.

Likevel blir oppgaver som omhandler slike analyser som redokstitrering, ofte brukt i sentralgitt eksamen i kjemi 2. Da får elevene beskrevet et scenario hvor en analyse er blitt utført, så skal de bruke resultatet fra analysen til å regne ut en ukjent konsentrasjon eller masse. Så selv om kompetansemålet sier at elevene skal kunne utføre en slik analyse

praktisk, så kan de også bli testet i om de kan dette på et ikke-praktisk plan. På den måten kan en kanskje si at målet likevel er at elevene skal lære noe teoretisk, selv om det ikke eksplisitt er uttrykt i kompetansemålene?

Både elevene til lærer 4 og lærer 3 utfører et forsøk med korrosjon av jern og et med redokstitrering. I den sammenheng vil jeg argumentere for at det da gir lite mening at elevenes rapport skal ha samme struktur i både et forsøk om redokstitrering og et forsøk om korrosjon av jern. I og med at målene for hva elevene skal kunne om teorien som omhandler disse er veldig ulike, kan det hende det hadde vært nyttig å også ha et ulikt etterarbeid. Forsøket om korrosjon av jern gir en gylden mulighet til å be elevene redegjøre for sine observasjoner, årsakene til at de har observert det de har observert, og hvordan dette kan brukes til å forhindre korrosjon av jern.

Elevene til lærer 4 stilles disse spørsmålene, men to av tre grupper elever har ikke besvart dem. Den tredje gruppen har besvart spørsmålene om hvorfor de observerer ulike fargeendringer i de ulike skålene med reaksjonsligninger. Når de legger jern i en skål sammen med natriumklorid og rustindikator, forklarer de årsaken til fargeendringen slik: «Mørke grønn fordi Fe blir oksidert og NaCl øker farten på korrosjonsprosessen. Derfor blir denne skålen mørkere enn skål nr 1». (I skål nummer 1 lå en bit jern alene med rustindikator.) På svar på spørsmålet om hvordan forsøket kan fortelle hvordan de kan hindre korrosjon av jern, skriver de «maling, galvanisering og legering». Dette er et svar de antageligvis kommer fram til ved å lese i boka, for denne informasjonen er ikke mulig å trekke ut ifra forsøket de har utført. Elevene til lærer 3 bes ikke spesifikt om å forklare hvordan korrosjon av jern kan hindres, så elev 3e er den eneste som nevner noe om dette; «Sink blir ofte brukt som offeranode på for eksempel båtmotorer for å unngå korrosjon.»

Elevene til lærer 3 skriver rapporter som har helt identisk struktur til både forsøket med redokstitrering, og det med korrosjon av jern. Det er ingen tydelig forskjell på hvilket abstraksjonsnivå elevene forklarer sine observasjoner i de ulike rapportene. De forklarer i all hovedsak sine observasjoner på abstraksjonsnivå 0 i begge forsøkene, og i like stor grad i disse to forsøkene (til korrosjon av jern er det gjennomsnitt 2,4 forklaringer på abstraksjonsnivå 0, men til redokstitreringen er tilsvarende tall 2,6). Forklaringer på høyere

nivåer gjøres unntaksvis i begge rapportene. Det kan se ut til at i disse tilfellene hvor forsøket skal illustrere eller vise noe teoretisk, er det et uutnyttet potensial i rapportene. Rapportene kunne blitt brukt til å hjelpe elevene til å gjøre koblinger mellom det de observerer i øvelsen, og det teoretiske de skal kunne forklare. Men dette gjøres i liten grad i de rapportene som er blitt undersøkt i denne oppgaven.

Bruk av ekspansjonsklausuler

Gjennomsnittlig består rapportene av 27 % ekspansjonsklausuler, men dette varierer veldig fra elev til elev. Noen rapporter har ingen ekspansjonsklausuler, mens en rapport inneholder så mye som 64 % ekspansjonsklausuler. Til sammenligning har Keys (1999) undersøkt i hvilken grad ungdomsskole-elever bruker dette i sine rapporter. Tekstene hun analyserte bestod i gjennomsnitt av 30 % ekspansjonsklausuler, med et spenn fra 9 % til 59 %. Det er ikke sikkert at forskjellen på disse tallene er signifikant, men elevene jeg har undersøkt bruker uansett ikke ekspansjonsklausuler *mer* enn elevene Keys har undersøkt. Før analysen av rapportene i dette prosjektet begynte, hadde jeg en forventning om at de elevene jeg undersøkte skulle bruke ekspansjonsklausuler i vesentlig større grad enn elevene Keys (1999) hadde sett på. Det var fordi elevene i mitt prosjekt er eldre, som har gitt mer trening i vitenskapelig skriving. Men resultatene viser ikke dette, rapportene som er undersøkt i denne oppgaven viser at elevene bruker ekspansjonsklausuler i litt mindre grad. Hva kan være årsakene til dette?

De aller fleste elevene jeg har undersøkt rapportene til, må forholde seg til en viss mal for rapporten, hvor bestemte deler skal være med. Det er sjelden elevene skal besvare spørsmål om forsøket, dette er bare observert i noen få rapporter hos elevene til lærer 5. Elevene til lærer 3 stilles spørsmål i forsøksmalen i halvparten av forsøkene de gjennomfører, men i flere tilfeller blir ikke disse besvart. Dette står i kontrast til hva slags skriveoppgave elevene som Keys (1999) har undersøkt, har fått. De har ikke fulgt en klassisk forsøks-mal som skal inneholde bestemte deler, men de har besvart tre spørsmål til hvert av de to praktiske aktivitetene de har gjennomført. En av aktivitetene elevene har gjort er å reise til en elv for å undersøke vannkvaliteten. I rapporten er de bedt om å besvare følgende spørsmål:

«a) Hva er din vurdering av vannkvaliteten i [området], basert på det du vet om fysiske og kjemiske karakteristika og makrovertebrater?» (Keys, 1999, s. 1048, min oversettelse).

Spørsmål b) er tilsvarende, men ber om vurdering av vannkvaliteten av et annet område i elven. Spørsmål c) ber elevene om å sammenligne vannkvaliteten på disse to stedene. Dette er spørsmål som elevene har reelle muligheter til å svare på, basert på de praktiske aktivitetene de har gjort. Moskovitz og Kellogg (2011) mener at det er nettopp dette en elevrapport burde bestå av, spørsmål som stemmer overens med de reelle omstendighetene rundt forsøket. Her er også de delene av rapporten som ikke har noen reell kommuniserende funksjon, blitt utelatt, for eksempel metoden. De som leser rapporten er jo klar over hvordan oppgaven ble utført, fordi det også er de som har gitt elevene oppgaven. På den måten er det å skrive metode i slike tilfeller ikke spesielt hensiktsmessig, ifølge forskerne. Men skriveoppgaven til elevene som Keys har undersøkt, har altså kun spørsmål som elevene kan svare på ut ifra det praktiske arbeidet, som gjør at elevbesvarelsene kommuniserer informasjon til leseren som leseren ikke nødvendigvis har fra før.

Kan det hende at effekten av dette er at elevene i større grad klarer å knytte sammen vitenskapelig idéer ved hjelp av ekspansjonsklausuler? Elevene som jeg har undersøkt har i mindre grad blitt stilt slike spørsmål, og i større grad måttet inkludere deler i rapporten som Moskovitz og Kellogg (2011) mener ikke er hensiktsmessige. De fleste elevene jeg har undersøkt rapporten til, beskriver for eksempel fremgangsmåten de bruker, men dette er kunnskap læreren (som er leseren), allerede innehar. Det eneste tilfellet hvor fremgangsmåten er ukjent for læreren er i forsøket til lærer 1 hvor elevene bestemmer denne selv. Da endres beskrivelsen av fremgangsmåten til å faktisk kommunisere noe til leseren (læreren), som vedkommende ikke visste fra før. Det kan hende at det at mange av elevene må ha med slike «unødvendige» deler med i rapporten, gjør at de i mindre grad bruker ekspansjonsklausuler, som gjør at andelen ekspansjonsklausuler i rapportene er lavere enn forventet. Dette stemmer overens med at elevene til lærer 1 bruker flere ekspansjonsklausuler enn de andre elevene, og at disse elevene kanskje har den skriveoppgaven som er best tilpasset det praktiske arbeidet de har gjort.

Det er en ikke-signifikant forskjell ($\alpha = 0,05$) på hvor mye ekspansjonsklausuler elevene bruker i rapportene fra analyse-forsøk, og forsøkene som skal illustrere noe teoretisk. Analyseforsøkene består i gjennomsnitt av 27 % ekspansjonsklausuler, mens forsøkene som skal illustrere noe teoretisk har 24 %. Til sammenligning bruker elevene som har valgt sin egen fremgangsmåte i gjennomsnitt 36 % ekspansjonsklausuler. Dette er signifikant mer enn begge de to andre gruppens gjennomsnittsverdier ($\alpha = 0,05$). På samme måte som at rapportene fra forsøkene som skal illustrere noe teoretisk har et potensial for at elevene i større grad kan knytte observasjonene sine til teori, har også elevenes språk et potensial. Tallene fra analysen viser at de i liten grad bruker setninger som utdyper og skaper logiske sammenhenger. Kanskje også bruken av slike setninger hadde økt dersom elevene hadde hatt en mer passende skriveoppgave?

I denne sammenheng vil jeg trekke frem en skriveoppgave som Mestad et al. (2011) har testet ut, nemlig at elevene kun skal skrive en forklaring til et forsøk. De påpeker at verbet «forklare» er det mest brukte ordet i kompetansemålene for naturfag på ungdomstrinnet og vg1. Dette ordet er også ofte brukt i kompetansemålene for kjemi 1 og kjemi 2, og en finner det i elleve ulike kompetansemål. «Gjøre rede for» er enda mer brukt, og det uttrykket finner en i 16 kompetansemål i kjemi 1 og 2 (Utdanningsdirektoratet, 2006). Jeg vil påstå at hvis elevene kan *forklare* noe, kan de mest sannsynlig også gjøre rede for det, og dermed er sjangeren forklaring like viktig i programfag i kjemi.

Mestad et al. (2011) har gjort et forsøk av typen de kaller «styrt utforskning», som betyr at elevene fikk gitt en fremgangsmåte for hvordan de skulle gå fram. Den praktiske oppgaven gikk ut på å dyppe et filterpapir i en løsning av stivelse, og deretter lage en stripe med spytt på papiret. Så dryppet de noen dråper med jod over, som da vil farges blått der stivelse er, men ikke der spyttet er – siden spytt bryter ned stivelse. De ble deretter bedt om å skrive hva de hadde sett, og skrive en *forklaring* på det. Som nevnt i teori-delen, strevde forskerne med å overbevise elevene om at de ikke trengte å skrive fremgangsmåten i etterarbeidet. Men etter litt justering av opplegget og flere forsøk, gjorde forskerne noen interessante erfaringer. Elevene skrev egne forklaringer, som deretter ble samlet på tavlen. Siden de ikke var helt like, ga dette en god mulighet til å reflektere over de ulike måtene å forklare noe på. Læreren kunne stille spørsmål som gjorde at de måtte diskutere begreper og presisere eller

supplere forklaringen sin. Forskerne opplevde at elevene deltok aktivt i diskusjonen, basert på de forklaringene de hadde kommet med.

Jeg mener at slike forklarings-oppgaver kan passe godt til forsøk i kjemi som skal illustrere noe teoretisk. På den måten kan fokuset flyttes fra utstyr og metode, og til det kjemiske fenomenet som er blitt vist. Kanskje kan slike oppgaver bidra til å øke bruken av ekspansjonsklausuler i elevenes tekster? Hvis elevene i større grad blir «tvunget» til å skrive en forklarende tekst, må de antageligvis også bruke flere forklarende setninger som skaper logiske sammenhenger i teksten. Det kan tenkes at slike forklarings-oppgaver også vil gjøre at elevene i større grad knytter sammen observasjoner med det teoretiske som forsøket skal vise. Hvis spørsmålene som stilles helt konkret ber elevene forklare det de har sett, legger oppgaven opp til at observasjoner skal kobles til teori. Det at elevene skal skrive en del i rapporten som heter diskusjon «tvinger» dem kanskje ikke nok til å skrive utfyllende om hvordan det de har observert henger sammen med teori. Og dette gjør kanskje at de ikke bruker så mye ekspansjonsklausuler heller.

Skriveverktøyet «science writing heuristic» (SWH), som er vist i figur 4.1, gir et rammeverk for å lage meningsfulle skriveoppgaver før, under og etter praktisk arbeid. Dette er også et alternativ til sjangeren «rapport», og kan også passe godt til forsøkene som skal illustrere teori. Keys et al. (1999) fant at bruk av dette skriveverktøyet førte til at elevene i større grad brukte data og observasjoner til å støtte sine påstander. De så også en økning i bruk av ekspansjonsklausuler i rapportene.

For å oppsummere ser vi altså at elevene som jeg har undersøkt rapportene til generelt sett ikke bruker ekspansjonsklausuler i veldig stor grad. Jeg har en mistanke om at elevene hadde brukt dette mer dersom rapporten hadde vært en skriveoppgave som var mer tilpasset forsøkene elevene gjør. Videre i diskusjonen vil jeg se litt nærmere på flere konsekvenser av at den typiske rapport-malen kanskje ikke alltid er så hensiktsmessig.

Må alle delene i rapporten alltid være med?

I analysen ble det lagt spesielt merke til hvilke tegn på forståelse av kjemi som kommer frem i elevenes fremstilling av hypoteser, og hvordan de beskriver feilkilder. Elevrapportene som er analysert inneholder stort sett de «faste» delene; beskrivelse av hensikten med forsøket, metoden de har brukt, resultater og til slutt en konklusjon. I tillegg har de fleste elevene også med feilkilder. Hypotese finnes hos utvalgte elever, nesten alltid hos elevene til lærer 3, og hos noen få av elevene til lærer 5.

Hypoteser

Først vil jeg ta for meg hypotesene som elevene skriver. Elevene til lærer 3 skriver nesten alltid en hypotese i begynnelsen av rapporten sin, de har med hypotese i åtte av de ti forsøkene de har skrevet rapport til. Det er kun denne elevgruppen som skriver hypotese så konsekvent, og det kan virke som at det er blitt uttrykt fra lærerens side at dette er noe de må ha med i rapportene sine. Elevene til lærer 1 og 2 har ikke gjort det i noen av de analyserte rapportene. Elevene til lærer 5 har skrevet hypotese ved to tilfeller, av til sammen ni analyserte rapporter.

En kan bare spekulere i hvorfor de to elevene til lærer 5 har valgt å inkludere en hypotese i sine rapporter. Det kan hende at noen elever sitter med et inntrykk om at å fremlegge en hypotese er en del av det å gjøre et forsøk, så de tar det med av «gammel vane». Elev 5c, 5g, 5d og 5e skriver om forsøket de skal gjøre med fellingsreaksjoner: «Vi trodde at de blandingene som inneholder bly og et annet stoff uten nitrater ville være tungtløselige og bli til fellingsreaksjoner.» Denne hypotesen har en sammenheng med teorien som elevene skal lære. Selv om ikke elevene skriver det eksplisitt, så har de brukt to regler for løselighet i sin hypotese. Den ene er at alle nitrater er lettløselige, og den andre er at tungmetaller ofte danner tungtløselige forbindelser.

Slike eksempler er det noen av fra elevene til lærer 3 også, hvor det er en forbindelse til teori, men den påpekes ikke helt tydelig. I forsøket som handler om å undersøke faktorer som påvirker rust, skriver elev 3a følgende som hypotese: «Jern ruster alene, ruster mer i

tråd enn i plate. Jern ruster mer med kobbertråd enn med kobberplaten. Sink bremser rustprosessen.» Elev 3a har en veldig lik hypotese, mens de resterende tre elevene skriver varianter av at de «tror at det blir rust på bitene». Verken elev 3a eller 3b beskriver hvorfor de tror det er forskjell på hvor mye en tråd ruster, og hvor mye en plate ruster. Dette kunne blitt begrunnet med teori, for eksempel med at det er en forskjell på overflaten på en tråd og en plate. Hvorfor sink bremser rustprosessen kunne også blitt begrunnet med teori, ved hjelp av spenningsrekken. Dette med spenningsrekken, og hvordan enkelte metaller lettere blir oksidert enn andre, og spesielt hva som påvirker korrosjon av jern, er antageligvis den teorien som eleven er ment å lære noe om ved hjelp av dette forsøket. Men en tydelig kobling til denne teorien er altså fraværende i elevenes «hypotese» i begynnelsen av forsøket.

Hypotesene til elevene til lærer 3 kommer i litt ulike varianter. De kan være slik at eleven forutser hva som kommer til å skje, slik som eksemplet ovenfor med korrosjon av jern. Dette forekommer også i mange andre forsøk, for eksempel har elev 3b en hypotese om at «spenningen øker fra 0V til noe mer» når de skal sette opp en elektrokjemisk celle. Eller som elev 3e, som forutser at «det vil danne seg et lag av jod på den ene elektroden og et lag av sink på den andre elektroden» når de skal gjøre en elektrolyse av en løsning med sinkjodid. Hypotesene til analyse-forsøkene er ofte relatert til selve metoden. Til den uorganiske analysen har alle elevene en hypotese som ligner veldig på den elev 3a har: «At man kan ha en grovsortering av kationer». Men hypotesen til en analyse kan også være relatert til resultatet av selve analysen de skal utføre, som elev 3e sine forventninger til den jodometriske titreringen: «Masseprosenten av NaClO er tilnærmet 4% i uforynnet klorin».

Dette er typiske eksempler på hypoteser som elevene har. Mange av hypotesene er veldig like innholdsmessig, så elevene forventer som oftest det samme resultatet. De består stort sett av en kort setning, og blir aldri begrunnet. Derfor blir hypotesene ofte en påstand som ikke tydelig knyttes sammen med selve forsøket de skal utføre. Når elevene lager «hypotesen» har de ingen observasjoner fra forsøket å knytte teorien sammen med. Men de har kunnskap om det teoretiske som styrer det praktiske som skjer i øvelsen, det ser derfor ut til at det er på bakgrunn av dette de lager hypotesen. Resultatet av dette blir at elevenes «hypotese» fremstår mer som en gjetning på hvilket resultat de får. De gjetter på

analyseresultatet (som i sitatet fra elev 3e ovenfor), eller gjetter på observasjonene de kommer til å gjøre. Hypotesene har verken blitt kodet som observasjoner eller blitt plassert på et abstraksjonsnivå, siden de nettopp er laget før observasjonene ble gjort. Men karakteristikaene til de fleste hypotesene stemmer best overens med de til nivå 0 eller 1, siden hypotesene sjelden er begrunnet nøye i teori.

Jeg vil sette et spørsmålstegn ved om elevene egentlig har mulighet til å lage en reell hypotese til de forsøkene de utfører. Og må det alltid være med en «hypotese» i en elevrapport? Videre trekkes det frem flere eksempler fra rapportene for å forsøke å besvare disse spørsmålene.

Elevene til lærer 3 gjennomfører to ulike kvantitative uorganiske analyser. I bestemmelsen av mengde jern i stålull har fire elever en hypotese om hva mengden jern kommer til å bli, som enten er 98 % eller 96 %. En av elevene har en hypotese om at «permanganat blir selv redusert. For at det skal gå, må titreringen foregå i surt miljø». I bestemmelsen av mengde hypokloritt i klorin ved hjelp av jodometri, har alle elevene en hypotese om at det er cirka 4 - 5 % hypokloritt i klorin. Dette er informasjon som både kan komme fra læreren, læreboken, internett, eller varedeklarasjonen på disse produktene. Elevenes konklusjon på slutten av rapporten, blir da å stadfeste om hypotesen stemte eller ikke stemte. Elevene gjorde også et forsøk med kvalitativ analyse av et ukjent salt. Alles hypotese var da at serianalyse var en god metode for å «grovsortere kationer». Konklusjonen var også lik for alle – nettopp at serianalyse var en god metode for å grovsortere kationene.

Kind (2003) beskriver hvordan elever på niende trinn har et godt innarbeidet syn på dette med hypotesetesting. Elevene beskriver den vitenskapelige metode ved at en forsker stiller et spørsmål, og deretter gjetter svaret. Denne gjetningen på svaret er hypotesen. Deretter utfører de forsøket, og får svaret. Elevene ser på vitenskapen som et spill hvor man gjetter svaret først – og hvis man har gjettet riktig er eksperimentet vellykket. Det virker som at elevene til lærer 3 også har dette synet på forsøk i kjemien. Elevene gjetter en masseprosent, utfører analysen og finner ut om de gjettet riktig eller ikke.

En kan spørre seg om det er nødvendig å gjette på et analyseresultat, og om det er ønskelig at elevene skal ha et inntrykk av at det er noe man bør gjøre. Når en kvantitativ analyse gjøres, brukes i så fall en slik «gjetting» på forhånd for eksempel til å velge analysemetode. Og en kan spørre seg om hvor meningsfullt det er at elevene har en hypotese om at serieanalyse er en god analysemetode – og deretter konkluderer med at det faktisk er det. En hypotese innenfor naturvitenskapelig forskning handler egentlig om at en undrer seg over noe, og lager en mulig forklaring som man ønsker å teste (Kind, 2003). Dette står i kontrast til hvordan disse elevene oppfatter hva en hypotese er. Det virker som elevene jeg har undersøkt rapportene til har nettopp denne forståelsen; at de spiller dette «gjettespillet» forsøk når de lager hypoteser.

Feilkilder

Dette synet på at en gjetter på resultatet i analysene kan gjøre at elevene går glipp av andre elementer ved analysen som kanskje er ønskelig at de skal lære mer om. For eksempel blir ofte ikke måleusikkerhet og feilkilder lagt spesielt stor vekt på – dette reflekteres i hvordan elevene beskriver feilkilder. Som vist i resultater er det stor variasjon på hvilket abstraksjonsnivå elevene beskriver feilkilder i forsøkene. I figur 3.6 kan en se at rapportene til elevene til lærer 2, 3 og 5 for det meste skriver feilkilder som er blitt kodet som abstraksjonsnivå 0 eller I. Det vil si at feilkildene enten bare nevnes som oppramsing av mulige kilder til feil (nivå 0), eller at feilkilden nevnes i sammenheng med teori, uten at disse to knyttes eksplisitt sammen (nivå I). Det mangler altså informasjon om hvorfor det elevene nevner er en feilkilde, og hvilken feil det kan føre til. I disse tilfellene skjer det altså lite sammenkobling mellom teori og det elevene får som resultater eller observerer i forsøket.

Et eksempel på dette er fra elev 3a sin rapport fra bestemmelse av mengde jern i stålull ved redoksitrering: «Menneskelige feil, som øyemål ved titrering når fargen holder i 30 sek, jernullet er ofte forurenset». Eleven kommer ikke med noen videre redegjørelse om hvordan disse to faktorene kan påvirke analyseresultatet. Elev 2d påpeker i sin rapport fra serieanalyse av et ukjent salt at det er en feilkilde hvis pH ikke er riktig. Men det nevnes ikke at grunnen til at det er en feilkilde er fordi fellingsreaksjonene som gjøres, må ha enten et surt eller basisk miljø for at felling skal skje.

Det er eksempler på at elevene nevner feilkilder som at de «kan ha påvirket forsøket» - når det er tydelig at akkurat den feilkilden har påvirket forsøket mye. I rapporten til et forsøk om bufferkapasitet påpeker både elev 3a og elev 3c at «en feilkilde kan være at pH-metret utfører unøyaktige målinger.» Senere i rapporten kommenterer de at pH-metret viste at pH var 4,4 når det var lik konsentrasjon av eddiksyre og acetat i løsningen. Dette innebærer at pH-metret faktisk er en (stor) feilkilde i deres forsøk, i og med at pH i den løsningen skulle vært tilnærmet lik pK_a til eddiksyre, som er 4,74.

Det er ofte feilkilder nevnes når de rett og slett ikke er relevante for forsøket. Et eksempel på dette er når elevene til lærer 3 skal se på korrosjon av jern. De skal undersøke ulike tilfeller, en jerntråd som er enten rett eller bøyd, jerntråd sammen med sinktråd, og jerntråd sammen med en kobberplate. Disse ulike metallene legges i skåler sammen med rustindikator. Her kan elevene observere hvilket metall som korroderer, og om det korroderer fort eller sakte. Hensikten med forsøket er «å undersøke ulike faktorer som har betydning for korrosjon av jern». Her nevner elevene feilkilder som «kan være urenheter på platene og trådene, at man ikke har pusset dem godt nok» (elev 3a), «å bruke forlite indikasjonsvæske» (elev 3c) og «mengde rust er også sett med øynene, og er dermed litt unøyaktig» (elev 3d).

Andre eksempler på feilkilder viser at elevene gjør en tydelig sammenkobling mellom teori og det forsøket de har utført. Elevene til lærer 1 har gjort et forsøk med å finne ut hvilke av tre gitte reaksjonsligninger som er riktig for oppvarming av hydrogenkarbonat. De fleste har funnet fram til riktig reaksjonsligning ved å bruke massekonserveringsloven. De har funnet ut hvilket produkt som har en teoretisk masse som stemmer overens med massen til produktet de får, etter å ha gjennomført reaksjonen. Elev 1n og 1o skriver følgende om denne fremgangsmåten:

«Man kan ved regning på mikronivå også anslå hvilken reaksjonslikning som er riktig. Dersom man sammenlikner massen til produktet med de teoretiske massene til de 3 mulige stoffene ser man at den teoretiske massen til Na_2CO_3 stemmer best overens med den virkelige massen til produktstoffet. Vi kan likevel ikke vite med sikkerhet hvilken av

reaksjonene som er riktige. Dersom vi fikk lavt utbytte kan det like gjerne være reaksjon B som er riktig.»

Her påpeker de at en konkret feilkilde i forsøket – lavt utbytte av det faste produktet – vil kunne føre til at de trekker feil konklusjon om hvilket stoff som har blitt laget. Men de skriver videre at de også har testet om produktet reagerer med saltsyre. Siden de observerer gassutvikling, kan de konkludere med at produktet er Na_2CO_3 .

Noen slike eksempler på at det gjøres en sammenkobling mellom feilkilden og analyseresultatet finnes også hos elevene til lærer 3. I en jodometrisk titrering for bestemmelse av mengde hypokloritt i klorin, nevner alle elevene tiosulfat-løsningen som en feilkilde. Tre av elevene begrunner hvorfor dette kan være en feilkilde, elev 3b forklarer det slik: «Tiosulfaten er ikke fersk, og deler av den kan være allerede oksidert, må derfor tilsette litt mer av tiosulfatløsningen enn det er beregnet.» Her redegjøres det for hvorfor tiosulfatløsningen er en feilkilde, og at det kan føre til et høyere forbruk av denne løsningen. Men ingen av elevene påpeker eksplisitt at det videre vil kunne føre til at den utregnede mengden hypokloritt blir for høy.

At elevene ofte ikke gjør tydelige koblinger til teori i beskrivelsen av feilkilden kan ha flere årsaker. En kan være at det ikke legges spesielt mye vekt på feilkilder i utførelsen og etterarbeidet med forsøket fra lærerens side. Men når feilkilder likevel skal være en del av rapporten, blir resultatet at de bare nevnes kort uten en spesielt nøye forklaring. Kanari og Millar (2004) har undersøkt måten elever på ti, tolv og 14 år resonnerer med grunnlag i måledata når de gjør en praktisk oppgave. I alle aldersgruppene fant forskerne en manglende forståelse for målefeil hos elevene, og de var lite klar over konsekvenser disse feilene kan føre til. Det kan tenkes at dette også er tilfelle hos disse elevene, selv om de er noen år eldre enn elevene som ble undersøkt. Dersom de mangler forståelse for hva målefeil er og hva de kan føre til, blir det også vanskelig å beskrive feilkilder på en fornuftig måte.

Når det gjelder feilkilder som elevene nevner, er det relevant å stille spørsmål på lik linje med hypotesene. Har elevene en reell mulighet til å beskrive feilkildene som påvirker de forsøkene de gjør? Og må det alltid være med feilkilder i en elevrapport? Det er flere tilfeller

hvor elevene nevner feilkilder som egentlig ikke har noen betydning for forsøkene. Feilkildene fra forsøket med korrosjon av jern som ble beskrevet ovenfor er et eksempel på dette. Slike forsøk som skal illustrere noe teoretisk blir sjelden påvirket av feilkilder i så stor grad at det vi ønsker skal skje, ikke skjer. En kan spørre seg om det spiller noen rolle om elevene ser mengden rust litt unøyaktig, eller om de ikke har pusset metallene så nøye med sandpapir, eller har brukt litt lite indikasjonsvæske, når de skal undersøke faktorer som påvirker rust.

Moskovitz og Kellogg (2011) mener at det er lite hensiktsmessig at elevene skal måtte følge den malen for rapporter som forskere gjør. Dette er fordi de forsøkene som gjøres for å lære noe i skolen, ikke har de samme karakteristikaene som forsøkene som gjøres under ekte forskning. Tidligere i diskusjonen har det blitt trukket fram at de spesielt ikke mener at det gir mening å be elevene beskrive fremgangsmåte når elevene ikke har tatt noe del i å utforme denne selv. Jeg mener at eksemplene som er trukket frem av hypoteser og feilkilder viser at det etter visste forsøk kan være like meningsløst å ha med disse to momentene i rapporten. Det at det alltid må fremlegges en «hypotese» kan tenkes å bidra til oppfatningen om at en hypotese kun er en gjetning på resultatet. Og når feilkilder alltid nevnes, selv når de ikke har betydning for forsøket, kan elevene få et litt forvrengt bilde av hva en feilkilde egentlig er – og i hvilke situasjoner feilkilder er viktig.

Moskovitz og Kellogg (2011) konkluderer med at en kun burde kreve at elevene har med de delene av skrivesjangeren som passer til den realistiske situasjonen på laboratoriet. Det kan være hensiktsmessig for en lærer å gjøre en vurdering på hva elevene har reelle muligheter til å skrive noe om, og hvilke deler av en «tradisjonell» rapport de kanskje ikke har grunnlag for å skrive. Eksemplene som er trukket frem kan tyde på at elevene får en annen forståelse av kjemi enn den vi ønsker at de skal ha, når de alltid må ha med alle delene i rapporten.

Implikasjoner for klasserommet

Resultatene i denne oppgaven tyder på at et skriftlig etterarbeid ikke i seg selv gjør at elevene klarer å bruke et vitenskapelig språk med mange ekspansjonsklausuler, og knytte observasjonene sine sammen med teori. Jeg mener derfor at i mange tilfeller er det et

potensial for at elevene i større grad kunne fått utviklet og vist sin forståelse av kjemi i rapporten. Selv om det ikke er sikkert at funnene i denne oppgaven er gjeldende i alle norske klasserom, vil jeg likevel forsøke å oppsummere det jeg mener at denne oppgaven har vist at kan være viktig å tenke på for en lærer når det gjelder elevrapporter.

Det er ikke nødvendigvis hensiktsmessig å be elevene følge en klassisk mal for en forsøksrapport som inneholder hensikt, metode, resultater og diskusjon, som en forskningsrapport må ha. Årsaken til dette er at det er vesentlige forskjeller på det som gjøres i reell forskning og det elever gjør på et skolelaboratorium – så elevenes skriveoppgave burde også reflektere dette. Funnene i denne oppgaven tyder på at en mer realistisk skriveoppgave i mange tilfeller kan være nyttig. Eksempelene som er trukket frem er at elevene skal skrive en forklaring til det de har sett, eller at de skal besvare (utvalgte) spørsmål fra elev-malen i «science heuristic writing». Jeg vil også legge til at en kan også ta utgangspunkt i en klassisk rapport-mal, men velge vekk enkelte deler som ikke passer til det bestemte forsøket.

Hva hensikten med forsøket er burde reflekteres i rapporten. Forsøk som elevene utfører kan for eksempel gjøres for å øve på bestemte prosedyrer, observere hvordan et fenomen ser ut i praksis, eller bli kjent med bestemte stoffers egenskaper eller karakteristiske reaksjoner. Dette er forsøk som legger opp til ulikt læringsutbytte, og på samme måte vil det være logisk at rapporten elevene skriver blir ulik fra forsøk til forsøk. Igjen kan dette relateres til at det nettopp er hensiktsmessig at elevene får en skriveoppgave som er realistisk ut i fra forsøket elevene har utført.

I forkant og under det praktiske arbeidet kan det være nyttig å gjøre grep som gjør at elevene må være mentalt aktive mens de gjør forsøket. De elevene som har rapporter som viser flest tegn på forståelse av kjemi, er de som har måttet finne fremgangsmåten til forsøket selv. Det kan hende at ved å finne fremgangsmåten selv, har de måttet bruke teorikunnskap aktivt gjennom hele utførelsen av forsøket. Eller så har det at de har måttet bidra aktivt selv, gjort at det har vært lettere å forstå hvordan teorien henger sammen med det de har gjort i etterarbeidet til forsøket. Uansett tyder resultatene på at det er nyttig å gjøre grep i det praktiske arbeidet som øker elevenes mentale aktivitet før og under

forsøket. Rapportskrivningen aktiviserer elevene i etterkant av forsøket, men det ser ut til at det kan være nyttig å mentalt aktivisere elevene på et tidligere tidspunkt i det praktiske arbeidet, for at de skal klare å skrive en rapport som viser forståelse av kjemi.

Avslutningsvis vil jeg ta et tilbakeblikk på alle de rapportene fra praktiske øvelser jeg har skrevet opp gjennom årene. Jeg kjenner igjen mange av trekkene ved elevenes rapporter som jeg antageligvis også hadde i mine rapporter. Forskjellen på vanlig forskning, og de forsøkene vi gjorde på skolen, var ikke spesielt klar for meg. Hvorfor vi absolutt alltid måtte skrive utstyrliste og metode var heller ikke helt åpenbart. Jeg hadde nok heller ikke en forståelse for hva en hypotese egentlig var, og hvordan feilkilder egentlig kunne påvirke mitt forsøk. Jeg tror at jeg ville lært mer av det praktiske arbeidet i skolegangen og utdanningen dersom arbeidet med rapporten hadde vært bedre tilpasset de reelle omstendighetene rundt forsøket. Jeg tror også jeg ville lært mer dersom det hadde blitt gjort flere grep før og under forsøket for å hjelpe meg til å forstå hvordan forsøket hang sammen med teorien. Funnene i denne masteroppgaven har derfor gjort at jeg har fått inspirasjon til å teste ulike måter å gjøre praktisk arbeid på, og ulike former på elevrapportene med mine fremtidige elever.

Implikasjoner for videre forskning

De mistankene jeg har om hvilke tiltak som kan føre til et økt læringsutbytte av det praktiske arbeidet, og arbeidet med rapporten, er mistanker som kanskje kan bekreftes eller avkreftes med videre forskning. Spørsmål som kan stilles er for eksempel; Hvordan påvirkes elevenes rapporter fra praktisk arbeid av ulike typer skriveoppgaver? Hvis en hadde undersøkt elever som gjør det samme praktiske arbeidet, men får ulike skriveoppgaver, har man kanskje enda større mulighet til å si noe om hvilke typer skriveoppgaver som passer best til bestemte typer praktisk arbeid. Videre ville det vært interessant å se nærmere på ulike måter å mentalt aktivisere elevene før og under praktisk arbeid – og spesielt hva slags konsekvenser dette hadde fått for tegn på forståelse av kjemi i elevenes rapporter fra det praktiske arbeidet.

Det ble også nevnt i oppgaven at en elevgruppes rapporter ble vurdert og satt karakter på. Spørsmålet om hvordan denne vurderingssituasjonen påvirket kvaliteten på elevenes arbeid hadde ikke jeg mulighet til å svare på, så dette er også noe som andre kan undersøke nærmere. I tillegg er det i denne oppgaven blitt sammenlignet rapporter som elever har samarbeidet om, og rapporter som er blitt skrevet individuelt. I hvor stor grad det at elevene har samarbeidet har påvirket rapportene, har ikke blitt tatt opp i denne oppgaven. Viser rapporten andre tegn på forståelse av kjemi dersom elevene har jobbet sammen, eller er det ingen forskjell? Svaret på dette, og de andre spørsmålene som er blitt nevnt, kunne hjulpet lærere med å finne ut hvordan de best kan legge til rette for at elevene skal ha et godt læringsutbytte av praktisk arbeid.

Litteratur

- 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 science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R., & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Brandt, H., & Hushovd, O. T. (2010). *Kjemi 1*. Oslo: Aschehoug.
- Brandt, H., & Hushovd, O. T. (2011). *Kjemi 2*. Oslo: Aschehoug.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. Abingdon: Routledge.
- Dahlum, S. (2017). Kvantitativ analyse. *Store norske leksikon*. Hentet 23.04.2018 fra https://snl.no/kvantitativ_analyse.
- Firestone, W. A. (1993). Alternative arguments for generalizing from data as applied to qualitative research. *Educational Researcher*, 22(4).
- Grønneberg, T., Hannisdal, M., Ringnes, V., & Skaugrud, B. (2012). *Kjemien stemmer. Kjemi 1. Studiebok*. Oslo: Cappelen Damm.
- Grønneberg, T., Hannisdal, M., Ringnes, V., & Skaugrud, B. (2013). *Kjemien stemmer. Kjemi 2. Studiebok*. Oslo: Cappelen Damm.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. I A. Luke (Red.) *Critical perspectives on literacy and education*. Hentet fra <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bergen-ebooks/detail.action?docID=181309>.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-basen and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Imsen, G. (2016). *Lærerens verden. Innføring i generell didaktikk* (5. utg). Oslo: Universitetsforlaget.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748-769.

- Keys, C. W. (1999). Language as an indicator of meaning generation: An analysis of middle school students' written discourse about scientific investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 1044-1061.
- Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kind, P. M. (2003). Praktisk arbeid og naturfagvitenskapelig allmenndannelse. I D. Jorde & B. Bungum (Red.), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling* (s. 226-244). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction do not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experimental, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 11.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., & Roe, A. (2007). *Tid for tunge løft. Norske elevers kompetanse i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Klette, K., Lie, S., Ødegaard, M., Anmarkrud, Ø., Arnesen, N., Bergem, O. K., & Roe, A. (2008). *Rapport om forskningsprosjektet PISA+. Lærings- og undervisningsstrategier i skolen*.
- Knain, E. (2005). Skrivning i naturfag: mellom tekst og natur. *Nordina: Nordic Studies in Science Education*, 1(1), 70-80.
- Knain, E. (2008). Skrivning omkring praktisk arbeid i naturfag. I R. T. Lorentzen & J. Smidt (Red.), *Å skrive i alle fag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kolstø, S. D. (2016a). Læring krever språkliggjort refleksjon. I F. Thorsheim, S. D. Kolstø, & M. U. Andresen (Red.), *Erfaringsbasert læring*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kolstø, S. D. (2016b). Utforskende arbeidsmåter. I F. Thorsheim, S. D. Kolstø, & M. U. Andresen (Red.), *Erfaringsbasert læring*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kvale, S. (1997). Validitet som sosial konstruksjon. *Det kvalitative forskningsintervju* (s. 158-177). Oslo: Ad notam Gyldendal.
- Lykknes, A., & Smidt, J. (2008). «Strukturert og ordentlig» - om å skrive forsøksrapport på ungdomstrinnet. I R. T. Lorentzen & J. Smidt (Red.), *Å skrive i alle fag*. Oslo: Universitetsforlaget.

- Mestad, I., Knain, E., & Kolstø, S. D. (2011). Begrepslæring gjennom snakk og skriving. I E. Knain & S. D. Kolstø (Red.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Moskovitz, C., & Kellogg, D. (2011). Science education. Inquiry-based writing in the laboratory course. *Science*, 332(6032), 919-920.
- Nilssen, V. (2012). *Analyse i kvalitative studier: Den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Peker, D., & Wallace, C. S. (2011). Characterizing high school students' written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education*, 41(2), 169-191.
- Ringnes, V. (1993). *Elevers kjemiforståelse og læringsvansker knyttet til kjemibegreper* (Doktoravhandling). Universitetet i Oslo.
- Ringnes, V., & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk. Kjemi i skolen*. (3. utg). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Roth, W.-M., & Lawless, D. (2002). Science, culture, and the emergence of language. *Science Education*, 86(3), 368-385.
- Sjøberg, S. (2012). *Naturfag som allmendannelse: en kritisk fagdidaktik* (3. utg). Århus: Gyldendal.
- Steen, B.-G., Juel, L. A., & Fimland, N. (2010a). *Aqua 1. Kjemi 1. Studiebok*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Steen, B.-G., Juel, L. A., & Fimland, N. (2010b). *Aqua 2. Kjemi 2. Studiebok*. Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Tjora, A. (2010). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal Akademisk
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i kjemi - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering*
- Von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.
- Wallace, C. S., Hand, B., & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Dordrecht: Springer.
- Whitehead, D., & Murphy, F. (2014). "Mind your language". *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 57(6), 492-502.

Ødegaard, M., & Arnesen, N. (2010). Hva skjer i naturfagklasserommet? Resultater fra en videobasert klasseromsstudie; PISA+. *Nordina: Nordic Studies in Science Education*, 6(1), 16-32.