

«Atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen»

En kvalitativ studie om seks naturfagelevers
forståelse for atomer, molekyler og
åtteregelen

Synne Apold Korsbrekke

Master i realfag

Innlevert: mai 2018

Hovedveileder: Annette Lykknes, PLU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for lærerutdanning

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i kjemididaktikk og er en avslutning på min 5-årige lektorutdanning i realfag ved NTNU. Å skrive en masteroppgave har vært en lang og tidkrevende prosess, og det er flere jeg ønsker å takke for støtte og hjelp på veien. Først ønsker jeg å rette en stor takk til min veileder, Annette Lykknes, for konstruktive tilbakemeldinger og nyttige innspill. Dine råd har vært veldig lærerike.

Jeg vil også takke mine nærmeste medstudenter, spesielt Birgitte, Marte, Emilie og Susanne, for å ha bidratt med oppmuntrende ord og faglige diskusjoner gjennom arbeidet med masteroppgaven.

Til mamma, pappa, Guro og Oskar: Tusen takk for kloke råd og god støtte.

Tilslutt vil jeg rette en stor takk til min samboer, Jørgen, for at du alltid har troa på meg. Du er omsorgsfull og motiverende, og jeg setter veldig pris på at du tar deg tid til å lytte når jeg trenger å lufte tanker.

Trondheim, 31. mai 2018

Synne Apold Korsbrekke

Sammendrag

Bakgrunnen for oppgaven er at mange mener at naturfagelever på videregående skole mangler grunnleggende kompetanse i faget fra ungdomsskolen (Eggen et al., 2015). Det er også bekymring knyttet til utbredelsen av elevers alternative forestillinger og manglende modellforståelse (Grosslight, Unger & Jau, 1991; Treagust, 2002, s. 187).

I denne masterstudien er det benyttet fokusgruppeintervju for å få innsikt i elevers forståelse for grunnleggende kjemi i naturfaget. Forskningsdeltakerne er seks elever i naturfag på Vg1, studieforberedende utdanningsprogram. Det er spesielt tre begreper som undersøkes i studien: atomer, molekyler og åtteregelen. Elever møter begrepene gjennom store deler av utdanningsløpet, hvor de ofte brukes i sammenheng med atommodeller og periodesystemet.

Resultater av studien indikerer at elevene i utvalget kunne forklare hvordan et atom er bygd opp, og brukte atommodeller til å vise atomstruktur. Flertallet av elevene evnet å reflektere over atommodellens styrker og begrensninger. Elevene hadde utfordringer med å forstå molekylbegrepet, og forvekslet dette med atomer og elektroner. De viste en viss forståelse for molekyl dannelse, og brukte åtteregelen som forklaring på hvorfor to atomer går sammen til et molekyl. Mange opplevde likevel denne regelen som uforståelig og forvirrende. I studien ble det avdekket flere alternative forestillinger, spesielt knyttet til kjemiske reaksjoner.

Abstract

This master thesis is based on the belief that science students at Norwegian upper secondary school lack certain basic knowledge from lower secondary school (Eggen et al., 2015). It is also concerns related to alternative conceptions and lack of understanding of models amongst the students (Grosslight, Unger & Jau, 1991; Treagust, 2002, s. 187).

In this master thesis, focus group interview has been used to get deeper insight into the students understanding of basic chemistry in science. The participants of this study are six science students at upper secondary school. There are particularly three concepts of interest in this study: atoms, molecules and the octet rule. Students meet these concepts throughout most of their education. The aforementioned concepts are often used in relation with atomic models and the periodic table.

The analytical findings from this study indicates that the students were able to explain how an atom is composed and knew how to explain an atomic structure using models. Most of the students were able to reflect upon strengths and limitations about the atomic models. In their understanding of the concept of molecules, the students had significant challenges. Furthermore, results prove that the students somewhat possessed a degree of understanding related to formation of molecules. The octet rule was used as an explanation of why two atoms join into a molecule. However, many of the selected participants experienced this rule as incomprehensible and confusing. This study revealed several alternative ideas, especially related to chemical reactions.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Hva innebærer det å lære om grunnstoffer og periodesystemet?	2
1.2	Problemstilling	4
1.3	Bakgrunn for valg av tema og problemstilling.....	5
1.4	Oppgavens oppbygning	6
2	Grunnleggende begreper i kjemi	7
2.1	Begrepsavklaringer.....	7
2.2	Atombegrepet og atommodell	9
2.3	Periodesystemet.....	10
2.4	Kjemiske bindinger og molekyler	12
3	Teoretiske og didaktiske perspektiver	14
3.1	Kognitiv konstruktivisme	14
3.2	Meningsfull læring	14
3.3	Dybdelæring	15
3.4	Kjemifagets tre nivåer – makro, mikro og representasjon	16
3.5	Det naturvitenskapelige språket og begreper	17
3.5.1	Kategorisering av elevers kontroll og forståelse av begreper	17
3.6	Bruk av modeller i kjemiundervisning.....	18
3.6.1	Modeller kan forstås på tre nivåer	19
3.6.2	Pedagogiske atommodeller	19
3.6.3	Klassifisering av atommodellen.....	21
3.7	Alternative forestillinger	22
3.8	Utfordringer med kjemibegreper.....	22
3.8.1	Atomer og molekyler	22
3.8.2	Åtteregelen.....	25
4	Metodiske tilnærminger.....	27
4.1	Forskningsparadigme	27
4.2	Forskningsdesign.....	28
4.3	Kvalitative intervju.....	28
4.3.1	Fokusgruppeintervju som datakilde	29
4.3.2	Gjennomføring av fokusgruppeintervjuene	30
4.3.3	Utvalg.....	30
4.3.4	Intervjuguide	31
4.4	Tematisk analyse	32

4.5	Etiske betraktninger.....	35
4.6	Forskningens kvalitet	35
5	Resultat og analyse	38
5.1	Kontekst og bakgrunn	39
5.2	Atommodeller.....	40
5.2.1	Atommodeller viser atomets oppbygning.....	40
5.2.2	Elevenes forståelse for atomet som en modell.....	43
5.2.3	Periodesystemet brukes til å finne sammenhengen mellom grunnstoff og dets skallmodell.....	46
5.2.4	Oppsummering av hovedfunn fra «atommodeller»	49
5.3	Molekyler og molekyldannelse	50
5.3.1	Vanskeligheter med å forstå molekylbegrepet.....	50
5.3.2	Sammensetning av atomer til molekyler.....	51
5.3.3	Oppsummering av hovedfunn fra «molekyler og molekyldannelse»	56
5.4	Åtteregelen	57
5.4.1	Elevenes forståelse av åtteregelen	57
5.4.2	Elevene gjør antakelser basert på åtteregelen	68
5.4.3	Oppsummering av hovedfunn fra «åtteregelen».....	71
6	Diskusjon.....	72
6.1	Forståelse for grunnleggende kjemibegreper	72
6.1.1	Å se sammenhenger mellom kjemibegreper.....	72
6.1.2	Hvorfor-spørsmål bidrar til dypere forståelse.....	73
6.1.3	Alternative forestillinger	74
6.1.4	Prestasjonsnivå vs. grunnleggende forståelse	76
6.2	Modeller i undervisning	77
6.2.1	Ulike typer atommodeller	77
6.2.2	Ulik grad av modellforståelse	78
6.2.3	Positive og negative sider ved atommodeller	79
6.3	Burde åtteregelen undervises?.....	79
6.4	Kritikk av studien.....	81
7	Avslutning	83
7.1	Svar på forskningsspørsmål	83
7.2	Konklusjon	86
7.3	Forslag til videre forskning	87
8	Litteraturliste	88

Oversikt over vedlegg

Vedlegg A.1: Intervjuguide

Vedlegg A.2: Skallmodellen til natrium

Vedlegg A.3: Periodesystemet

Vedlegg A.4: Utvidet oktett av svovelheksafluorid (SF₆)

Vedlegg B: Bekreftelse på NSD-søknad

Vedlegg C: Samtykkeskriv

Figurliste

Figur 1: Dagens periodesystem som brukes i naturfagundervisning på ungdomsskolen (Hannisdal, Haugan & Munkvik, 2007). Grunnstoffene med atomnummer 112- 118 har blitt navngitt nå.....	10
Figur 2: En modell av atomet med skallene K, L, M og N (Sureden, 2017).....	11
Figur 3: Lewis-strukturen til vannmolekylet (Chang & Goldsby, 2014, s. 294).....	12
Figur 4: Vannmolekylet med bøyd geometri (Chang & Goldsby, 2014, s. 329).....	13
Figur 5: Omarbeidet versjon av Johnstones beskrivelse av kjemifagets tre nivåer - makronivået, mikronivået og representasjon (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 24).	16
Figur 6: Eksempler på elevers tegninger av et atom (Abdo & Taber, 2009, s. 769).	23
Figur 7: En elevs tegning av et atom (Eide, 2017, s. 41).....	23
Figur 8: En elevs tegning av et atom (Eide, 2017, s. 49).....	24
Figur 9: Flytskjema over tre tema (atommodeller, molekyler og molekyldannelse, og återegelen) med underordnede kategorier (vanlig skrift) og underkategorier (kursiv skrift).	34

Tabelliste

Tabell 1: Noen av kompetansemålene i læreplanen for naturfag (5. - 10. trinn og Vg1 studieforberedende program) tilknyttet kjemi (Utdanningsdirektoratet, 2013).....	1
Tabell 2: Læringsmål knyttet til kompetansemålet: «Elevene skal kunne vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet».	3
Tabell 3: Begrepsavklaring.	7
Tabell 4: Elektronfordeling i et atom (Pedersen, 1998, s. 27).	12
Tabell 5: Oversikt over noen pedagogiske atommodeller.	20
Tabell 6: Max Black (1962, s. 220-230) sin klassifisering av modeller.	21
Tabell 7: Forklaring av transkripsjonskoder.	33
Tabell 8: Begreper som brukes for å vurdere troverdigheten i forskning sett i lys av den vitenskapelige og naturalistiske tilnærmingen (Guba, 1981, s. 80).	36
Tabell 9: Forskningsdeltakerne inndelt i to fokusgrupper etter nivå i naturfag etter 1. halvår på Vg1. Oversikt over hvilke lærebøker elevene brukte i naturfag på ungdomsskolen.	39

1 Innledning

Læreplanen i naturfag består av flere fagdisipliner som fysikk, biologi, geofag og kjemi. I denne oppgaven vektlegges kjemidelen av naturfaget. Kjemi regnes som den grenen av naturvitenskapen som handler om stoffer og deres oppbygning, struktur, egenskaper, reaksjoner og energiforandringer (Grønneberg, Hannisdal, Pedersen & Ringnes, 2007, s. 8; Lehn, 1995, s. 1; Pedersen, 1998, s. 11; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 23). I Tabell 1 vises noen av kompetansemålene knyttet til kjemi fra læreplanen i naturfag på grunnskolens 5. – 10. trinn, samt 1. klasse på videregående skole med studieforbereende utdanningsprogram (Utdanningsdirektoratet, 2013).

Tabell 1: Noen av kompetansemålene i læreplanen for naturfag (5. - 10. trinn og Vg1 studieforbereende program) tilknyttet kjemi (Utdanningsdirektoratet, 2013).

Årstrinn	Kompetansemål
Læreplan i naturfag etter 7. årstrinn.	Elevene skal kunne beskrive sentrale egenskaper ved gasser, væsker, faste stoffer og faseoverganger ved hjelp av partikkelmodellen.
	Elevene skal kunne forklare hvordan stoffer er bygd opp, og hvordan stoffer kan omdannes ved å bruke begrepene atomer og molekyler.
Læreplan i naturfag etter 10. årstrinn.	Elevene skal kunne vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet.
Læreplan i naturfag etter Vg1 studieforbereende utdanningsprogram	Elevene skal kunne forklare hva redoksreaksjoner er, gjøre forsøk med forbrenning, galvanisk element og elektrolyse og gjøre greie for resultatene.

Kompetansemålene fra læreplanen i naturfag etter 7. årstrinn henger tett sammen, og sier blant annet at elevene skal lære å bruke begrepene atomer og molekyler. De nevnte begrepene trenger elevene å bruke når de skal lære om grunnstoffer, forbindelser og periodesystemet på ungdomsskolen. Kompetansemålene fra 7. og 10. årstrinn ligger til grunn når elever skal lære om redoksreaksjoner, galvanisk element og elektrolyse på Vg1 i naturfag. Elever på Vg1 må derfor kunne anvende begreper som atomer og molekyler.

Kjemidelen i naturfaget, både på ungdomsskole og videregående skole, omfatter blant annet begreper som atomer, molekyler, ioner, periodesystemet, kjemiske bindinger, åtteregelen og kjemiske reaksjoner. Begrepene kan være abstrakte, utfordrende å forstå og undervise, og kan

gi opphav til alternative forestillinger (Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein & Taber, 2010). Alternative forestillinger knyttet til disse begrepene har i litteraturen særlig blitt tillagt måten fagstoffet presenteres i lærebøker (Nahum et al., 2010) og manglende modellforståelse hos elevene (Grosslight et al., 1991).

I denne kvalitative studien vil jeg undersøke seks naturfagelevers grunnleggende forståelse av begrepene atom, molekyl og åtteregelen. De utvalgte forskningsdeltakerne er seks elever på studiespesialiserende linje i 1. klasse på videregående skole. Ettersom de nevnte begrepene omfattes av læreplanen og lærebøker for grunnskolen, undersøker oppgaven først og fremst elevenes forkunnskaper fra *før* de begynte på videregående skole. Jeg undersøker om elevene har alternative forestillinger knyttet til de utvalgte begrepene og hvilken forståelse de har for modeller som brukes i sammenheng med de utvalgte begrepene.

Det er vanlig at den såkalte åtteregelen undervises i tilknytning til atomer og molekyler. Den brukes gjerne til å beskrive hvorfor atomer går sammen til molekyler. Åtteregelen omtales i lærebøkene *Eureka!* og *Tellus*, som forskningsdeltakerne i denne studien brukte på ungdomsskolen. Det har blitt hevdet at denne regelen kan være til hinder for videre læring av kjemiske bindinger (Taber & Coll, 2002, s. 214-215), og den vil derfor diskuteres og problematiseres i denne oppgaven.

I kjemididaktisk litteratur legges det til grunn at elever må beherske vekslingen mellom det såkalte makronivået, mikronivået og representasjonsnivået i kjemi for å beherske faget (Johnstone, 1982). Av den grunn vil disse tre nivåene i kjemifaget belyses i noen grad.

1.1 Hva innebærer det å lære om grunnstoffer og periodesystemet?

Det er spesielt kompetansemålet etter 10. årstrinn (Tabell 1) jeg har valgt å ta utgangspunkt i for å undersøke videregåendelevers grunnleggende kjemiforståelse fra ungdomsskolen. Dette kompetansemålet anser jeg som stort og omfattende, og for å forstå hva som inngår i er det brutt ned til mer konkrete læringsmål. Læringsmålene vises i Tabell 2, og beskriver hva jeg mener elevene burde ha lært etter å ha gjennomført ungdomsskolen.

Tabell 2: Læringsmål knyttet til kompetansemålet: «Elevene skal kunne vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet».

Læringsmål	Elevene skal kunne:
1.	Forklare hvordan periodesystemet er inndelt i metaller, ikke-metaller og halvmetaller
2.	Forklare forskjellen mellom grunnstoff og kjemisk forbindelse
3.	Definere og gi eksempler på begrepene atom, molekyl og ion på makro- og mikronivå
4.	Kjenne til begrepene gruppe, periode, atomnummer, proton, elektron, og kan finne frem i periodesystemet ved hjelp av disse
5.	Navnsette hovedgruppene (1-2, 17-18) og beskrive kjennetegn ved hver gruppe
6.	Navn, symbol og plassering til enkle grunnstoffer
7.	Forklare og tegne atommodellen til noen enkle grunnstoffer
8.	Beskrive sammensetningen av atomer og molekyler ved hjelp av kjemiske formler
9.	Beskrive hva som skjer i en kjemisk reaksjon
10.	Forklare og gi eksempel på hvordan atomer deler elektroner gjennom elektronparbinding
11.	Forklare og gi eksempel på hvordan en ionebinding dannes.
12.	Forklare sammenhenger mellom oppbygning og egenskaper til metallene

Som min nedbrytning av kompetansemålet etter 10. årstrinn viser, er atomer og molekyler en forutsetning for å forklare grunnstoffer og kjemiske forbindelser. Det gir grunn til å anta at læringsmålene i Tabell 2 er en naturlig tolkning av kompetansemålet.

Som vist i Tabell 1 skal elever på Vg1 blant annet lære om redoksreaksjoner, galvanisk element og elektrolyse. Dette har elevene i utvalget vært gjennom før datainnsamlingen. I læreboka *Kosmos*, som elevene i studien bruker i naturfag på Vg1, er det en gjennomgang av atomer, elementærpartikler, skallmodellen, grunnstoffer, kjemiske forbindelser, periodesystemet, edelgass-struktur og åtteregelen før introduksjonen av redoksreaksjoner og elektrokjemi begynner (Heskestad, Liebich, Lerstad & Engan, 2015, s. 127-134). Det kan derfor tenkes at elevene i utvalget kan ha repetert eller lært mer om grunnleggende begreper som atomer, molekyler og åtteregelen etter grunnskolen.

1.2 Problemstilling

Forskningsprosjektet har som mål å få kunnskap om elevers grunnleggende forståelse i kjemi ved å søke svar på følgende problemstilling:

Hvilken forståelse har seks naturfagelever på Vg1 for atomer, molekyler og åtteregelen?

Problemstillingen er brutt ned til fem forskningsspørsmål:

- 1) *Hva forstår elevene med et atom?*
- 2) *Hvilken rolle spiller modeller i forståelsen for hva et atom er?*
- 3) *Hvordan forstår elevene molekyl dannelse fra atomer?*
- 4) *Hvilken rolle spiller åtteregelen i elevenes forståelse for hvordan atomer går sammen til molekyler?*
- 5) *Hvordan bruker elevene periodesystemet når de skal resonnerer seg frem til atomstruktur og ione- og molekyl dannelse?*

Modeller har fått et eget forskningsspørsmål fordi undervisning om atomer og molekyler innebærer bruk av modeller. Periodesystemet er forankret i kompetansemålet etter 10. årstrinn, og er et verktøy elevene trenger for å hente ut informasjon. Derfor spørres det konkret om periodesystemet i studien.

Både problemstillingen og forskningsspørsmålene har betydning for valg av metode og analyse. For å kunne besvare disse spørsmålene er det valgt å benytte kvalitativ metode med fokusgruppeintervju som datakilde.

1.3 Bakgrunn for valg av tema og problemstilling

I 2015 leverte en ekstern arbeidsgruppe en rapport til Utdanningsdirektoratet med en faggjennomgang av naturfagene i norsk skole. Undersøkelsen omfatter fellesfaget naturfag og programfagene kjemi, biologi, fysikk, geofag, og teknologi og forskningslære. I spørreundersøkelsen fikk lærere spørsmål som omhandlet elevenes forkunnskaper i naturfaget generelt, men også om de ulike disiplinfaglige komponentene. Når det gjelder naturfaget på Vg1 studiespesialiserende utdanningsprogram, sier et stort flertall av lærerne seg svært enig eller noe enig i at elevene mangler grunnleggende kompetanse i naturfag fra ungdomsskolen, og litt over halvparten svarer tilsvarende på utsagnet om at det er liten mulighet til å gå i dybden i faget og at omfanget i læreplanen er for stort (Eggen et al., 2015).

Arbeidsgruppen vurderte også innholdet i læreplanen for naturfag som grunnlag for programfag på Vg2. Når det gjelder kjemi programfag svarer flertallet av lærerne at de er noe enig eller helt enig i at naturfag på Vg1 gir svake forkunnskaper i kjemi 1. Et stort flertall svarer det samme på utsagnet om at naturfag på Vg1 ikke gir godt nok fundament for kjemi 1 (Eggen et al., 2015).

I tillegg beskrives det i rapporten at flere av modellene og forklaringene som brukes i naturfag 1-11 er utdaterte, misvisende eller feil. To av eksemplene som trekkes frem er at atomer avbildes som et planetlignende system, og at bindinger blir forklart med bakgrunn i åtteregelen i naturfagslæreverkene (Eggen et al., 2015).

Treagust (2002, s. 187) hevder at hoveddelen av forskningen på elevers forståelse og læring av kjemibegreper er gjort på *secondary school level*, noe som tilsvarer både ungdomsskole og videregående skole i Norge. Han viser til en økende bekymring for at studenter som har fullført videregående skole fortsatt holder fast ved alternative forestillinger i kjemi som bidrar til mindre effektiv læring også på universitetsnivå. Mer kunnskap om elevenes alternative oppfatninger mener Treagust (2002, s. 187) kan bidra til å endre pedagogiske tilnærminger.

Med bakgrunn i bekymringene til Eggen et al. (2015) og Treagust (2002, s. 187) har jeg valgt å forske på videregåendeelevers forståelse for grunnleggende kjemi rett etter ungdomsskolen. Forhåpentligvis vil studien gi dyptgående innsikt i hvordan et utvalg av naturfagelever forstår atomer, molekyler og åtteregelen, samt hva slags hull og alternative forestillinger de har.

1.4 Oppgavens oppbygning

I kapittel 2 presenteres definisjoner og forklaringer av grunnleggende begreper i kjemi, mens det i kapittel 3 legges frem teoretiske og didaktiske perspektiver, samt tidligere forskning. Videre følger metodiske tilnærminger i kapittel 4. Kapittel 5 inneholder resultater og analyse. Resultatene blir diskutert i lys av relevant teori i kapittel 6. Oppsummering og svar på problemstilling og forskningsspørsmål presenteres i kapittel 7.

2 Grunnleggende begreper i kjemi

Grunnleggende begreper i kjemi utgjør grunnlaget for analysen og fag-didaktiske diskusjoner senere i oppgaven. I dette kapittelet vil begrepene avklares, forklares og utdypes.

2.1 Begrepsavklaringer

Begrepene som skal analyseres i studien er definert i Tabell 3 nedenfor. Senere i dette kapittelet vil noen av disse utdypes grundigere.

Tabell 3: Begrepsavklaring.

Begrep	Definisjon	Kilder
<i>Grunnstoff</i>	Et stoff hvor alle atomer har samme antall protoner i atomkjernen. Grunnstoff kan også defineres som et stoff som består av en bestemt atomtype. Et grunnstoff finnes i periodesystemet.	(Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 27)
<i>Kjemisk forbindelse</i>	Et stoff som er satt sammen av to eller flere grunnstoffer, altså består det av to eller flere atomtyper.	(Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 27)
<i>Atom</i>	Bestanddel i et grunnstoff som kan inngå i en kjemisk forbindelse. Atomet inneholder en kjerne bestående av protoner og nøytroner. Rundt kjernen beveger det seg elektroner.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 31)
<i>Molekyl</i>	Består av minst to atomer som er bundet sammen ved hjelp av kjemiske krefter (også kalt kjemiske bindinger).	(Chang & Goldsby, 2014, s. 41)
<i>Elektron</i>	Negativt ladde partikler i et atom. Befinner seg utenfor atomkjernen.	Chang & Goldsby, 2014, s. 32)
<i>Proton</i>	Positivt ladde partikler i atomkjernen.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 34)
<i>Nøytron</i>	Nøytrale partikler i atomkjernen.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 35)
<i>Ion</i>	Et atom eller en gruppe av atomer som har en netto positiv eller negativ ladning.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 39)

<i>Salter</i>	Faste stoffer bygd opp av positive og negative ioner, som holdes sammen av ionebindinger. Natriumklorid er et eksempel på en ionisk forbindelse, dvs. et salt.	(Pedersen, 1998, s. 29)
<i>Ionebinding</i>	Elektriske krefter som holder ioner sammen i en ionisk forbindelse.	(Pedersen, 1998, s. 29)
<i>Kovalent binding (elektronparbinding)</i>	To eller flere atomer er bundet sammen i et molekyl med ett eller flere elektronpar. Det kan skje gjennom enkelt-, dobbelt- og trippelbinding.	(Pedersen, 1998, s. 29)
<i>Valenselektroner (ytterelektroner)</i>	Elektronene i det ytterste elektronskallet til et atom.	(Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 92)
<i>Periodesystemet</i>	Klassifiseringssystem hvor grunnstoff med like kjemiske og fysiske egenskaper grupperes sammen. Grunnstoffene er delt inn etter økende atomnummer.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 38)
<i>Atomnummer</i>	Tilsvarende antall protoner i atomkjernen i et grunnstoff.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 36)
<i>Massennummer</i>	Totalt antall nøytroner og protoner i kjernen i et atom i et grunnstoff.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 36)
<i>Åtteregelen (oktettreglen)</i>	Et atom, med atomnummer opp til 20, kan dele, avgi eller motta elektroner fra ett eller flere atomer for å oppnå åtte valenselektroner. Unntak: hydrogen og helium. Å oppfylle åtteregelen regnes som en «ønskesituasjon», og brukes som den avgjørende bindingstypen i skolen.	(Chang & Goldsby, 2014, s. 294; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 93)

2.2 Atombegrepet og atommodell

Dagens atomforståelse kan sies å stamme fra 1800-tallet og John Dalton (1766-1844) sin atomteori. Dalton, som var en britisk naturfilosof, presenterte i 1808 en atomteori der grunnstoffer består av små partikler, kalt atomer (Levere, 2001, s. 81). Atomene i et gitt grunnstoff er ifølge Dalton helt identiske – de har lik størrelse og vekt. Grunnstoffene skiller seg fra hverandre på grunn av ulike atomvekt (Asimov, 1984, s. 490-493; Levere, 2001, s. 81-87).

I nesten 100 år kjente man ikke til at atomet besto av mindre partikler. En moderne forståelse av atomet, der slike subatomære partikler tas i betraktning, ble utviklet i første halvdel av 1900-tallet. Dette var gjennom arbeidene til flere fysikere, deriblant Joseph J. Thomsons rosinbollemodell (hvor elektroner er en del av atomkjernen, nesten som rosiner i en bolle), Ernest Rutherfords antakelse om at atomets positive ladning (protoner) er konsentrert i atomkjernen, Niels Bohrs kvantemodell for atomet og Erwin Schrödingers bølgelikning (Brock, 1992, s. 468, 490; Kragh, 2013, s. 111-115).

I Bohrs atommodell fra 1913 forestilte man seg en tung positiv atomkjerne med elektroner som kretset i sirkulære baner. Elektroner i baner rundt atomkjernen ble sammenliknet med hvordan månen kretser rundt jorda (Kragh, 2013, s. 111). I skolen brukes en forenkling av Bohrs atommodell hvor man beskriver elektronenes baner som skall. Av denne grunn kalles atommodellen i pedagogisk sammenheng for skallmodellen, hvor hvert skall tilsvarer et bestemt energinivå. Slik skallmodellen fremstilles i de to lærebøkene *Eureka!* og *Tellus*, forestiller man seg en atomkjerne i midten med nøytroner og protoner. Rundt atomkjernen beveger elektroner seg i skall (Ekeland, Johansen, Strand, Rygh & Jenssen, 2007, s. 6-27; Hannisdal et al., 2007, s. 8-27). I *Tellus* (Ekeland et al., 2007, s. 9) sammenliknes skallmodellen med en annen pedagogisk atommodell kalt elektronskymodellen. I denne modellen sier man at elektroner beveger seg i mer diffuse baner, eller skyer. I de tettete områdene med elektroner, såkalte elektronskyer, er det høyest sannsynlighet for å treffe på elektroner (Chang & Goldsby, 2014, s. 228).

Det er viktig å understreke at skallmodellen er en forenkling av den virkelige atomstrukturen. Blant annet går ikke elektronene i bestemte baner. Dagens atommodell bruker kvantemekanikk og matematiske modeller for å forstå hvor elektronene befinner seg. Sannsynligheten for å finne et elektron på et bestemt området rundt atomkjernen beskrives av Schrödingers bølgelikning (Weller, Overton, Rourke & Armstrong, 2014, s. 8-10). Selv om elektronskall er

en forenkling, er det dette begrepet som oftest brukes i pedagogisk sammenheng og jeg vil i det følgende fortsette å bruke denne betegnelsen.

2.3 Periodesystemet

Periodesystemet er et klassifiseringssystem av grunnstoffer, og er omtrent 150 år gammelt. I første halvdel av 1800-tallet ble det gjort mange forsøk på å organisere grunnstoffene uten stor suksess. Det var til slutt russiske Dmitri Ivanovich Mendelejev (1834-1907) som fikk æren av å «oppdage» periodesystemet. I 1869 systematiserte han grunnstoffene etter atomvekt. Grunnstoffene ble plassert i en periodisk tabell inndelt i rader og kolonner, hvor grunnstoffer med like egenskaper tilhørte samme kolonne (Levere, 2001, s. 118-119).

I dagens periodesystem, vist i Figur 1, er grunnstoffene oppført etter atomnummer, dvs. antall protoner i kjernen. Tabellen er delt inn i loddrette kolonner kalt grupper, og horisontale rader kalt perioder. Grunnstoffenes plassering i periodesystemet sier noe om de fysiske og kjemiske egenskapene til grunnstoffene og de forbindelsene som dannes når grunnstoffer reagerer. Denne organiseringen gjør at det blir enklere å få oversikt siden man har organisert kunnskapen rent skjematisk (Chang & Goldsby, 2014, s. 38-39). I naturfagsbøkene i grunnskolen er det ofte de 20 første grunnstoffene som omtales (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 85).

Grunnstoffenes periodesystem

1 18
1 1.008 H Helium 2 4.001 He Helium

2 3 4 13 14 15 16 17 18
3 6.941 Li Litium 4 9.012 Be Beryllium 5 10.81 B Bor 6 12.01 C Kullor 7 14.01 N Nitrogen 8 16.00 O Oksygen 9 18.99 F Fluor 10 20.18 Ne Neon

3 11 12 13 14 15 16 17 18
4 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
5 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
6 55 56 57-71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86
7 87 88 89-103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 118

37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
55 56 57-71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86
87 88 89-103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 118

57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103

Forklaring:
19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57-71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89-103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 118

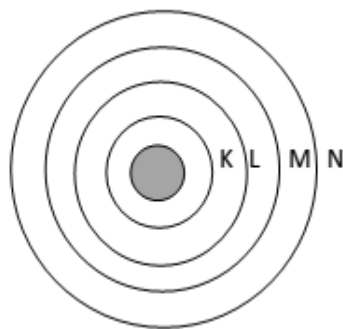
Fargekode betyr:
Metall Halvmetall Ikke-metall

Figur 1: Dagens periodesystem som brukes i naturfagundervisning på ungdomsskolen (Hannisdal, Haugan & Munkvik, 2007). Grunnstoffene med atomnummer 112- 118 har blitt navngitt nå.

I periodesystemet i Figur 1, angir den øverste raden med tallene 1-18, gruppenummeret. Gruppene 1-2 og 13-18 kalles for hovedgrupper. Grunnstoffene innenfor samme hovedgruppe har like mange valenselektroner, og dermed samme tendenser til å danne bindinger. Gruppe 1 har et valenselektron, gruppe to har to valenselektroner, gruppe 13 har tre (13-10) valenselektroner osv. I dag vet vi at dette er årsaken til at grunnstoffer i samme hovedgruppe har like kjemiske egenskaper. Om man tar utgangspunkt i skallmodellen, vil påfylling av elektroner i rekken over grunnstoff i hovedgruppene skje i ytterste skall (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 83-85).

Grunnstoffene som befinner seg i gruppene 3-12 kalles for innskuddsmetaller. Disse danner ofte ioner med ulike ladninger, og følger en annen påfylling av elektroner enn grunnstoffene i hovedgruppene. For innskuddsmetallene er energinivåene til ytterelektronene og elektronene i nest ytterste skall veldig like, noe som gjør at elektronene oftest fylles på i nest ytterste skall (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 82-85).

Helt til venstre i det vedlagte periodesystemet finner man tallene 1-7, som tilsvarer periodenummeret. Periodenummeret angir antall elektronskall hvert grunnstoff har (Pedersen, 1998, s. 22-24). Elektronskallene, illustrert i skallmodellen i Tabell 4, kan gi informasjon om atomenes elektronfordeling. I Figur 2 nedenfor, ser man at skallene i skallmodellen har hvert sitt navn. Det innerste skallet med lavest energi heter K-skallet. Videre følger skallene L, M og N som har høyere energi (Grønneberg et al., 2007, s. 23).



Figur 2: En modell av atomet med skallene K, L, M og N (Sureden, 2017).

Sammenhengen mellom antall elektronskall og elektronfordelingen i et atom vises i Tabell 4. Da ser man at skallnummer, n , inneholder maksimalt $2n^2$ elektroner (Pedersen, 1998, s. 27). Tabellen kunne vært utvidet til å inkludere atomorbitalene s, p, d og f, som er ulike energinivåer elektronene kan ha innenfor et skall (Chang & Goldsby, 2014, s. 230). Siden dette ikke regnes som grunnskolepensum, er det utelatt fra tabellen.

Tabell 4: Elektronfordeling i et atom (Pedersen, 1998, s. 27).

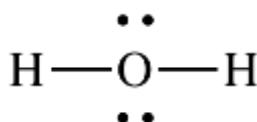
Skallnummer (n)	Skall	Maksimalt antall elektroner ($2n^2$)
1	K-skallet	2
2	L-skallet	8
3	M-skallet	18
4	N-skallet	32

I hovedgruppe 18 i periodesystemet finner man edelgassene som har åtte elektroner i ytterste skall. Alle disse grunnstoffene består av atomer med en stabil elektronstruktur, og er derfor mindre reaktive. Atomer, som gjennom kjemiske reaksjoner, får oppfylt åtte elektroner i ytterste skallet sies å ha en edelgasskonfigurasjon. Av den grunn eksisterer edelgassene i naturen som monoatomiske gasser, hvilket betyr at de består av et fritt atom. Med unntak av edelgassene består de fleste rene stoffer av molekyler og ioner, dannet fra atomer (Chang & Goldsby, 2014, s. 39).

2.4 Kjemiske bindinger og molekyler

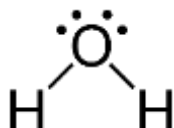
Når naturfagelever skal lære om kjemiske bindinger legges det ofte vekt på de sterke bindingene: kovalent binding, ionebinding og metallbinding (Ekeland et al., 2007, s. 6-27; Hannisdal et al., 2007, s. 7-50; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 89). Vannmolekylet (H_2O) brukes ofte som eksempel på molekylers oppbygning i lærebøker. Jeg vil i det følgende bruke vannmolekylet til å utdype bindingstyper, molekylgeometri og molekylstruktur.

I Figur 3 vises strukturformelen til vannmolekylet hvor oksygenatomet danner to kovalente bindinger med hydrogenatomene. Siden hydrogen kun har ett elektron kan det kun danne én kovalent binding. Med to «lone pairs» (uparrede elektronpar) og to kovalente bindinger oppnår oksygen en edelgasskonfigurasjon, dvs. åtte elektroner i ytterste skall (Chang & Goldsby, 2014, s. 294).



Figur 3: Lewis-strukturen til vannmolekylet (Chang & Goldsby, 2014, s. 294).

Siden de uparede elektronene frastøter hverandre og krever mer plass, forårsaker det at de to O-H bindingene blir dyttet mot hverandre. Det gjør at vannmolekylet blir bøyd, slik som i Figur 4 nedenfor. Da blir bindingsvinkelen H-O-H $104,5^\circ$, og ikke 180° som den ville vært hvis molekylet var lineært. Siden oksygenatomet trekker mer på elektronene får det en svak negativ ladning, mens hydrogenatomene får en svak positiv ladning. Denne ujevne fordelingen av ladning gjør at vannmolekylet blir polart (Chang & Goldsby, 2014, s. 329).



*Figur 4: Vannmolekylet med bøyd geometri
(Chang & Goldsby, 2014, s. 329).*

Dannelsen av vannmolekylet illustrerer åtteregelen ved at atomene deler på elektroner, men åtteregelen kan ikke brukes på alle grunnstoffer. Den fungerer hovedsakelig for grunnstoffene i andre periode i periodesystemet da disse har 2s og 2p orbitaler (der 2 står for skallnummer n), som til sammen kan ha åtte elektroner. Unntakene for åtteregelen kan deles inn i tre kategorier: ufullstendig oktett, odde antall elektroner og utvidet oktett (Chang & Goldsby, 2014, s. 294-295, 207). Disse unntakene er fagstoff på universitetsnivå, og undervises neppe på ungdomsskolen.

3 Teoretiske og didaktiske perspektiver

Videre vil jeg ta for meg teoretiske og didaktiske perspektiver på kjemi og læring. Overordnet handler det om læringsteorier, modellbruk, alternative forestillinger og utfordringer med innlæring av kjemibegreper.

3.1 Kognitiv konstruktivisme

I denne studien som handler om elevers forståelse for begreper tar jeg utgangspunkt i et kognitiv (individuell) konstruktivistisk syn på læring. Innenfor dette læringsperspektivet regnes det som nødvendig å ha kunnskap om elevers forkunnskaper, og man ser på hvordan informasjon mottas, fortolkes og bearbeides mentalt. Det finnes også andre perspektiver på læring som kan fungere side og side, for eksempel sosialkonstruktivisme og sosiokulturell læringsteori (Leach & Scott, 2003). Disse omtales ikke her siden jeg ikke studerer elevenes forståelse i sosiale omgivelser.

Innenfor kognitiv konstruktivisme har psykolog og filosof Jean Piaget (1896-1980) hatt en stor innflytelse (Angell et al., 2011, s. 161; Leach & Scott, 2003). Piaget erkjente at sosial interaksjon kunne spille en rolle i å fremme kognitiv utvikling, men selve utviklingen må skje på et individuelt plan. Han beskrev individets kunnskap og erfaringer som kognitive skjema. Skjemaene utvikles som et resultat av en adaptasjonsprosess, hvor individer utvider og modifierer nye skjemaer fra eksisterende skjemaer. Det kan skje gjennom assimilasjon eller akkomodasjon (Driver, Asoko, Leach, Scott & Mortimer, 1994). Assimilasjon vil si at man prøver å få nye erfaringer til å passe inn i eksisterende skjema. Når nye skjemaer samsvarer med eksisterende skjema fører det til at eleven styrker denne oppfatningen av virkeligheten. Dersom den nye erfaringen ikke stemmer med eksisterende skjema, kan erfaringen enten avvises eller endres. Når det blir en slik kognitiv konflikt kalles det akkomodasjon. Læring anses derfor som en prosess hvor eleven, gjennom assimilasjon eller akkomodasjon, utvikler meningsbærende skjemaer (Skaalvik & Skaalvik, 2013, s. 58-60).

3.2 Meningsfull læring

Også psykolog David P. Ausubel (1963, s. 20-23) baserte sin pedagogiske tenkning på at nye erfaringer tolkes i lys av tidligere kunnskap. Hans syn på læring tar utgangspunkt i at elevene skal oppleve læringen som meningsfull. *Meningsfull læring* står i kontrast til pugg og memorering, noe Ausubel (1963, s. 24) kaller *rote learning*. Pugging resulterer i at fagstoffet blir isolerte enheter som ikke er forankret i de eksisterende, kognitive strukturene. Dette

medfører at pugging av fagstoff lettere kan glemmes. Som Cooper (2015) poengterer, tyr elever som sjeldent opplever at det læreren sier er fornuftig, ofte til memorering – ikke fordi det er lettere, men fordi de ikke har et annet alternativ. I artikkelen «Why Ask Why?» argumenterer hun for at elever, i stedet for å pugge, må kunne bygge ny kunnskap på tidligere kunnskap, og forstå *formålet* med å lære den nye kunnskapen. Dyp forståelse og oversikt vil hjelpe elever å anvende abstrakte kjemibegreper senere i skoleløpet. I undervisning om begreper på mikronivå, slik som atomer og molekyler, kan det være nødvendig å fortelle elever *hvorfor* de trenger å lære begrepene slik at de kan oppleve fagstoffet som mer meningsfullt.

Som et overordnet mål med naturfagundervisningen hevder Cooper (2015) at elevene må lære seg å konstruere kausale, mekanistiske forklaringer på fenomener. Innenfor kjemi betyr det at elever må bruke forståelsen de har på et molekylært nivå for å kunne forklare og anta makroskopiske (observerbare) hendelser. Når elever konstruerer egne forklaringer bidrar det til å gi en dypere forståelse for fagstoffet, noe pugging og memorering ikke gjør i like stor grad. Det at elevene må avgi forklaringer selv, mener Cooper (2015) har bedre effekt enn om elevene bare hører eller leser forklaringene i en bok.

3.3 Dybdelæring

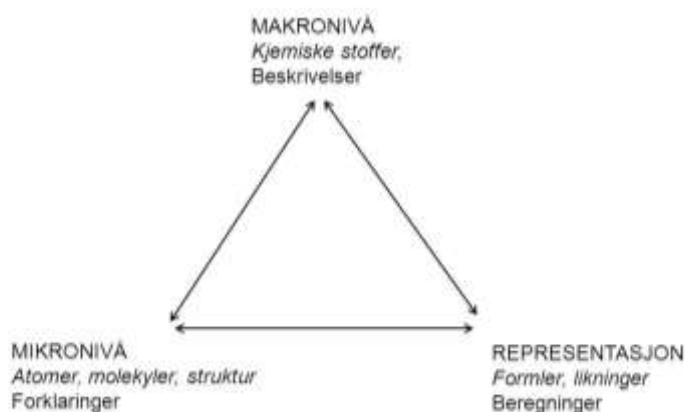
Cooper (2015) hevder at de fleste naturvitenskapelige oversiktsfag, slik som introduksjonsemner, har en tendens til å vektlegge bredde fremfor dybde. Dette kan skyldes at man prøver å «dekke alt» som kan være relevant for fremtidig kjemikere, fysikere, biologer osv., velvitende om at mange elever ikke ønsker videre fordypning i dette faget. Hun argumenterer for at elever ofte ikke klarer å sette sammen brikkene de lærer til en helhet uten et underliggende forklarende rammeverk. Selv «flinke» elever, som gjør alt de blir bedt om, har ofte en fragmentert forståelse for viktige begreper. Det medfører at elever kan ha problemer med å overføre det de har lært til nye situasjoner innad i faget, eller på tvers av fagdisipliner. For å få en dypere forståelse mener Cooper (2015) at elever ikke bare må stille seg spørsmål om *hva* som skjer, men også *hvorfor* noe skjer. Eksempler på slike hvorfor-spørsmål knyttet til denne studien er hvorfor åtteregelen er en «ønskesituasjon» og hvorfor kjemiske reaksjoner skjer. For å kunne formulere forklaringer på slike spørsmål kreves det at elevene må bruke kognitive ferdigheter.

Coopers (2015) syn samsvarer med Kunnskapsdepartementets forslag om hvordan grunnskole og videregående opplæring skal fornyes. I Stortingsmelding 28 står det at et av målene med å fornye Kunnskapsløftet fra 2006 er å legge til rette for elevenes dybdelæring. Det betyr at elevene skal tilegne seg varig kunnskap og forståelse, og se sammenhenger mellom et fag eller

på tvers av fag. I arbeidet med fagfornyelsen skal alle fagene beholdes, men innholdet skal endres, noe som betyr at fagene får nye prioriteringer, mer relevant innhold og redusert omfang. Det skal også bli bedre sammenheng mellom fagene hvor tre tverrfaglige temaer blir sentrale: bærekraftig utvikling, demokrati og medborgerskap, samt folkehelse og livsmestring. Den nye læreplanen vil tre i kraft fra høsten 2020 (St. meld. nr. 28., 2015-2016, s. 7, 15, 34).

3.4 Kjemifagets tre nivåer – makro, mikro og representasjon

Alex H. Johnstone utredet i 1982 en sammenheng mellom tre kognitive nivåer i kjemi: makronivået, mikronivået og representasjonsnivået. Makronivået innebærer observasjon og beskrivelser av kjemiske stoffers egenskaper. Med andre ord dreier det seg om det håndfaste og synlige som for eksempel en fargeforandring. Når man forklarer ved hjelp av atomer og molekyler befinner man seg på mikronivået. Det siste nivået, representasjon, tar i bruk symboler, formler og likninger (Johnstone, 1982). Sammenhengen mellom disse tre nivåene har Johnstone (1991) illustrert i en trekant. I Figur 5 vises det en omarbeidet versjon fra Ringnes og Hannisdal (2014, s. 24).



Figur 5: Omarbeidet versjon av Johnstones beskrivelse av kjemifagets tre nivåer - makronivået, mikronivået og representasjon (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 24).

Det har vært hevdet at det er naturlig for elever å nærme seg kjemi fra makronivået (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 24), men det har også vist seg at det varierer hvilket forklaringsnivå kjemielever benytter (Leinæs, 2016, s. 57). Jon-Abraham Lie Leinæs (2016, s. 57) undersøkte i sin masteroppgave fire kjemi 2-elevers forståelse for sammenhengen mellom makro- og mikronivået, og fant ut at de lavtpresterende elevene i større grad brukte makronivået enn de høytpresterende elevene. Resultatene indikerte også at det var mer utfordrende for de

lavtpresterende elevene, sammenliknet med de høytpresterende elevene, å se sammenhengen mellom de ulike nivåene. At det kan være utfordrende for elever å skifte mellom de tre ulike nivåene, ligger til grunn for forskning gjort av Johnstone (2009), Tan, Goh, Chia og Treagust (2009, s. 137-149) og Barke, Hazari og Yitbarek (2009, s. 27), som regnes som sentrale kjemididaktikere.

Siden denne studien undersøker elevens forståelse for atomer, molekyler og åtteregelen, vil jeg i det følgende konsentrere meg om dette nivået.

3.5 Det naturvitenskapelige språket og begreper

For mange elever er det naturvitenskapelige språket en av de største hindringen med å lære naturfag (Wellington & Osborne, 2001, s. 3). Det å lære seg det naturvitenskapelige språket kan sammenliknes med å lære et nytt fremmedspråk. Elever må for eksempel benytte seg av regler for å lage formler og navn. Det naturfaglige språket inneholder også mange fremmedord og symboler, og fagspesifikke trekk og sjangere. Begrepsinnlæring omtales å være spesielt utfordrende for elever siden mange av begrepene er abstrakte og ikke synlige (Mork & Erlien, 2014, s. 15-31). Hvordan skal elevene for eksempel klare å observere forskjellen mellom et grunnstoff og en kjemisk forbindelse? Et grunnstoff kan være et gult pulver, en fargeløs gass eller en brun væske, men det kan også forbindelser være. For å forstå begreper, fakta og lover må elever også kunne forklare naturvitenskapelige fenomener på mikronivå (Johnstone, 1991).

Det er naturlig å tenke at forståelse for et begrep ikke bare ligger i en definisjon (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 52). Det handler om hvilke assosiasjoner og eksempler man kan gi for begrepet, og hvilken forståelse man har for tilhørende begreper (Mork & Erlien, 2014, s. 24). For å kunne si noe om hvilken forståelse elever har for ulike begreper, kan det være nyttig å bruke et analyseverktøy som beskriver ulike grader av begrepsforståelse.

3.5.1 Kategorisering av elevers kontroll og forståelse av begreper

I følge Bravo, Cervetti, Hiebert og Pearson (2006) kan begrepskunnskap kategoriseres i *ingen kontroll*, *passiv kontroll* eller *aktiv kontroll*. Med *ingen begrepskontroll* har ikke elevene hørt eller sett ordet før, mens med *passiv kontroll* kan de bruke et synonymt begrep eller en enkel definisjon av begrepet. En *aktiv kontroll* av begrepet innebærer at elevene kan gi en definisjon, sette det i sammenheng med andre begreper og bruke det i muntlig og skriftlig kommunikasjon. For eksempel vil elever som har passiv kontroll på begrepet «atom» gi en enkel definisjon på dets oppbygning og kjenne til at atomer er byggesteiner i kjemiske stoffer. Om eleven kan gi en grundig forklaring på atomets oppbygning og sette det i sammenheng med andre naturfaglige begreper som molekyler, kjemiske bindinger, atommodeller osv., har den en aktiv

kontroll på begrepet atom. Eleven må også ha evnen til å bruke begrepet muntlig og skriftlig for å ha aktiv begrepskontroll.

Kategoriseringen fra Bravo et al. (2006) finner man igjen i andre undersøkelser (Eide, 2017; Haug & Ødegaard, 2014). Silje Marie Eide (2017, s. 40) studerte blant annet 9. klasseelevers kontroll på kjemibegrepene atom, atommodell, elektron, proton, nøytron, elektronskall, atomkjerne og ion. Et av resultatene var at elevene i fokusgruppeintervjuene viste varierende grad av kontroll på de nevnte begrepene, men at de fleste passet inn under kategorien passiv kontroll. I kapittel 3.8.1 vises noen eksempler fra Eide (2017) sin studie knyttet til atomer og atommodeller.

3.6 Bruk av modeller i kjemiundervisning

Når abstrakte begreper som atomer og molekyler skal forklares og forstås kan det være nyttig å bruke modeller av disse i undervisningen (Grosslight et al., 1991; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 52). Begrepet modell har allerede blitt nevnt i forbindelse med atommodeller i kapittel 2.2. Flere omtaler modeller som forenklinger av virkeligheten og et kommunikasjonsverktøy elever kan bruke i læringsprosessen. Det kan også beskrives som en representasjon av et objekt, et fenomen eller en idé. Med andre ord har modeller som hensikt å visualisere naturvitenskapen, redusere kompleksiteten til fenomener og bidra til å klargjøre teorier, tanker og forståelse hos elever (Angell et al., 2011, s. 195; Harrison & Treagust, 2000; Mathiassen, 2015, s. 209-213; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 161-162).

For elever kan det være utfordrende å skille mellom modell og virkelighet. Modeller har alltid noen begrensninger siden det ofte bare er et par forhold ved virkeligheten som blir demonstrert. De forholdene ved en modell som samsvarer godt med virkeligheten kalles for positive sider ved modellen, mens de forholdene som presenteres galt i modellen omtales som negative sider ved modellen. De nøytrale sidene ved en modell er de forholdene som gjerne blir oversett fordi det ikke spiller noen rolle hvordan disse sidene blir representert. Et eksempel som kan brukes for å vise forskjellen mellom positive, negative og nøytrale sider er kulepinnemodellen. Kulepinnemodellen er et byggesett som viser strukturen til enkle molekyler. En av de positive sidene ved denne modellen er at den viser den tredimensjonale formen, mens en av de negative sidene er at kulene ikke kan rotere rundt. Det at atomene presenteres som plastkuler regnes som en nøytral side (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 161-162).

Selv om modeller spiller en avgjørende rolle i forståelsen av naturvitenskapelige teorier og begreper, hevder Mathiassen (2015, s. 211-213) at modeller kan kommunisere på ulike måter til ulike elever. For å få mer innsikt i hvordan elever forstår modeller kan det være nyttig å bruke ulike nivåer av modellforståelse. Disse beskrives nedenfor og vil bli brukt som analytisk verktøy i resultat- og analysekapittelet.

3.6.1 Modeller kan forstås på tre nivåer

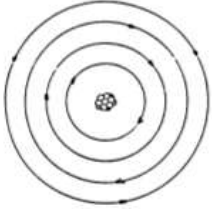



Fra en intervjubasert undersøkelse av ungdomsskoleelever i USA har Grosslight et al. (1991) kategorisert elevenes tanker rundt modeller, og bruk av modeller i vitenskapen, på tre nivåer. På *nivå 1* forbinder elever modeller med direkte kopier av virkeligheten. På *nivå 2* forstår elever at modeller lages for et formål. Elevene er derfor oppmerksomme på at noen sider ved modellene ikke korresponderer med den virkelige verden, fordi den som lager modellene må ta noen valg for å oppnå den tiltenkte modellen. Elever som befinner seg på *nivå 3* forstår at modeller er laget for å teste ideer fremfor å avbilde virkeligheten. De aksepterer også at den som lager modellene har en aktiv rolle i konstruksjonen for å nå et spesifikt formål, og at modellene kan testes og endres for å utvikle ideer. Harrison og Treagust (1996) brukte disse tre nivåene da de undersøkte elevenes mentale modeller av atomer og molekyler. Av 48 elever befant 28 stykker seg på nivå 1 og 20 på nivå 2. Elever som tenkte på et atom som en ball eller sfære tilhørte nivå 1, nettopp fordi det virket som de så en sterk sammenheng mellom modeller og virkeligheten.

Grosslight et al. (1991) hevder det er viktig å ha kjennskap til hvordan elever forstår modeller i naturvitenskapen. De stiller følgende spørsmål: Hva tenker elever er hensikten med modeller? Kan elever si noe om hva modellen egentlig representerer? Og om det er mulig, hvordan forstår elever at forskjellige modeller kan brukes for å visualisere ett og samme fenomen? Til sammenlikning med denne studien, blir det derfor interessant å få innsyn i hvordan elever forstår modellbegrepet, og hvordan de forstår at en atommodell kan fremstilles på mange måter.

3.6.2 Pedagogiske atommodeller

Det er flere ulike atommodeller som kan brukes avhengig av hvilke sider ved atomet man vil beskrive (Harrison & Treagust, 2000). I Tabell 5 vises en oversikt over noen pedagogiske atommodeller. Disse regnes som nødvendige å bruke for at elever kan få et bilde på hvordan atomet kan se ut, siden atomer ikke kan observeres direkte.

Tabell 5: Oversikt over noen pedagogiske atommodeller.

Navn	Forklaring	Pedagogisk atommodell
<i>Skallmodellen</i>	Atomkjerne bestående av protoner og nøytroner, omgitt av skall hvor elektroner beveger seg.	 <p>(Harrison & Treagust, 2000)</p>
<i>Elektronskymodellen</i>	Atomkjerne i midten, omgitt av elektroner som representeres i form av små prikker. I figuren til høyre er elektronskyen tettest i to områder. Disse tilsvarer to skall i en skallmodell.	 <p>(Ekeland et al., 2007, s. 9/ Damseth)</p>
<i>Planetmodellen</i>	Atomkjerne med protoner og nøytroner. Elektroner beveger seg i elliptiske baner.	 <p>(Harrison & Treagust, 2000)</p>
<i>Kulemodellen</i>	Atomet formet som en kule. I for eksempel kulepinnemodell illustreres atomet som en fysisk kule.	 <p>(Harrison & Treagust, 2000)</p>

I denne oppgaven velger jeg kun å konsentrere meg om skallmodellen og elektronskymodellen. Skallmodellen presenteres i både *Eureka!* og *Tellus*, mens elektronskymodellen vises kun i *Tellus*.

3.6.3 Klassifisering av atommodellen

Modeller kan klassifiseres på ulike måter, og atommodellen kan inngå i flere av systemene. En måte å klassifisere modeller på er etter status. Da kan de deles inn i historiske modeller, naturvitenskapelige modeller, undervisningsmodeller og private modeller. Atommodellen er både en historisk modell, naturvitenskapelige modell og undervisningsmodell fordi den har blitt brukt av tidligere naturvitere, illustrerer virkeligheten og brukes i dagens undervisning. (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 164-165).

I Max Black (1962, s. 220-230) sitt klassifiseringssystem fra 1960-tallet er modeller inndelt i skalare modeller, analoge modeller, matematiske modeller og teoretiske modeller. Disse beskrives grundigere i Tabell 6.

Tabell 6: Max Black (1962, s. 220-230) sin klassifisering av modeller.

Modell	Beskrivelser
<i>Skalamodell</i>	Ligner et fysisk objekt, system eller en prosess i en bestemt målestokk. Eks. Hvordan skip ser ut, hvordan hus skal bygges eller hvordan maskiner fungerer.
<i>Analog modell</i>	Et fysisk objekt, system eller prosess som har viktige likhetstrekk med «originalen». Ikke alle forhold mellom modellen og virkeligheten samsvarer. Eks. en plantecelle, hvor størrelsesforholdet mellom de ulike organellene ikke samsvarer godt med virkeligheten.
<i>Matematisk modell</i>	Virkeligheten beskrives gjennom en matematisk formel, likning eller andre symboler. Eks. $C (s) + O_2 (g) \rightarrow CO_2 (g)$, som er forbrenningsreaksjonen mellom karbon (C) og oksygen (O), som gir CO ₂ .
<i>Teoretisk modell</i>	Virkeligheten beskrives gjennom teorier, lover, regler og definisjoner. Eks. atomteori.

Atommodeller som for eksempel skallmodellen, kan ses på som en analog modell (Harrison & Treagust, 2000; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 167). Schrødingers atommodell basert på kvantemekanikk og matematiske beregninger kan derimot plasseres innenfor matematiske modeller. I det følgende vil jeg behandle atommodellen som en analog modell. Selv om analoge modeller ligner virkeligheten, tar de ofte ikke hensyn til størrelsesforholdet slik som det gjøres i en skalamodell. De kan derfor skape feilaktige forestillinger om de ikke brukes med forsiktighet (Mathiassen, 2015, s. 210, 231). Harrison og Treagust (2000) mener at flere av problemene knyttet til analoge modeller i naturfag kan skyldes at lærerne ikke vet hvordan

elevene tolker analogimodellene illustrert i lærebøker, videoer eller på datasimuleringer. De argumenterer for at det trengs mer undervisning om modellbruk, og anbefaler å vise flere ulike typer modeller, samt diskutere og kritisere de ulike modellene i klasserommet.

3.7 Alternative forestillinger

Med bakgrunn i det som er sagt om analoge modeller, kan det være viktig å kjenne til hvilke mentale forutsetninger elevene har for å forstå modellene de blir presentert for. Det gjelder ikke bare for modeller, men også andre fagkunnskaper og erfaringer elever tilegner seg. Elever konstruerer sine egne oppfatninger basert på deres bakgrunn, opplevelser, ferdigheter og undervisning. Dersom disse oppfatninger ikke er konsistente med de vitenskapelige aksepterte ideene, kan det påvirke videre læring. I litteraturen får slike oppfatninger flere benevnelser, som for eksempel misoppfatninger, alternative forestillinger, naiv tro, feilaktige ideer og misforståelser (Barke et al., 2009, s. 3). I denne oppgaven velger jeg å bruke alternative forestillinger, som kan innebærer både misoppfatninger og hverdagsforestillinger.

Misoppfatninger er noe som kan dannes gjennom undervisningen på skolen, og som lar seg endre ved at elever bygger ut eller erstatter den utilstrekkelige kunnskapen. En typisk misoppfatning er at natriumklorid (NaCl) er et molekyl, og ikke et salt. Elevene kan tro at natriumklorid består av ett natriumatom og ett kloratom, som resulterer i at de ikke får innføring i ionegitter. I motsetning til misoppfatninger, betraktes hverdagsforestillingene som mer permanente. De kan dannes før elevene får formell undervisning i faget. Eksempler på hverdagsforestillinger er at alle kjemiske stoffer oppfattes som farlige eller at stoffer «brenner opp» i en forbrenningsreaksjon (Barke et al., 2009, s. 22-25; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 60-61).

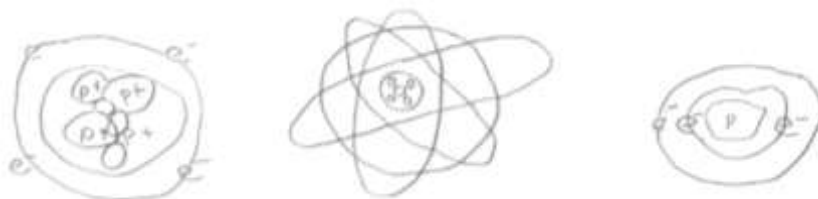
3.8 utfordringer med kjemibegreper

Dette kapittelet trekker frem utfordringer knyttet til kjemibegreper som atomer, molekyler og åtteregelen. Tidligere forskning om åtteregelen belyser noen av grunnene til at denne er mye omdiskutert.

3.8.1 Atomer og molekyler

Adbo og Taber (2009) har gjennomført en kvalitativ studie av 18 svenske naturfagelever i 16-19 års alderen fra to ulike skoler, hvor et av målene var å undersøke elevenes mentale modeller av atomet. Det vil si hvordan elevene bruker sin individuelt bearbejdede kunnskap til å tegne et atom. Alle elevene tegnet en overdrevet atomkjerne i forhold til størrelsen på hele atomet, og kun en elev nevnte at størrelsesforholdet mellom kjernen og hele atomet ikke var proporsjonalt med virkeligheten. Elevene tegnet atomkjernen bestående av protoner og

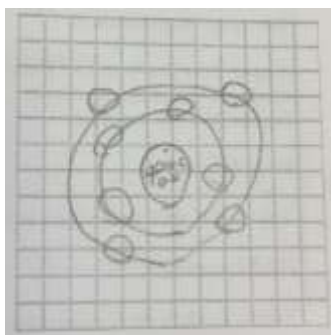
nøytroner, men formen på atomkjernen varierte. Et flertall av elevene mente at atomkjernen var ubevegelig, og at det kun er elektronene som beveger seg rundt kjernen. Flere nevnte også at det var likt antall protoner og elektroner for å holde atomet i balanse, og at nøytronene stabiliserer atomet. Halvparten av elevene hevdet at elektronene kun beveget seg i skallene, mens resten ga uttrykk for at elektronene kunne bevege seg mellom skallene ved tilførsel av energi. Adbo og Taber (2009) har trukket frem tre eksempler på elevenes tegninger. Disse vises i Figur 6.



Figur 6: Eksempler på elevenes tegninger av et atom (Abdo & Taber, 2009, s. 769).

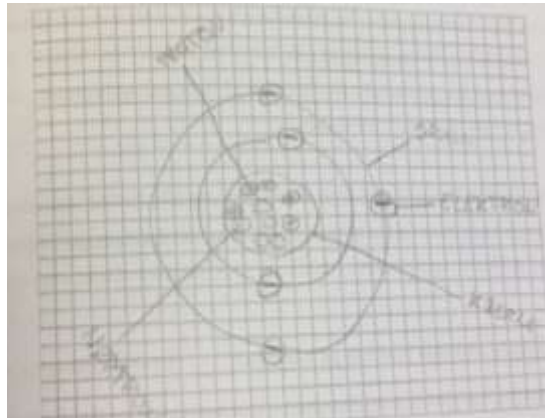
I skallmodellene til venstre og høyre i Figur 6 har elevene tegnet atomet i et todimensjonalt planetlignende system. Tegningen i midten illustrerer atomet i et tredimensjonalt planetlignende system, slik som planetmodellen i Tabell 5. Formen på atomkjernene varierer fra en klump-aktig form til en mer sirkulær form. Adbo og Taber (2009) sier at elevenes atommodeller tilsvarer hvordan atomet er fremstilt i lærebøkene som brukes i den svenske skolen.

Også i masterstudien til Eide (2017, s. 41) har elever tegnet et atom. I Figur 7 og 8 vises tegningene til to av elleve forskningsdeltakere, som i hennes tilfelle var naturfagelever på 9. trinn på en ungdomsskole i Norge.



Figur 7: En elevs tegning av et atom (Eide, 2017, s. 41).

I Figur 7 har eleven tegnet skallmodellen til et atom uten å ta hensyn til «reglene» for hvordan elektronene plasseres i elektronskallene. Ved hjelp av kategoriene liten, passiv og aktiv kontroll, tolket Eide (2017, s. 41) at denne eleven hadde liten kontroll på begreper som atomer og atommodeller. En annen elev, som ifølge Eide (2017, s. 49) hadde aktiv kontroll knyttet til atomer og atommodeller, tegnet atomet som vist i Figur 8.



Figur 8: En elevs tegning av et atom (Eide, 2017, s. 49).

I Figur 8 har eleven tegnet skallmodellen til grunnstoffet bor ved hjelp av periodesystemet. I tegningen er det med fem protoner og nøytroner i kjernen, og fem elektroner totalt i skallene rundt. To elektroner er plassert i det innerste skallet, mens tre elektroner er i det ytterste skallet (Eide, 2017, s. 49).

Selv om Eide (2017, s. 84) i hovedsak har studert elevenes forståelse for atomer og atommodeller, har hun også undersøkt hvordan elevene beskriver to atomer som reagerer. Et funn var at elevene forsto at atomer går sammen for å «dele» på elektroner, men dette ble ikke satt i sammenheng med molekyl dannelse. Grunnen til at molekyler ikke virker relevant for elevene, mener Eide (2017, s. 84) kan skyldes at intervju spørsmålene kun omhandlet atomer. I min undersøkelse spørres det konkret om molekyler.

Taber og Coll (2002, s. 219) hevder at elever i 16-18 års alderen ofte kobler atomer og molekyler sammen med åtteregelen. Denne regelen er mye omdiskutert, noe som vil belyses i nedenfor.

3.8.2 Åtteregelen

Ved bruk av Black (1962) sitt klassifiseringssystem av modeller (Tabell 6), anser Ringnes og Hannisdal (2014, s. 167) åtteregelen som en teoretisk modell. Nedenfor vil åtteregelen først presenteres slik den blir uttrykt i *Eureka!* og *Tellus*. Deretter vil utfordringer knyttet til åtteregelen belyses.

3.8.2.1 Åtteregelen i lærebøker

Åtteregelen gjelder nesten alle atomer og molekyler som brukes i undervisningen på ungdomsskolen. Unntaket gjelder for hydrogen - og heliumatomer siden de har fullt ytterskall av to elektroner. I følge lærebøkene *Eureka!* og *Tellus* sier åtteregelen at: «Atomer vil forsøke – om mulig – å få åtte elektroner i det ytterste elektronskallet» (Hannisdal et al., 2007, s. 15), og at «atomer med åtte elektroner i det ytterste skallet er særlig stabile» (Ekeland et al., 2007, s. 16). Regelen beskrives gjerne i sammenheng med hvordan oppfylling av elektroner foregår: «Elektronskallet nærmest kjernen fylles først og kan bare inneholde *to* elektroner. Elektronskall nummer to fra kjernen kan ha *åtte* elektroner. Det er aldri mer enn åtte elektroner i det ytterste skallet til et atom» (Hannisdal et al., 2007, s. 15). I det følgende vil jeg belyse at flere er kritiske til slike lærebokutdrag som er nevnt over.

3.8.2.2 Utfordringer med åtteregelen

Selv om åtteregelen kan være enkel for lærere å visualisere og bruke, har det blitt hevdet at den kan hindre videre læring i undervisning om kjemiske bindinger (Taber & Coll, 2002, s. 214-215). Når elever kommer opp på et høyere nivå enn grunnskolen og videregående skole møter de flere atomer og molekyler som ikke passer inn i regelen. Dette kan for eksempel gjelde svovelheksafluorid (SF₆) som har en utvidet oktett. De seks bindingene til sentralatomet svovel fører ikke til åtte elektroner i ytterste skall, men tolv elektroner. En slik unntaksregel fra åtteregelen kan føre til forvirring hos elever (Nahum et al., 2010; Taber & Coll, 2002, s- 213-220).

Ifølge Taber (2009) benytter mange elever på ungdomsskolen og videregående skole seg av åtteregelen når de blir spurt om kjemisk stabilitet og reaktivitet på mikronivå. En spørreundersøkelse med svaralternativer (rett/galt) ble gitt til *A-levels* studenter i 16-19 års alderen i England, som hadde valgt å studere kjemi videre på universitetet. På spørsmål om ioniseringsenergi sa 91 av 110 seg enig i utsagnet om at natriumatomer vil bli mer stabile hvis det mister et elektron eller får syv elektroner. For eksempel forekommer Na⁺ i stedet for Na²⁺ siden dette ionet har fullt ytterskall. Selv om åtteregelen ofte brukes til å forklare kjemisk stabilitet, hevder Taber (2009) at den har et begrenset anvendelsesområde, spesielt på

videregående- og universitetsnivå. Han påpeker at det er viktig for elever å vite at åtteregelen er en heuristisk regel, altså at den er pragmatisk og ikke er generelt gyldig. Regelen hjelper for eksempel ikke til å anta hvilke kjemiske stoffer som er stabile og hvilke som reagerer, noe han viser med et par eksempler. Metanmolekylet, CH_4 , følger kriteriene for åtteregelen og stabilitet, men det «beskytter» ikke metan fra å reagere med oksygen. Et annet eksempel som viser åtteregelens begrensning er reaksjonen mellom hydrogengass (H_2) og klorgass (Cl_2) som danner to molekyler av hydrogenklorid (HCl). Alle disse «stabile» molekylene oppfyller åtteregelen, men regelen forklarer ikke hvorfor hydrogenmolekylet og kloridmolekylet reagerer og danner hydrogenklorid.

Åtteregelen blir ikke bare brukt som begrunnelse for stabilitet og reaktivitet. Taber og Coll (2002, s. 215-217) og Eggen et al. (2015) hevder at elever ofte forklarer dannelse av kjemiske bindinger ut fra prinsippet om fulle ytterskall. For mange elever er et delt elektronpar noe som holder atomene sammen *fordi* det gir dem oktetter av elektroner. Dette er upassende forklaring på hvorfor kjemiske reaksjoner skjer, fordi åtteregelen ikke kan brukes til å forklare alle sider ved dannelse av kjemiske bindinger. For eksempel spiller også energi og elektriske tiltrekningskrefter inn.

3.8.2.3 Antropomorft språk

Abstrakte kjemibegreper og små, usynlige partikler kan være spesielt utfordrende for elevene å forstå, men også å undervise for lærere. Noen elever kan oppleve kjemien som mer fornuftig ved å bruke antropomorfe forklaringer, dvs. å menneskelig-gjøre atomene. Da sier man gjerne at atomer *ønsker* eller *vil* ha elektroner, og at de er *fornøyde* når de har fulle ytterskall av elektroner (Dhindsa & Treagust, 2014; Nahum et al., 2010). Slike forklaringer brukte også elevene i Eide (2017, s. 64) sin studie, hvor atomer med fulle ytterskall ble omtalt som mer *rolige*.

Ved å bruke sosiale metaforer kan elever forankre ny læring til etablert kunnskap. I tillegg kan konseptualisering av molekylære interaksjoner være nyttig i starten av læringsprosessen om abstrakt kjemi, men i det lange løp ønsker man ikke at elever tenker på molekylære interaksjoner på samme måte som sosiale interaksjoner. Dersom læreren bruker et antropomorft språk burde han eller hun følge opp med en gjentakelse hvor det brukes mer vitenskapelige begreper (Taber & Coll, 2002, s. 216-217, 230).

4 Metodiske tilnærminger

I dette kapittelet vil jeg beskrive de metodiske tilnærmingene jeg har brukt for å kunne besvare problemstillingen som omhandler hvilken forståelse naturfagelever på Vg1 har for begrepene atom, molekyl og åtteregelen. Jeg vil begynne med å beskrive forskningsparadigmet og forskningsdesignet for studien. Deretter begrunnes valgene som er tatt med tanke på gjennomføringen av datainnsamlingen. Til slutt vil jeg beskrive analysemetoden jeg har brukt, samt diskutere etiske betraktninger og forskningens kvalitet i studien.

4.1 Forskningsparadigme

Kvantitative og kvalitative undersøkelser har tradisjonelt blitt betraktet som forskjellige forskningsparadigmer. Fra et historisk perspektiv har det kvantitative forskningsparadigmet blitt koblet opp mot positivisme. Kort oppsummert handler det om at objektiv kunnskap (fakta) kan oppstå fra direkte opplevelser eller observasjoner (Robson & McCartan, 2016, s. 18-26). Det kvalitative paradigmet derimot, baseres på sosial konstruktivisme. Det bygger på et syn om at sosiale egenskaper oppstår gjennom interaksjoner med mennesker, og at det man undersøker i forskningen er et resultat av relasjoner mellom forsker og forskningsdeltakere (Robson & McCartan, 2016, s. 24; Thagaard, 2013, s. 45). Dette paradigmet kan også sies å ha en fortolkende (naturalistisk) og hermeneutisk tilnærming til sosialvitenskapen. Det bygger på perspektivet om at det ikke finnes en egentlig sannhet, men at fenomener må tolkes i lys av den sammenhengen det er en del av (Robson & McCartan, 2016, s. 18-24; Thagaard, 2013, s. 41).

Ifølge Torstein Husèn (1988) er det to hovedtradisjoner for forskningsmetodologi i utdanning - den naturvitenskapelige og humanistiske tradisjonen. Den naturvitenskapelige tradisjonen, tilsvarende det kvantitative paradigmet, er modellert på naturvitenskapene hvor empiriske, kvantifiserbare observasjoner og statistisk analyse er vektlagt. Da forskes det på regelmessigheter, og man ser på kausale forhold og sammenheng mellom variabler. Innenfor denne tradisjonen er målet å *forklare*. Siden min studie heller har som mål å *forstå*, samt innhente utdypende og helhetlig informasjon, går den under det Husèn (1988) beskriver som den humanistiske tradisjonen, som tilsvarer det kvalitative paradigmet.

Ettersom min problemstilling handler om seks elevers forståelse for utvalgte begreper i kjemi, ble det ansett som mest hensiktsmessig å benytte kvalitativ metode. Den søker å gå i dybden og gir mye informasjon om få enheter. Dette står i motsetning til kvantitative metoder som vektlegger utbredelse og antall (Thagaard, 2013, s. 17). Siden jeg tok utgangspunkt i et lite

utvalg elever, ønsket jeg å få dyp innsikt i deres forståelse, tanker og refleksjoner innenfor kjemidelen av naturfag. Det er nettopp de sosiale fenomenene man ønsker å studere i kvalitative metoder, og det kan gjøres ved intervju med deltakere, observasjon, spørreskjema, tekstanalyse eller visuelle uttrykksformer (Thagaard, 2013, s. 17).

4.2 Forskningsdesign

I følge Robson og McCartan (2016, s. 71) handler forskningsdesign om å omgjøre forskningsspørsmål til prosjekter. Forskningsdesign kan også beskrives som en plan eller skisse for hvordan man tenker å utføre undersøkelsen (Thagaard, 2013, s. 54). Designet man velger å bruke for å utføre forskningen avhenger av formålet med studien og forskningsspørsmålet man ønsker å besvare (Robson & McCartan, 2016, s. 72; Thagaard, 2013, s. 55).

Denne studien har trekk av å være en kasusstudie som kjennetegnes av at man søker detaljert kunnskap rundt en enkel kasus eller et få antall relaterte kasuser. Kasusen i kasusstudie kan være alt fra en situasjon, person, gruppe, organisasjon eller til noe annet som er av interesse (Robson & McCartan, 2016, s. 80, 150). I dette tilfellet er kasusen de seks elevenes refleksjoner og tanker rundt grunnleggende kjemi i naturfag.

Karakteristisk for en kasusstudie er også at den foregår i nåtiden, den er avgrenset i tid og sted, og forskeren har liten innvirkning på hendelsene det forskes på (Yin, 2009, s. 8-13). Elevene i mitt utvalg ble hentet ut fra klasserommet, og de måtte operasjonalisere kunnskapen på et bestemt tidspunkt. Jeg undersøkte derfor deres forståelse i nuet. Som forsker hadde jeg liten kontroll på hendelsene jeg forsket på. Jeg gjennomførte for eksempel ikke et undervisningsopplegg om grunnleggende kjemi før intervjuet som kunne ha påvirket resultatene. Likevel er ikke studien en ren kasusstudie fordi den har noen begrensninger. Studien tilfredsstiller for eksempel ikke kravet om bruk av flere datakilder, noe kasusstudier ofte gjør (Robson & McCartan, 2016, s. 150; Yin, 2009, s. 18).

4.3 Kvalitative intervju

Intervju som datainnsamlingsmetode er egnet til å bruke innenfor det kvalitative forskningsparadigmet. Som forsker stiller man spørsmål som forhåpentligvis skal gi utdypende svar fra forskningsdeltakerne man intervjuer. Intervju gir også forskningsdeltakerne muligheten til å utfolde seg og fortelle om egne erfaringer og tanker (Thagaard, 2013, s. 95). I denne studien har jeg valgt å bruke fokusgruppe som datakilde. Valgene som er tatt i forbindelse med datainnsamlingen begrunnes nedenfor.

4.3.1 Fokusgruppeintervju som datakilde

Med tanke på problemstillingens karakter ble det ansett som mest hensiktsmessig å benytte seg av to fokusgruppeintervju som datakilde. Kitzinger (1995) beskriver fokusgruppeintervju som en form for gruppeintervju hvor det legges opp til kommunikasjon mellom deltakerne for å samle inn datamateriale. Det er en nyttig datakilde å bruke om man skal utforske kunnskap og opplevelser hos personer, men også undersøke hvordan de tenker og hvorfor de tenker på den måten.

Det er flere grunner til at jeg valgte å bruke fokusgruppeintervju fremfor individuelle intervju. For det første ønsket jeg en samtale hvor forskningsdeltakerne kunne stimuleres av hverandres utsagn, slik at det kunne by på rike svar og ulike synspunkter på temaet. At diskusjoner i fokusgruppa kan bidra til å utdype temaene som er relevante for studien, støttes av blant annet Thagaard (2013, s. 99). Selv om gruppediskusjoner kan bli sett på som en styrke ved fokusgruppeintervju, kan diskusjonene være en utfordring om noen forskningsdeltakere er veldig dominerende eller passive. Det kan også være en tendens til at personer med avvikende synspunkter vegrer seg for å presentere dem i gruppe (Thagaard, 2013, s. 99). Med bakgrunn i dette prøvde jeg å få alle til å delta i samtalen, og var tydelig på at jeg ikke var ute etter å teste deres kunnskap, men heller å få innsikt i deres forståelse. En annen fordel ved fokusgruppeintervju er at datainnsamlingen foregår effektivt (Kitzinger, 1995; Robson & McCartan, 2016, s. 299). Jeg fikk dermed samlet inn store mengder data på kort tid, fra flere personer samtidig.

Personen som leder fokusgruppa kan kalles for en moderator (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 162; Robson & McCartan, 2016, s. 301). Den skal sørge for å fremme ulike synspunkter og holdninger om temaet gruppen skal snakke om, men også sørge for fremdrift i intervjuet. Samtidig kan det det være utfordrende å være moderator hvis det for eksempel oppstår konflikter mellom forskningsdeltakerne eller man mister kontrollen over intervjuforløpet (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 162). Som moderator prøvde jeg å skape en åpen, avslappet og trygg atmosfære. Til tider var jeg litt «flue på veggen», men jeg kom også med innspill og spørsmål da jeg ønsket oppklaring eller andres synspunkter på noe. Jeg prøvde å spille ballen mellom elevene, fremfor at de kun henvendte seg til meg. Dette gjorde jeg for å prøve å skape en gruppedynamikk mellom elevene.

4.3.2 Gjennomføring av fokusgruppeintervjuene

Datainnsamlingen skal gjerne foregå i naturlige og trygge omgivelser (Robson & McCartan, 2016, s. 20), og den fant derfor sted på et grupperom på elevenes skole. Fokusgruppeintervjuene ble gjennomført i februar 2018. Hvert intervju tok omtrent en time, og det ble benyttet lydopptaker for å få dokumentert datamaterialet best mulig.

4.3.3 Utvalg

Etter anbefaling fra veileder ble det opprettet kontakt over e-post til lærere jeg allerede hadde kjennskap til. På en videregående skole i en by i Midt-Norge fikk jeg tillatelse av både læreren og rektoren til å gjennomføre datainnsamlingen. Skolen er stor og tilbyr flere utdanningsprogrammer. Den utvalgte naturfagklassen er en av fire naturfagsklasser på studiespesialiserende linje på Vg1, og består av 30 elever.

Som regel består fokusgruppen av rundt seks til tolv personer (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 162; Robson & McCartan, 2016, s. 300), men på grunn av studiens omfang og lengden på intervjuene ble dette redusert til tre. Totalt ble seks forskningsdeltakere plukket ut. De ble fordelt på to fokusgrupper med tre i hver gruppe.

Utvalget av forskningsdeltakerne ble gjort selektivt og strategisk i samråd med læreren. Et strategisk utvalg «... vil si at vi velger deltakere som har egenskaper eller kvalifikasjoner som er strategiske i forhold til problemstillingen og undersøkelsens teoretiske perspektiv» (Thagaard, 2013, s. 60). Utvalget ble gjort etter følgende kriterier:

- Evne til muntlig deltakelse
- Kjønnfordeling
- Karakter i naturfag etter 1. semester på Vg1

Siden fokusgruppeintervju kjennetegnes av kommunikasjon mellom forskningsdeltakerne hadde jeg et kriterium om at elevene skulle være muntlig aktive. Kravet om kjønnfordeling skyldtes et håp om at elevene kunne inspirere hverandre, og kanskje ha ulike oppfatninger og tanker rundt temaene som ble tatt opp. På grunn av sykdom og at mange flere jenter enn gutter hadde samtykket til å delta i studien, var det vanskelig å få til en jevn blanding av gutter og jenter. Av de 14 elevene som hadde samtykket til å delta ble en gutt og fem jenter valgt ut. Elevene ble gitt pseudonavnene Nils, Julie, Lise, Frida, Una og Berit.

Disse seks naturfagelevne ble delt i to fokusgrupper, hvor den ene gruppa var høytpresterende sammenliknet med den andre. Fokusgruppeintervju 1 besto av Nils, Julie og Lise hvor alle lå på karakterene tre eller fire i naturfag etter 1. semester på Vg1. Den andre fokusgruppa besto

av Frida, Una og Berit. Disse fikk karakter fem eller seks. Jeg kunne også tatt utgangspunkt i karakterene i naturfag fra ungdomsskolen, men siden de kan ha utviklet seg i naturfag på et halvt år ønsket jeg å dele de inn etter nåværende faglig nivå.

Grunnen til at elevene ble delt inn etter karakter i faget var for å sette sammen mer homogene grupper. Elevene i samme gruppe hadde dermed kanskje et mer likt utgangspunkt før intervjuet. I følge Robson og McCartan (2016, s. 301) kan heterogene grupper føre til en maktbalanse ved at dominerende deltakere ødelegger gruppedynamikken. Jeg anså det derfor som mer hensiktsmessig å dele de opp etter karakterer slik at de elevene som var mer lavtpresterende i faget kunne unngå å føle at de ble overkjørt eller ikke turte å snakke. Hovedpoenget med nivåinndelingen er ikke å finne likheter eller forskjeller mellom fokusgruppene. Det ble heller gjort med hensyn til forskningsdeltakernes opplevelse av intervjuet.

4.3.4 Intervjuguide

I denne studien valgte jeg å benytte et semistrukturert intervju som er en mellomvei mellom strukturert og ustrukturert intervju (Robson og McCartan, 2015, s. 290-291). Intervjuguiden (Vedlegg A.1) besto av en liste med ulike tema, men rekkefølgen på temaene var veldig fleksibel og ikke bestemt på forhånd. Hvert tema ble introdusert med et hovedspørsmål og flere oppfølgingsspørsmål ved ønske om mer detaljert informasjon (Thagaard, 2013, s. 101). Det ble valgt å benytte åpne spørsmål fordi jeg ønsket å gå i dybden på deres forståelse. På en annen side kan det å stille åpne spørsmål gi flere utfordringer med å tolke svarene enn om man har veldig lukkede spørsmål med gitte alternativer (Robson & McCartan, 2016, s. 289).

Før fokusgruppeintervjuene testet jeg intervjuguiden på en person som ikke hadde hatt kjemi siden naturfag på Vg1. Dette gjorde jeg for å sjekke om spørsmålene var tilpasset elevenes nivå og at de ikke var for ledende.

Underveis i fokusgruppeintervjuene delte jeg ut forskjellig materiale til forskningsdeltakerne. Dette var atommodeller av natrium og svovelheksafluorid (Vedlegg A.2 og A.3), periodesystemet (Vedlegg A.4) og blanke ark som de skulle å tegne på. Jeg delte ut disse verktøyene i intervjuet i håp om at de kunne gi mer dyptgående innsikt i elevenes forståelse for kjemibegrepene atom, molekyl og åtteregelen.

Grunnen til at jeg valgte skallmodellen til natriumatomet var fordi jeg tenkte at elevene kanskje kjente til dette grunnstoffet fra før av. Natrium og natriumklorid blir brukt som eksempler i lærebøkene *Eureka!* og *Tellus*, og er også vanlig å omtale i forbindelse med saltbroer og galvanisk element som elevene hadde fått undervisning i rett før intervjuene. Skallmodellen av

svovelheksafluorid (SF₆) antok jeg at elevene ikke kjente til fra før av. Den var ment for at elevene skulle få muligheten til å finne bristepunkter på hvor åtteregelen ikke kan anvendes. Grunnen til at jeg delte ut skallmodellen til SF₆, og ikke ba dem tegne den, var for å ikke gi elevene for store utfordringer. Periodesystemet ble delt ut fordi det er et verktøy elevene må bruke aktivt for å vise forståelse for atomer, molekyler og åtteregelen. Det står også i læreplanen til naturfag etter 10. årstrinn at elevene skal kunne vurdere egenskapene til grunnstoffer og kjemiske forbindelser ved hjelp av periodesystemet (Utdanningsdirektoratet, 2013).

4.4 Tematisk analyse

Både Postholm (2005, s. 86) og Robson og McCartan (2016, s. 466) mener at analyseprosessen starter før datainnsamlingen har begynt fordi man allerede da gjør antakelser basert på hvem skal intervjues. Analyseprosessen pågår derfor gjennom hele forskningsarbeidet, og ikke i en bestemt tidsperiode. Likevel hevder Postholm (2005, s. 86) at man kan sette et skille mellom analyser som foregår underveis i forskningsarbeidet og analyser som blir gjort av det innsamlede datamaterialet. Dette kapittelet dreier seg om analysen av datamaterialet som ble samlet inn fra fokusgruppeintervjuene.

Det finnes ulike typer av kvalitativ analyse, men metoden jeg har brukt for å analysere datamaterialet bærer preg av det Robson og McCartan (2016, s. 467-476) kaller tematisk analyse. I denne analysemetoden utarbeider man koder fra datamaterialet, det vil si at tekstutdrag som eksemplifiserer det samme blir tildelt samme etikett (kode). Etter koding av datamaterialet kan tilhørende koder samles under samme tema. Det vokser dermed frem ulike tema som kan illustreres i et flytskjema. Tematisk analyse tilsvarer det Postholm (2005, s. 91) omtaler som deskriptiv analyse hvor datamaterialet struktureres i koder og kategorier for å gjøre det med forståelig og oversiktlig. I det følgende vil jeg beskrive hvordan datamaterialet i denne studien har blitt analysert tematisk.

4.4.1.1 Transkripsjon av lydfiler

I den første fasen av tematisk analyse handler det om å bli kjent med datamaterialet sitt (Robson & McCartan, 2015, s. 469). Da transkriberte jeg lydopptakene fra fokusgruppeintervjuene til tekstformat. Elevenes dialekt ble oversatt til bokmål. Transkripsjonen ble gjennomført på et rom alene for at uvedkommende ikke skulle kjenne igjen navn og stemmer. Jeg valgte å transkribere alle ytringene for å kunne se en helhet i datamaterialet. Alle nølinger og pauser ble transkribert for å få inntrykk av elevenes usikkerhet om grunnleggende kjemi. I transkripsjonsprosessen ble det brukt koder for at

transkripsjonsutdragene skulle bli fortettet. Transkripsjonskodene med tilhørende forklaring vises i tabell 7.

Tabell 7: Forklaring av transkripsjonskoder.

Transkripsjonskode	Forklaring
...	Pause opp til 3 sekunder
..	Liten nøling/pause
-	Avbrytelse
(Tekst i parentes)	Ikke-verbal handling. Eks. latter = (ler), observasjon = (peker på en det ytterste elektronskallet).
<i>Kursiv</i>	Trykk på ord
[...]	Utelater irrelevante deler av en ytring
[tekst]	Tilføyer noe i et sitat slik at det gir mening. Eks. Det [naturfag] er gøy.

Etter transkripsjonen ble lydfilene slettet fra minnepinnen og lydopptakeren. Transkripsjonsteksten ble lest gjennom flere ganger for å bli bedre kjent med datamaterialet. Ytringer som var av interesse for forskningsspørsmålet ble markert, og notater med ideer og tanker som kunne brukes videre i analysearbeidet ble skrevet ned.

4.4.1.2 Underkategorier blir til kategorier

Neste fase i tematisk analyse består av å utvikle koder og temaer som skal gi svar på forskningsspørsmålet (Robson & McCartan, 2015, s. 469). Jeg startet med å plassere merkelapper i ulike farger på høyre siden av transkripsjonsteksten for å lettere kunne se hva som gjentok seg. Utsagn som handlet om åtteregelen fikk for eksempel en gul merkelapp med stikkord på. Deretter ble det laget en oversikt over alle merkelappene med tilhørende tall på ytringene. Etter hvert vokste det frem ulike koder som jeg har valgt å kalle for underkategorier. Underkategoriene som omhandlet det samme ble gruppert i en kategori. Etter mye bearbeiding satt jeg igjen med 7 kategorier og 17 underkategorier. Disse ble til slutt plassert under tre overordnede tema: atommodeller, molekyler og molekyldannelse, og åtteregelen. Robson og McCartan (2015, s. 471) mener at kodingsprosessen er avhengig av om temaene er empiristyrte eller teoristyrte. I denne studien er både temaene, kategoriene og underkategoriene drevet frem av empirien fra datamaterialet. En oversikt over disse er illustrert i flytskjemaet i Figur 9.

Atommodeller

- 1) Atommodeller viser atomets oppbygning
 - *Et atom består av en atomkjerne med elektroner rundt*
 - *Atomet kan illustreres tredimensjonalt*

- 2) Elevenes forståelse for atomet som en modell
 - *Atommodeller gjør at man klarer å «se» atomer*
 - *Elektronskallene finnes egentlig ikke*

- 3) Periodesystemet brukes til å finne sammenhengen mellom grunnstoff og dets skallmodell
 - *Periodesystemet brukes til å finne antall protoner i atomet*
 - *Periodesystemet må være feil*

Molekyler og molekyldannelse

- 4) Vanskeligheter med å forstå molekylbegrepet
 - *Et molekyl er et atom*
 - *Molekyler er små elektroner som svever rundt*

- 5) Sammensetning av atomer til molekyler
 - *Vannmolekylet er et molekyl fordi det består av flere atomer*
 - *Atomer binder seg sammen ved å dele på elektroner*

Åtteregelen

- 6) Elevenes forståelse av åtteregelen
 - *Et atom som består av åtte ytterelektroner følger åtteregelen*
 - *Åtteregelen gjelder de første 20 grunnstoffene*
 - *Åtteregelen er uforståelig og skaper forvirring*
 - *Åtteregelen er nyttig å bruke*
 - *Elevene bruker et antropomorft språk for å forstå åtteregelen*

- 7) Elevenes antakelser basert på åtteregelen
 - *Atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen slik at de blir edle og stabile*
 - *Forveksling mellom edelgass og edelgasskonfigurasjon*

Figur 9: Flytskjema over tre tema (atommodeller, molekyler og molekyldannelse, og åtteregelen) med underordnede kategorier (vanlig skrift) og underkategorier (kursiv skrift).

4.5 Etiske betraktninger

Det er flere etiske retningslinjer å følge når man skal gjennomføre intervjuundersøkelser. I denne studien ble det benyttet en lydopptaker i fokusgruppeintervjuene og prosjektet ble derfor vurdert som meldepliktig. Prosjektet er godkjent av NSD (Norsk senter for forskningsdata) med prosjektnummer 56890 (Vedlegg B).

Av etiske hensyn var jeg innom klassen og informerte skriftlig og muntlig om prosjektet. Jeg delte ut et informert samtykkeskriv (Vedlegg C) til elevene. Det beskriver forskningens formål, at det er frivillig å delta, at de kan trekke seg når som helst, det blir gjort lydopptak for å få så godt dokumenterte data som mulig, dataene som samles inn forbli anonyme og slettes etter at prosjektet er avsluttet. Siden deltakerne i forskningsprosjektet var over 15 år, og at det ikke skulle samles inn sensitiv informasjon, kunne elevene som ønsket å delta signere samtykkeskrivet selv (NESH, 2016, s. 20). Jeg annonserte for klassen at det ville bli en liten ting til de elevene som fikk delta i intervjuene, men jeg oppfattet ikke at dette påvirket deltakelsen.

Før lydopptaket begynte ble elevene minnet på retningslinjene for etikk og personvern. De ble også bedt om å si navnet sitt før de kom med et utsagn. Det ble dermed lettere å transkribere lydopptakene riktig. Etter gjennomføringen fikk elevene og læreren et flakslodd hver som takk for innsatsen.

For å ivareta lydfilene på en forskningsetisk måte, ble lydfilene fra lydopptakeren lagt over på en minnepinne, koblet til en PC. Dette ble gjort uten internett-tilgang for å unngå eventuell spredning. Kodingsnøkkelen med elevenes pseudonavn og ekte navn ble oppbevart separat fra datamaskinen og lydopptakeren for å unngå at uvedkommende kunne koble disse sammen (NESH, 2016, s. 18).

4.6 Forskningens kvalitet

De tradisjonelle kriteriene for kvalitet i forskning er validitet og reliabilitet (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 246-251; Robson & McCartan, 2016, s. 169; Thagaard, 2013, s. 193). Validitet handler om forskningens gyldighet, mens reliabilitet handler om forskningens pålitelighet (Thagaard, 2013, s. 193-194). Noen kvalitative forskere foretrekker derimot andre begreper. Guba (1981) bruker for eksempel fire kriterier for troverdighet i forskning: *kredibilitet*, *overførbarhet*, *avhengighet* og *bekreftbarhet*. Innenfor det naturalistiske paradigmet og kvalitativ forskning vil disse kriteriene erstatte validitet og reliabilitet, noe som vises i Tabell 8 (Guba, 1981; Lincoln & Guba, 1985, s. 219).

Tabell 8: Begreper som brukes for å vurdere troverdigheten i forskning sett i lys av den vitenskapelige og naturalistiske tilnærmingen (Guba, 1981, s. 80).

Vitenskapelige, tradisjonelle begreper	Naturalistiske begreper
Intern validitet	Kredibilitet
Ekstern validitet	Overførbarhet
Reliabilitet	Avhengighet
Objektivitet	Bereftbarhet

Kredibilitet, tilsvarende intern validitet i kvantitativ forskning, er et kriterium om at det innsamlede datamateriale skal svare på forskningsspørsmålet. Det vil si at forskningen skal fremstå tillitvekkende og sannsynlig. Med andre ord kan kredibilitet og validitet beskrives slik: «To ensure validity, a research instrument must measure what it was intended to measure» (Gray, 2013, s. 150). I sitatet kommer det frem at forskningsinstrumentene, dvs. datainnsamlingsmetoden, må være egnet for å undersøke det som var tiltenkt i studien. Det er kanskje et innlysende poeng, men det viser seg at mange forskere stiller forfalskende spørsmålet i forsøk på å samle inn så mye datamaterialet som mulig (Gray, 2013, s. 150).

I denne studien har jeg oppfylt noen av punktene som Guba (1981) mener styrker kredibilitet i forskningen. Ved å ta utgangspunkt i problemstillingen og forskningslitteratur i utarbeidelsen av intervjuguiden, har det bidratt til å skape sammenheng mellom problemstillingen, teorigrunnet og datamaterialet. For å få respons og uttalelser fra andre har jeg vist frem transkripsjonsutdrag og diskutert mine synspunkter og tolkninger med både medstudenter og veileder. For å få økt kredibiliteten kunne jeg gjennomført *member checking*, altså at transkripsjonen vises til forskningsdeltakerne slik at de får se gjennom og uttale seg om denne etter intervjuene. Datatriangulering, hvor man bruker mer enn en datainnsamlingsmetode, kunne også vært benyttet for å få mer kredibilitet i forskningen. Grunnen til at det ikke ble brukt flere datainnsamlingsmetoder, som for eksempel spørreskjema og observasjon, er fordi jeg opplevde at én datakilde var egnet med tanke på studiens omfang og forskningsspørsmålets karakter.

Det andre kriteriet til Guba (1981) er *overførbarhet*, noe som tilsvarer ekstern validitet og generalisering i kvantitativ forskning. Overførbarhet handler om at resultatene fra forskningen kan anvendes på andre situasjoner. To faktorer som er avgjørende for å oppfylle dette kriteriet er analytisk generalisering og beskrivelse av konteksten. Innenfor det naturalistiske paradigmet kan begrepet generalisering erstattes med det Firestone (1993) kaller analytisk

generaliserbarhet. Da bruker man teori til å generalisere de få enkelttilfellene for å si noe om det fenomenet som studeres. I denne studien har jeg blant annet brukt analytiske verktøy (ulike grader av begrepskontroll og ulike nivåer av modellforståelse) og teoretiske begreper til å si noe om den grunnleggende kjemiforståelse hos elevene i denne studien. For å kunne overføre mine funn til andre situasjoner har jeg også beskrevet konteksten (klassens og elevenes faglige nivå, forkunnskaper, lærebøker osv.) rundt datainnsamlingen i kapittel 5.1. Detaljer om konteksten er avgjørende for at andre interesserte kan bruke mine funn videre.

Avhengighet, tilsvarende reliabilitet i kvantitativ forskning, betyr at andre forskere hadde fått de samme funnene med det samme datamaterialet (Guba, 1981). Min oppfatning er at det ville vært vanskelig for andre forskere å komme frem til nøyaktig de samme funnene. Kvalitative undersøkelser med intervju som datakilde krever tolkning, og det er nesten umulig at ikke dataanalysen farges av forskerens egne perspektiver og erfaringer (Thagaard, s. 193). Jeg prøvde likevel å møte datamaterialet med åpent sinn og uten fordommer, og diskuterte flere av mine funn med andre for å få bekreftelse på at vi tolket disse likt. For at andre forskere skulle kommet frem til lignende funn måtte de hatt innsyn i hvordan jeg har arbeidet med å strukturere og redusere resultatene. Tilgang til mine refleksjonsnotater burde også vært tilgjengelig for å få innsyn i de valgene jeg har tatt i masterarbeidet.

Kriteriet om *bekreftbarhet*, som tilsvarer objektivitet i kvantitativ forskning, oppfylles dersom funnene blir gjentatt i en tilsvarende kontekst med tilsvarende deltakere (Guba, 1981). Etersom utvalget i denne studien representerer både høytpresterende og lavtpresterende elever i en naturfagsklasse på studiespesialiserende linje, vil lignende resultater kunne blitt funnet i andre studier. I resultat- og analysekapittelet kommer det også frem at mange av mine funn samsvarer med tidligere forskning, noe jeg anser som et kjennetegn på bekreftbarhet. Samtidig oppfatter jeg at elevenes gode evner til muntlig deltakelse og gruppedynamikk var av stor betydning for å få de resultatene jeg fikk. Sammensetning av gruppa er derfor avgjørende for å få lignende resultater. For at andre forskere skal få tilsvarende funn er det også viktig at de tilsvarende elevene har omtrent samme forkunnskaper og lærebøker fra ungdomsskolen og Vg1 som elevene i dette utvalget.

5 Resultat og analyse

I dette kapittelet presenteres og analyseres resultater som skal bidra til å gi større innsikt i hvilken forståelse naturfagelever på Vg1 har for begrepene atom, molekyl og åtteregelen. Det vil også legges frem resultater som viser hvordan elevene bruker de nevnte kjemibegrepene i sammenheng med modellbegrepet og periodesystemet. I denne undersøkelsen er resultatene transkripsjonsutdrag med ytringer fra to fokusgruppeintervju. Som beskrevet i metodekapittel 4.4 er resultatene analysert tematisk.

Kapittelet er delt inn i tre overordnede tema: atommodeller (5.2), molekyler og molekyldannelse (5.3) og åtteregelen (5.4). Jeg har valgt denne inndelingen fordi det representerer problemstillingen min. Innenfor hvert tema er det utarbeidet kategorier med underkategorier. Intervjuguiden og empiri fra datamaterialet som utgangspunkt for inndelingen av kategorier og underkategorier. Hver underkategori presenterer resultater fra fokusgruppeintervjuene gjennom et eller flere transkripsjonsutdrag med elevenes ytringer. Transkripsjonskodene som er brukt i utdragene ble vist i Tabell 7. Et transkripsjonsutdrag inneholder ytringer fra enten fokusgruppe (Fg1) eller fokusgruppe 2 (Fg 2), dvs. at jeg har ikke slått sammen uttalelser fra de lavtpresterende og høytpresterende elevene i et transkripsjonsutdrag. Etter disse transkripsjonsutdragene vil resultatene analyseres og tolkes. På slutten av hvert tema vil hovedfunnene oppsummeres punktvis.

Grunnen til at det første temaet heter atommodeller, og ikke atomer, er fordi det er vanskelig å forklare et atom uten å bruke modeller for det. Kategoriene som inngår i temaet om atommodeller (5.2) er: atommodeller viser atomets oppbygning (5.2.1), elevenes forståelse for atomet som en modell (5.2.2) og periodesystemet brukes til å finne sammenhengen mellom grunnstoff og dets skallmodell (5.2.3).

Temaet om molekyler og molekyldannelse (5.3) består av to kategorier: Vanskeligheter med å forstå molekylbegrepet (5.3.1) og sammensetning av atomer til molekyler (5.3.2). Det siste temaet som omhandler åtteregelen (5.4) inneholder to underkategorier: elevenes forståelse av åtteregelen (5.4.1) og elevenes antakelser basert på åtteregelen (5.4.2).

Innenfor alle tre temaene vil flere av transkripsjonsutdragene analyseres ved hjelp av Bravo et al. (2006) sin kategorisering av begrepsforståelse: *ingen*, *passiv* og *aktiv begrepskontroll*. Med *ingen kontroll* har ikke elevene hørt eller sett begrepet før, mens med *passiv kontroll* kan de bruke et synonymt begrep eller en enkel definisjon av begrepet. En *aktiv begrepskontroll*

innebærer at elevene kan gi en definisjon, sette det i sammenheng med andre begreper og bruke det i muntlig og skriftlig kommunikasjon. Mellom ingen og passiv kontroll har jeg valgt å legge til *liten* begrepskontroll som en kategori. Den kjennetegnes av at elevene har hørt begrepet før, men at de ikke klarer å gi en definisjon av hva det innebærer.

Før den tematiske analysen (5.2-5.4) begynner er det nødvendig å si noe om konteksten rundt datainnsamlingen og hva elevene sa generelt om naturfaget.

5.1 Kontekst og bakgrunn

Den utvalgte klassen er en av fire naturfagsklasser på studiespesialiserende linje på en stor videregående skole i Midt-Norge. Læreren informerte om at det faglige nivået i naturfagklassen var gjennomsnittlig. Elevene bruker læreboka *Kosmos*, og har blitt undervist i kapitlene om økologi, næringsstoffer og kosthold, samt elektrokjemi og redoksreaksjoner før fokusgruppeintervjuene. De var kommet halvveis i kapitlet om energikilder og skulle ha prøve om elektrokjemi og redoksreaksjoner tre dager etter fokusgruppeintervjuene.

Som nevnt i metodekapittel 4.3.3 ble forskningsdeltakerne inndelt i to fokusgrupper etter prestasjonsnivå i naturfag på Vg1. Oversikt over hvilke forskningsdeltakere som tilhørte hvilken fokusgruppe, samt hvilken naturfagsbok elevene brukte på ungdomsskolen, vises i tabell 9.

Tabell 9: Forskningsdeltakerne inndelt i to fokusgrupper etter nivå i naturfag etter 1. halvår på Vg1. Oversikt over hvilke lærebøker elevene brukte i naturfag på ungdomsskolen.

Fokusgruppe 1			Fokusgruppe 2		
Pseudonavn	Karakter	Lærebok (ungdomsskolen)	Pseudonavn	Karakter	Lærebok (ungdomsskolen)
Nils	3-4	Eureka	Frida	5-6	Tellus
Julie	3-4	Eureka	Una	5-6	Eureka
Lise	3-4	Tellus	Berit	5-6	Eureka

Da elevene ble spurt om de liker naturfag, fikk jeg inntrykk av at elevene i begge fokusgruppene opplevde naturfaget som artig og spennende, men at det krevdes mye jobbing og pugging. En av de høytpresterende elevene påpekte at hun syntes nivået på naturfag på Vg1 var høyt. Generelt ble biologi- og teknologidelen i faget beskrevet som mest interessant. Flere elever nevnte at kjemidelen var utfordrende, og at det fort blir komplisert. Da elevene fikk spørsmål om hva de synes var vanskelig med naturfag og kjemi, trakk de frem

reaksjonslikninger, formler og symboler. En elev nevnte også at det var utfordrende å forstå sammenhengen mellom kapitlene, spesielt de som omhandlet elektrokjemi og energikilder. I begge fokusgruppeintervjuene ble elevene også spurt om hva de tenkte på da de hørte ordet kjemi. De ramset opp begreper som atomer, grunnstoffer, elektroner, isotoper, periodesystemet, reaksjonslikninger, bindinger og galvanisk element. Ingen av de seks elevene uttrykte at de skulle fordype seg i kjemi på Vg2. Noen av dem ville gå videre med andre realfag, mens andre ønsket å gå den samfunnsfaglige retningen.

5.2 Atommodeller

Dette temaet viser hva elevene forbinder med et atom, hvordan de tegner et atom både med og uten hjelp fra periodesystemet, og hvordan de forstår atomet som en modell. Temaet er delt inn i tre kategorier: atommodeller viser atomets oppbygning (5.2.1), elevenes forståelse for atomet som en modell (5.2.2) og periodesystemet brukes til å finne sammenheng mellom grunnstoff og atommodell (5.2.3).

5.2.1 Atommodeller viser atomets oppbygning

Denne kategorien inneholder to underkategorier som viser hvordan elevene forklarer atomets oppbygning. Den første underkategorien (5.2.1.1) tar for seg skallmodellen, mens den andre underkategorien (5.2.1.2) handler om planetmodellen. Ingen av elevene i utvalget trakk frem elektronskymodellen som presenteres i *Tellus*.

5.2.1.1 Et atom består av en atomkjerne med elektroner rundt

Transkripsjonsutdrag 1 er hentet fra fokusgruppe 1 og viser hva Julie, Nils og Lise svarer på spørsmålet om hva de forbinder med et atom.

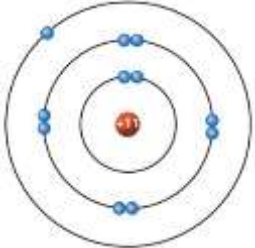
Transkripsjonsutdrag 1 (Fg1):

1. Julie:	Skallmodellen med kjerne, protoner, nøytroner og elektroner. Det er det jeg tenker på når jeg hører et atom.
2. Nils:	Ja, jeg er enig med Julie.
3. Lise:	Ja, nei, jeg har ikke noe annet å si jeg heller.

Transkripsjonsutdraget viser at Julie forbinder et atom med skallmodellen, noe Nils og Lise sier seg enig i. Selv om ikke Nils og Lise gir noe utfyllende svar, er min tolkning av ytring 2 og 3 at begge to har hørt om ordet atom før og derfor viser liten begrepskontroll. I ytring 1 benytter Julie seg av andre fagbegreper for å beskrive hva hun forbinder med et atom, men det ikke tydelig om hun har forstått sammenhengen mellom atom, skallmodell, kjerne, proton, nøytron og elektron. Min tolkning er derfor at hun viser passiv kontroll på atombegrepet. I transkripsjonsutdraget nedenfor derimot, setter Julie de nevnte kjemibegrepene i sammenheng

med hverandre. Utgangspunktet for transkripsjonsutdrag 2 er at elevene ble bedt om å beskrive en ukjent skallmodell de fikk utdelt. Elevene fikk ikke informasjon om at det var natriumatomet sin skallmodell (vist i høyre kolonne nedenfor), og periodesystemet var ikke delt ut.



Transkripsjonsutdrag 2 (Fg1):

<p>4. Julie:</p>	<p>Det er hvertfall elleve nøytroner og protoner i pluss-ladning, eller protoner er i pluss-ladning. Også er det jo elektroner som går i baner rundt kjernen. Det er elleve elektroner. [...].</p>	
------------------	--	---

I transkripsjonsutdrag 2 beskriver Julie skallmodellen til natrium ved at kjernen består av elleve protoner og nøytroner, med elleve elektroner i banene rundt atomkjernen. Hun viser forståelse for at protonene er i pluss-ladning, men nevner ingenting om elektronenes negative ladning. I dette utdraget oppfatter jeg at Julie har trekk av aktiv kontroll på begrepene atom og skallmodell.

For å få mer innsikt i elevenes forståelse av et atom ble alle bedt om å tegne et atom, og beskrive hva de har tegnet. De fikk ingen andre hjelpemidler enn penn og papir. På denne oppgaven tegnet alle seks elevene et atom ved hjelp av skallmodellen. Bortsett fra Nils og Lise, tok alle elevene utgangspunkt i åtteregelen da de skulle tegne et atom. De elevene som valgte å tegne atomet og åtteregelen er heller plassert innenfor tema 5.4 som omhandler åtteregelen. Derfor er kun Nils og Lise sine tegninger trukket frem i transkripsjonsutdrag 3.

Transkripsjonsutdrag 3 (Fg1):

<p>5. Nils:</p> <p>6. Intervjuer:</p> <p>7. Nils:</p> <p>8. Intervjuer:</p>	<p>Ehm, ja, det er jo det enkleste grunnstoffet. Så det er jo kjerne og et elektron rundt.</p> <p>Mhm, vet du navnet på grunnstoffet?</p> <p>Hydrogen?</p> <p>ja. [...].</p>	
<p>9. Lise:</p>	<p>Jeg har tegnet en kjerne, også en sånn der, jeg husker ikke de [...] ringene rundt. [...] Og elektroner. Men jeg vet ikke hvilken det er, men jeg vet at jeg har sett den.</p>	

Selv om Nils og Lise ikke ga noe utdypende svar om atomer i transkripsjonsutdrag 1, viser de derimot to eksempler på atomer i transkripsjonsutdrag 3. Nils har tegnet skallmodellen til hydrogenatomet og forklarer at det er ett elektron rundt kjernen. Lise nevner at hun har tegnet en kjerne med ringer rundt. Jeg antar at hun mener at ringene er elektronskall, og at de små prikkene på ringene er elektronene. Min oppfatning er at hun har tegnet skallmodellen til karbon fordi det virker som det er en atomkjerne i midten, to elektroner i innerste skall og fire elektroner i ytterste skall. Hun gir uttrykk for å ha sett atomet før, men husker ikke navnet. Det er ikke så rart siden hun ikke har periodesystemet til hjelp. Selv om Lise ikke har forklart tegningen grundig, er mitt inntrykk at hun har forstått «reglene» for fordelingen av elektronene i de ulike elektronskallene.

Utdraget tyder på at Nils og Lise har forståelse for hvordan en skallmodell av atomet ser ut ved at atomkjernen er sentrert i midten av atomet og elektroner i baner rundt. Likevel sier de ingenting om atomet som en modell, hva atomkjernen består av eller hva sirklene er. Samlet sett tolker jeg det derfor som at Nils og Lise viser liten grad av kontroll på begrepene tilknyttet atomers skallmodell. Det er også verdt å legge merke til at begge to har tegnet en liten kjerne i forhold til størrelsen på hele atomet. Dette er i kontrast til funnene i Abdo og Taber (2009) sin studie, hvor alle de svenske elevene hadde tegnet en overdrevet atomkjerne.

Da elevene i fokusgruppe 2 fikk spørsmål om hva de forbinder med et atom, dreide også denne samtalen seg om atomets oppbygning. Elevenes svar vises i transkripsjonsutdrag 4.

Transkripsjonsutdrag 4 (Fg2):

10. Frida:	Jeg forbinder det med at alt er bygd opp av atomer.
11. Berit:	[...] atomet er hoved, også kjerne og sånn, også er ionene og elektronene det rundt. Eller er det det?
12. Frida:	Ikke ionene, men elektronene.
13. Berit:	Men ionene.. Jeg vet ikke hvor det kommer fra? Er det ikke atomer også ioner rundt da?
14. Una:	Det er atomkjernen med protoner og nøytroner, også med elektroner rundt. (ler).
15. Berit:	Ja, det var det jeg mente (ler).

Elevene i gruppa, som alle er høytpresterende i naturfag, er noe uenig om hvordan et atom er bygd opp. Frida og Una nevner at atomet består av en atomkjerne med elektroner rundt, mens Berit sier det er ioner rundt atomkjernen. Basert på Berits ytringer tyder det på at hun har liten kontroll på begrepet atom. Hun har ikke forstått sammenhengen mellom atom, elektron og ion, da det virker som hun tror at ioner er en bestanddel av atomet. I tillegg stiller hun flere

kontrollspørsmål til de andre i gruppa, noe som kan skyldes at hun er usikker på fagstoffet eller trenger å få bekreftet at det hun sier er riktig. Frida og Una hjelper Berit med å oppklare atomets oppbygning, og setter begrepene de bruker i sammenheng med hverandre. På bakgrunn av dette er min tolkning at Frida og Una har aktiv kontroll på begrepet atom. Det er kun Frida som i ytring 10 beskriver atomer ved hjelp av makronivået.

Ingen av elevene i fokusgruppe 2 benytter begrepet modell når de snakker om hva de forbinder med et atom. Basert på hvordan de beskriver atomets oppbygning, kan det likevel tyde på at de har kjennskap til atommodeller, som for eksempel skallmodellen.

Selv om elevene lo litt av hverandres utsagn av og til, er min oppfatning er at det heller var ment for å lette på stemningen enn å latterliggjøre hverandre. Det tyder på en god gruppedynamikk og at de ikke tar seg selv så høytidelig.

5.2.1.2 *Atomet kan illustreres tredimensjonalt*

I fokusgruppe 1 fikk jeg ikke så utdypende svar som jeg hadde håpet på da jeg spurte elevene om hva de forbinder med et atom. Jeg stilte derfor et oppfølgingsspørsmål hvor jeg lurte på om det var andre ting de tenkte på når det gjaldt atomer. Følgende tekstutdrag viser hva Nils la til.

Transkripsjonsutdrag 5 (Fg1):

16. Nils:	Ja, det er jo den tegningen av ja, den tredimensjonale egentlig.
17. Intervjuer:	Den tredimensjonale?
18. Nils:	Ja, der du ser linjene rundt og sånn.

I utdraget over trekker Nils frem at han forbinder et atom med en tredimensjonal tegning. Den tredimensjonale tegningen tolker jeg kan ligne på planetmodellen fra Tabell 5 i kapittel 3.6.2 om pedagogiske atommodeller. I planetmodellen beveger elektroner seg i elliptiske baner rundt atomkjernen, noe som kan tilsvare det Nils kaller «linjer». Det tyder på at han har innsikt i at det finnes flere ulike modeller som kan vise atomets oppbygning.

5.2.2 **Elevenes forståelse for atomet som en modell**

Denne kategorien handler om hvordan elevene forstår atommodeller. I underkategori (5.2.2.1) snakker elevene om hvordan atommodeller passer med virkeligheten, mens i den andre underkategorien (5.2.2.2) reflekterer elevene rundt hva elektronskall er. Innenfor begge underkategoriene vil Grosslight et al. (1991) sin nivåinndeling av modellforståelse brukes som analytisk verktøy. På *nivå 1* forbinder elever modeller som direkte kopier av virkeligheten. På *nivå 2* forstår elever at modeller lages for et formål, og at noen sider ved modellene ikke

samsvarer med virkeligheten. Elever som befinner seg på *nivå 3* forstår at modeller er laget for å teste ideer fremfor å avbilde virkeligheten. De aksepterer også at de som lager modellene har en aktiv rolle i konstruksjonen for å nå et spesifikt formål, og at modellene kan testes og endres for å utvikle ideer.

5.2.2.1 *Atommodeller gjør at man klarer å «se» atomer*

Bakgrunnen for samtalen nedenfor er at elevene i fokusgruppe 1 ble spurt om hva det betyr at noe er en modell. Som det kommer frem i transkripsjonsutdrag 6 nedenfor, svarer Nils med å referere til modeller i kjemi. Utdraget viser også hvordan Lise forstår modeller av atomer.

Transkripsjonsutdrag 6 (Fg1):

19. Nils:	Modeller i kjemi vil jo være at vi lager en figur som skal etterligne stoffet så nærme vi klarer da, i en forstørret versjon sånn at vi skal klare å se stoffet, for vi klarer jo ikke å se atomer.
20. Intervjuer:	Så det blir egentlig ikke samme størrelse som i virkeligheten? Hvordan tror dere atomer ser ut i virkeligheten?
21. Lise:	Ehm, jeg tror ikke det [modeller av atomer] ser sånn ut i virkeligheten, bare laget sånn for at det skal være lettere å forstå oppbygningen og sånn.

Nils setter begrepet modeller i sammenheng med stoffer og atomer, noe som tyder på at han refererer til atommodeller. Lise virker også å referere til modeller av atomer når hun får spørsmål om hvordan atomer ser ut i virkeligheten. Min tolkning at både Nils og Lise befinner seg på nivå 2 av modellforståelse. Det er fordi begge to gir uttrykk for at modeller er etterligninger av virkeligheten, og ikke direkte kopier. I tillegg indikerer ytringene til Nils og Lise at de forstår at modellene er laget for et formål. Denne tolkningen er gjort med bakgrunn i at Nils sier at man bruker modeller for å «se» stoffene i en forstørret versjon, og at Lise sier at atommodeller er laget for å gjøre det lettere å forstå atomers oppbygning. Det at modeller bidrar til å visualisere naturvitenskapen, redusere kompleksiteten til fenomener og klargjøre teorier, støttes av Angell et al. (2011, s. 195), Harrison og Treagust (2000), Mathiassen (2015, s. 209-213), samt Ringnes og Hannisdal (2014, s. 161).

Da fokusgruppe 2 fikk spørsmål om hva det betyr at noe er en modell, dreide samtalen seg om modeller generelt. De fremtrakk at modeller kan være et bilde eller en fremstilling av noe. Det ble også sagt at modeller gjør det lettere å forstå og at de gir enklere forklaringer. Da elevene ble spurt om hvordan de tror atomer passer med modeller, svarte Frida som følger:

Transkripsjonsutdrag 7 (Fg2):

22. Frida:	Jeg tror det kan variere litt, [...] men jeg tror det [modeller] kan passe bra med virkeligheten.
------------	---

Når Frida nevner at hun tror modeller kan passe ganske bra med virkeligheten, er min tolkning er at hun viser trekk av nivå 1 av modellforståelse. Det kan tenkes at Frida ikke har reflektert over styrker og begrensninger ved ulike modeller, og at hun tror at modeller er direkte kopier av virkeligheten.

5.2.2.2 *Elektronskallene finnes egentlig ikke*

Denne underkategorien inneholder to transkripsjonsutdrag som viser hva elevene forstår med elektronskall. I transkripsjonsutdrag 8, hentet fra fokusgruppe 1, er den utdelte skallmodellen av natriumatomet utgangspunktet for samtalen. Mens jeg pekte på elektronskallene i modellen, stilte jeg spørsmål om hva sirklene er.

Transkripsjonsutdrag 8 (Fg1):

23. Julie:	Jeg tenker at det er sånne elektronskall. Eller de finnes egentlig ikke, men det er bare for å systematisere hvordan det egentlig ser ut.
24. Intervjuer:	Hva mener du med at det egentlig ikke finnes?
25. Julie:	[Nøling] jeg har hørt at det egentlig ikke ser sånn ut, men at det bare er tegnet som en vane for å illustrere at det atomet er bygd opp sånn.
26. Intervjuer:	Hva tenker dere andre om det?
27. Nils:	Det er jo det samme som Julie sier, at banene ofte ikke er så runde, og de går ikke bare den veien. De har ofte avlange baner og går over hverandre.

Utdraget viser Julie og Nils sine refleksjoner av hva elektronskall egentlig er. Julie mener at skallene egentlig ikke finnes, og at det heller er ment som en illustrasjon. Nils uttrykker at elektronskallene i skallmodellen ser mer avlange ut i virkeligheten. Han virker dermed mer opptatt av at banene «finnes» enn det Julie gjør. Nils sier også at de avlange banene går over i hverandre. Denne beskrivelsen av atomet samsvarer godt med de elliptiske banene i planetmodellen i Tabell 5. Samlet sett virker begge to å være enige om at elektronskallene i skallmodellen ikke ser sirkulære ut i virkeligheten, og at de derfor er en begrensning ved denne atommodellen. Min oppfatning er at både Julie og Nils befinner seg på nivå 2 av modellforståelse.

Da fokusgruppe 2 ble spurt om hvordan de tror modeller passer med virkeligheten, svarte Una som følger:

Transkripsjonsutdrag 9 (Fg2):

28. Una:	For selv om elektroner ikke går akkurat i sirkler, er det viktig at vi har en måte å tegne det [atomet] på, ellers hadde vi blitt helt forvirra.
----------	--

I utdraget over virker Una å referere konkret til skallmodellen. Una sier eksplisitt at elektroner ikke akkurat går i sirkler, noe som tyder på at hun ser en begrensning ved skallmodellen. I Unas uttalelse ser hun også fordelene av å få et bilde på atomet slik at det blir mindre forvirrende. Hun forstår dermed at atommodellene er laget for et formål. Min oppfatning er at Una befinner seg på nivå 2 av modellforståelse.

5.2.3 Periodesystemet brukes til å finne sammenhengen mellom grunnstoff og dets skallmodell

Denne kategorien inneholder to underkategorier som viser hvordan noen elever henter ut informasjon fra periodesystemet. Generelt beskrev elevene periodesystemet som en systematisk oversikt over grunnstoffene som finnes. Noen trakk også frem at periodesystemet viser grunnstoffenes egenskaper, som for eksempel om de er et metall, ikke-metall og halvmetall.

Bakgrunnen for transkripsjonsutdraget i hver underkategori er en samtale om periodesystemet i forbindelse med skallmodellen til et ukjent grunnstoff (natrium). Elevene fikk da i oppgave å finne ut hvilket grunnstoff det var ved hjelp av periodesystemet. Alle kom frem til at det var natriumatomet, men resonnererte seg frem til det på ulike vis. Flertallet benyttet seg av atomnummeret, mens to av elevene hentet ut informasjon ved hjelp av vannrette rader og loddrette kolonner. Jeg fikk inntrykk av at flesteparten av elevene var lite kjent med begrepene periode og gruppe.

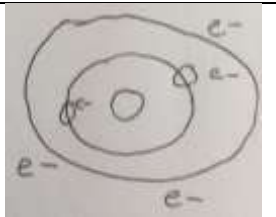
Etter samtalen om skallmodellen til natriumatomet ble elevene bedt om å tegne et valgfritt grunnstoff ved hjelp av periodesystemet. I den lavtpresterende gruppa tegnet Lise og Nils helium, mens Julie tegnet bor. Jeg observerte at Lise ventet lenge med å tegne, og kikket mye bort på Nils. Antakeligvis skyldtes dette faglig usikkerhet. Da elevene i den høytpresterende gruppa ble bedt om å tegne et valgfritt grunnstoff ved hjelp av periodesystemet, observerte jeg at Frida og Una startet å tegne berylliumatomet og magnesiumatomet med en gang. Berit ventet i fem sekunder og så på de andre før hun fikk hjelp til å tegne boratomet.

I de to underkategoriene nedenfor har jeg kun valgt å trekke frem Julie (5.2.3.1) og Berit (5.2.3.2) som eksempel. Begge disse elevene har tegnet skallmodellen til boratomet, men resonnert seg frem på ulike måter ved hjelp av periodesystemet. Periodesystemet som elevene fikk utdelt ligger i Vedlegg A.4.

5.2.3.1 Periodesystemet brukes til å finne antall protoner i atomet

Transkripsjonsutdrag 10 viser hvordan Julie har resonnert seg frem til skallmodellen av boratomet ved hjelp av periodesystemet. Utgangspunktet for Julie sin ytring nedenfor var at hun ble spurt om hva hun har tegnet.

Transkripsjonsutdrag 10 (Fg1):

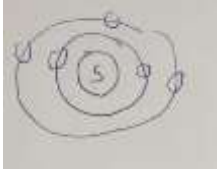
29. Julie:	Eh.. Jeg vet ikke om det er riktig, men jeg har prøvd å tegne Bor der jeg prøvde å tegne en kjerne med protoner og nøytroner, med fem inni. Også det med to elektroner rundt i første skallet og i andre skall er det tre elektroner rundt. Ehm ja.	
------------	---	---

Julie har tegnet skallmodellen til boratomet riktig, men virker noe usikker på dette selv. I forklaringen sier Julie at hun har tegnet atomkjernen med fem protoner og nøytroner inni, men disse vises ikke i skallmodellen da kjernen bare er tegnet som en tom sirkel. Hun har brukt «reglene» for oppfylling av elektroner i de ulike skallene riktig. Min oppfatning er at Julie har resonnert seg frem til antall protoner ved å lese av atomnummeret til bor i periodesystemet, dvs. 5. Deretter virker det som hun har tatt $5-2=3$, fordi hun vet at «regelen» for maksimalt antall elektroner i innerste skall er to. Dette fører til at det blir tre elektroner i ytterste skall siden hun skal ha fem elektroner totalt. I forklaringen sier hun derimot ingenting om at antall protoner i kjernen skal være likt antall elektroner rundt atomkjernen for et nøytralt ladet atom. Hun har heller ikke brukt periode 2 til å anta at det skal være to elektronskall, og hovedgruppe 13 til å anta at det skal være tre elektroner i ytterste skall.

5.2.3.2 Periodesystemet må være feil

Transkripsjonsutdrag 11 nedenfor viser hvordan Frida og Una hjelper Berit med å tegne skallmodellen til boratomet ved hjelp av periodesystemet. Jeg opplevde at gruppedynamikken var god da de resonnerte seg frem i fellesskap. Utdraget viser også hvordan elevene opplever at periodesystemet ikke gir mening for dem. Siden transkripsjonsutdrag 11 er langt vil jeg ta utgangspunkt i hele samtalen, dvs. ikke direkte sitat, i analysen nedenfor.

Transkripsjonsutdrag 11 (Fg2):

<p>30. Berit: Jeg skjønner ikke hvordan man tegner det. [Samtale om hvordan løse oppgaven].</p> <p>31. Frida: Ta for eksempel Bor da, som har [atomnummer] fem. Så setter du fem i midten. For da har den fem protoner, også to [elektroner] i innerste.</p> <p>32. Berit: Det telles ikke at jeg har tegnet (ler).</p> <p>33. Frida: (Ler). Også tre [elektroner] i ytterste.</p> <p>34. Berit: Hvor sto det [grunnstoffet] hen? Hva heter det?</p> <p>35. Frida: Bor. Under 13.</p> <p>36. Berit: Hvordan vet du at det er to i innerste og tre i ytterste?</p> <p>37. Frida: Fordi det går kun an å ha to elektroner i innerste. Også er det fem. Det er en sånn regel.</p> <p>38. Berit: Men hva var det vi snakket om i stad.. Når vi skulle finne ut av natrium? Da snakket du om vannrett og loddrett.</p> <p>39. Frida: Det handler om hvor mange skall du har. Så da ser du at du skal ha to skall (peker på periode 2).</p> <p>40. Berit: Okei.</p> <p>41. Intervjuer: Hvorfor skal det være tre elektroner i ytterste da?</p> <p>42. Frida: Fordi det skal bli fem [totalt].</p> <p>43. Intervjuer: Kan du se det ved hjelp av periodesystemet?</p> <p>44. Berit: Ja, man kan jo egentlig det. Fordi det står fem som atomnummer.</p> <p>45. Frida: Vi skal jo se nedover, men det står 13 så det må jo være feil.</p> <p>46. Berit: Periodesystemet bare er sånn (ler).</p> <p>47. Frida: (Ler). Nei, jeg vet ikke.</p> <p>48. Intervjuer: [...] Har dere hørt om noe som kalles hovedgrupper?</p> <p>49. Berit: Ja, vi har snakket om det.</p> <p>50. Intervjuer: Her er det gruppe 1 (peker på gruppe 1 i periodesystemet). Det vil si at det er ett elektron i ytterste skall. Og her er det gruppe to-</p> <p>51. Frida: Men da stemmer ikke den for hvordan kan den ha 13 i ytterste skall når den har atomnummer fem?</p> <p>52. Una: Altså, det er jo tre i ytterste. Og det ligner jo nesten da.</p> <p>53. Intervjuer: Gruppe 3 til 12 er noe som kalles for innskuddsmetaller. Disse teller ikke med når man snakker om antall elektroner i ytterste skall.</p> <p>54. Berit: Så det går egentlig rett over til tre?</p> <p>55. Frida: Åja.</p> <p>56. Intervjuer: Mhm. Så dere ser bare på de bakerste tallene her (peker på tallene 3-8 i hovedgruppene 13-18).</p> <p>57. Berit: Det har vi ikke lært.</p> <p>58. Una: Nei.</p> <p>59. Intervjuer: [Forklarer antall elektroner i ytterste skall bortover hovedgruppene] Og du tegnet Bor, Berit? Da kan du se at du skal ha tre elektroner i ytterste skall og to elektronskall.</p> <p>60. Berit: Ja, nå ga det faktisk mening.</p>	
--	---

I utdraget over er det en lang samtale som viser hvordan Frida og Una hjelper Berit med å tegne skallmodellen til boratomet. Når Frida skal hjelpe Berit med å tegne bor sin skallmodell, oppfatter jeg det som at Frida resonnerer seg frem på lik måte som Julie gjorde i transkripsjonsutdrag 10. Med andre ord bruker Frida først atomnummeret til bor for å lese av antall protoner, dvs. 5. Deretter finner hun antall elektroner rundt atomkjernen ved å bruke «reglene» for fordeling av elektroner i skallene. Som Julie, sier ikke Frida hvorfor atomet skal ha fem elektroner når det har fem protoner.

Når Berit går over til å stille spørsmål om vannrett og loddrett, virker det ikke som hun har forstått hvordan man kan lese av atomets oppbygning ved hjelp av perioder og grupper. Frida viser i ytring 39 at hun forstår sammenhengen mellom antall elektronskall og periodenummeret. Likevel virker det ikke som elevene har forstått sammenhengen mellom antall elektroner i ytterste skall og gruppenummeret for grunnstoffene etter innskuddsmetallene. Denne tolkningen baserer seg på at elevene tror periodesystemet må være feil fordi bor tilhører hovedgruppe 13, og ikke hovedgruppe 3. Det er interessant at elevene mener periodesystemet er feil når deres forståelse ikke passer inn i dette systemet. Elevene har derfor mest sannsynlig ikke hørt om eller forstått innskuddsmetaller. De har kanskje heller ikke blitt utfordret på hvorfor periodesystemet er bygd opp slik det har blitt gjort, men bare godtatt at det er slik. Dette er blant annet Cooper (2015) kritisk til. Hun mener at elevene må stille seg *hvorfor*-spørsmål for å kunne gå mer i dybden og se sammenhenger i faget. Det opplever jeg at Berit er flink til selv om hun virker faglig utrygg. Mitt inntrykk er at Berit søker forståelse og ønsker å oppklare tankegangen til Frida. Dette ser man også at hun får igjen for på slutten av transkripsjonsutdraget når hun sier at ting faktisk gir mer mening.

5.2.4 Oppsummering av hovedfunn fra «atommodeller»

I rammen under er det en punktvis oppsummering av hovedfunnene fra temaet atommodeller.

- Alle elevene tegnet et atom vha. skallmodellen, men viste varierende grad av kontroll på tilhørende begreper.
- Elevene viste liten kjennskap til andre atommodeller enn skallmodellen.
- De fleste av elevene befant seg på nivå 2 av modellforståelse.
- Mange brukte elektronskallene i skallmodellen til å forklare atomets oppbygning, men samtidig så de på skallene som en begrensning siden de ikke finnes.
- Elevene behersket å bruke periodesystemet til å tegne ulike grunnstoffer, men de var lite kjent med grupper og perioder.

5.3 Molekyler og molekyldannelse

Dette temaet omhandler hva elevene i utvalget forstår med begrepet molekyl og hvordan molekyler dannes. Elevenes ytringer er analysert i to kategorier. Som vi skal se i begge kategoriene, har elevene flere misoppfatninger knyttet til molekyler og molekyldannelse. Den første kategorien (5.3.1) viser elevens vanskeligheter knyttet til molekylbegrepet. Den andre kategorien (5.3.2) trekker frem eksempler på hvordan noen av elevene tegnet og forklarte to atomer som går sammen til et molekyl. Her viser elevene en slags forståelse for molekyler og molekyldannelse.

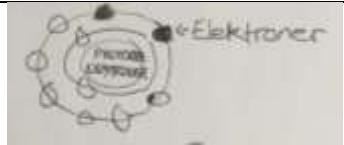
5.3.1 Vanskeligheter med å forstå molekylbegrepet

Innenfor denne kategorien er det to underkategorier med transkripsjonsutdrag fra fokusgruppe 2. Transkripsjonsutdragene viser hvordan de høytpresterende elevene har misforstått molekylbegrepet. Ingen av elevene i den lavtpresterende gruppa ga noen definisjon eller beskrivelse av molekylbegrepet generelt. Av den grunn inneholder ikke denne kategorien ytringer fra fokusgruppe 1. Det kan nevnes at en av elevene i fokusgruppe 1 trakk frem vannmolekylet. Dette utdraget vises i den neste kategorien (5.3.2) om molekyldannelse.

5.3.1.1 Et molekyl er et atom

Utgangspunktet for samtalen nedenfor er at elevene i fokusgruppe 2 ble spurt om hva de forbinder med et molekyl. Transkripsjonsutdrag 12 viser hva Frida svarer mens hun henviser til skallmodellene av neon, beryllium og fluor som hun tegnet tidligere i intervjuet.

Transkripsjonsutdrag 12 (Fg2):

61. Frida:	At dette her (peker på tegningen sin av et atom) er ulike molekyler.	
62. Intervjuer:	At hva da?	
63. Frida:	At hele dette (peker på tegningen av hele atomet) er et molekyl.	

Frida, som har god karakter i naturfag, nevner at skallmodellen av atomet hun har tegnet er et molekyl. Det gir grunn til å tro at hun ikke har forstått at molekyler består av flere atomer som er bundet sammen ved hjelp av kjemiske bindinger. Mest sannsynlig har hun heller ikke forstått hva en skallmodell viser. Basert på mine tolkninger har Frida en misoppfatning om at et atom og et molekyl er det samme. Frida virker ikke nølende eller usikker på begrepet molekyl, noe som kan indikere på at hun tror hennes forklaring samsvarer med etablert fagkunnskap. Min oppfatning av transkripsjonsutdraget er at Frida viser liten grad av kontroll på begrepet molekyl fordi hun har hørt ordet før, men ikke klarer å gi korrekt definisjon av det.

5.3.1.2 Molekyler er små elektroner som svever rundt

Utsagnet nedenfor viser hva Berit og Una forbinder med begrepet molekyl. Også disse to elevene har vanskeligheter med å gi riktig forklaring.

Transkripsjonsutdrag 13 (Fg2):

64. Berit:	Jeg tenker hele tiden at de små elektronene er molekyler, men jeg vet at det er feil.
65. Intervjuer:	At <i>det</i> er et molekyl? (peker på elektronet i en skallmodell).
66. Berit:	Ja, jeg tenker at molekyler er sånne små som svever rundt. [...].
67. Frida:	(Ler).
68. Berit:	[...] jeg har en sånn sammenheng mellom elektroner og molekyler. [...].
69. Intervjuer:	Så du tenker at det er det samme?
70. Berit:	Nei, jeg vet at de har forskjellig oppgave, eller sånn mening. At de ikke gjør det samme. Men jeg tenker på en måte at molekyler.. [...] er <i>med</i> som elektroner er i et atom, bare at de er i en annen slags versjon. Nå høres jeg helt teit ut (ler).
71. Intervjuer:	Hva med deg, Una?
72. Una:	Jeg klarer ikke skille mellom.. Jeg vet jo at atom og molekyl ikke er det samme, men jeg vet ikke hva. [...].

Berit og Una har vanskeligheter med å skille molekylbegrepet fra elektroner og atomer. I utdraget over nevner Berit at elektroner er molekyler, men hun legger til at de har ulike oppgaver og at de derfor ikke er helt det samme. Hva som menes med at elektroner og molekyler har «forskjellig oppgave» og at molekyler er i en «annen slags versjon» er vanskelig å tyde hva betyr, og jeg skulle derfor ha stilt oppfølgingsspørsmål til dette. Min tolkning av Berits uttalelser er at hun forbinder molekyler som en del av atomet, dvs. en bestanddel. Når hun sier at molekyler er «sånne små som svever rundt», virker det sannsynlig at hun tror at molekyler befinner seg rundt atomkjernen sammen med elektronene.

Basert på transkripsjonsutdraget virker det som både Berit og Una har hørt om molekylbegrepet før, men de klarer ikke å gi en korrekt beskrivelse av hva det er. Dette tilsier at elevene har liten kontroll på molekylbegrepet, noe som er litt overraskende siden de er høytpresterende i naturfag.

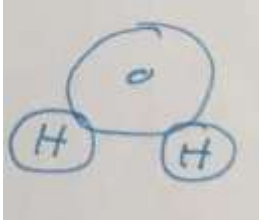
5.3.2 Sammensetning av atomer til molekyler

Denne kategorien er inndelt i to underkategorier. Den første underkategorien (5.3.2.1) viser transkripsjonsutdrag fra begge fokusgruppene hvor elevene diskuterer hvorfor vannmolekylet er et molekyl. Den andre underkategorien (5.3.2.2) viser elevenes forståelse for hvordan to atomer «deler» på elektroner i et molekyl.

5.3.2.1 Vannmolekylet er et molekyl fordi det består av flere atomer

De høytpresterende elevene hadde vanskeligheter med å sette ord på hva et molekyl er, noe som ble vist i kategori 5.3.1. For å prøve å få disse elevene inn på et annet spor, ble de spurt om de kunne noen eksempler på molekyler. Una trakk frem vannmolekylet og tegnet dette som vist nedenfor.

Transkripsjonsutdrag 14 (Fg2):

73. Una:	Men et vannmolekyl? Betyr det at det er et stoff som er satt sammen av flere atomer?	
74. Intervjuer:	(Nikker).	
75. Berit:	Der ja, Una.	
76. Frida:	Der ja (ler).	
	[Samtale om enkelt-, dobbelt-, og trippeltbindinger].	
77. Intervjuer:	[...] Hva består det [vannmolekylet] av?	
78. Una:	[...] To hydrogen og ett oksygen. Eller?	
	[Una blir bedt om å tegne H ₂ O molekylet, men ser litt forundret ut]	
79. Una:	Æææ, da blir det vel bare sånn her da (Tegner vannmolekylet i kolonnen til høyre).	
80. Intervjuer:	[...] Hvorfor har du tegnet H-ene ned sånn på skrått?	
81. Una:	Jeg føler jeg har sett det sånn en gang. Jeg vet ikke.	
82. Frida:	Sikkert fordi de deler på elektroner. Da går de litt over i hverandre sine baner.	
83. Una:	Ja, begge de to hydrogenatomene deler [elektroner] med oksygen og ikke med hverandre, liksom.	
84. Intervjuer:	Mhm. Men hvorfor går H-ene ned på skrått og ikke ut på siden?	
85. Una:	Jeg vet ikke (ler).	
86. Frida:	Læreren har sikkert tegnet det på tavla.	
87. Una:	Ja, jeg tror det.	
88. Frida:	Også har vi bygd det sånn [skrått] med byggeklosser, også har vi gjort det sånn i og med at hullene på oksygen er nederst.	
89. Berit:	Ja, det er sant.	

I ytring 73 bruker Una vannmolekylet til å resonnerer seg frem til at molekyler består av flere atomer. Når Frida og Berit følger opp med «der ja», er mitt inntrykk at de får en aha-opplevelse på hva et molekyl er, og forstår at de begynner å komme inn på rett spor.

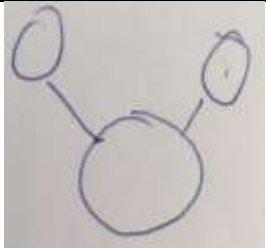
Una tegner bøyd geometri på vannmolekylet, hvor et oksygenatom er i midten og to hydrogenatomer er plassert skrått ned på siden. I utdraget over viser hun også forståelse for elektronparbindingene i molekylet. Una kan derimot ikke gjøre rede for hvorfor bindingsvinkelen H-O-H blir mindre enn 180°. I ytring 88 nevner Frida at hun ved hjelp av byggeklosser har bygd vannmolekylet bøyd på grunn av hullenes plassering. Dette gir inntrykk av at Frida har erfaring med kulepinnemodellen. Sannsynligvis har Una og Frida fått

undervisning i vannmolekylets geometri, enten gjennom lærebøker, tavlebruk eller kulepinnemodellen, men de har kanskje ikke blitt forklart hvorfor det er bøyd. Akkurat dette problemet belyser Cooper (2015) i essayet «Why Ask Why?». Hun argumenterer for at elevene må lære å gå mer i dybden enn bredden på fagstoffet. For å få en dypere forståelse mener hun at de må stille seg mer *hvorfor*-spørsmål.

Sammenliknet med transkripsjonsutdrag 13, gir transkripsjonsutdrag 14 indikasjon på at Una viser høyere grad av kontroll på molekylbegrepet. Grunnen er at hun evner å forklare hva et molekyl er ved å beskrive vannmolekylets sammensetning. Samtidig kan hun ikke forklare hvorfor det skal ha bøyd geometri. Min tolkning er at Una viser passiv kontroll på begrepet molekyl.

Da elevene i fokusgruppe 1 fikk spørsmål om hva de forbinder med et molekyl, trakk Lise frem vannmolekylet. Nedenfor vises Lise sin tegning og forklaring av vannmolekylet. Ingen av de andre to elevene i gruppa svarte på akkurat dette spørsmålet.

Transkripsjonsutdrag 15 (Fg1):

90. Lise:	Jeg tenker sånne molekyler som H ₂ O molekyler. Hvordan dem er laget. At den er for eksempel sånn (tegner vannmolekylet), også er det hydrogen, også er det to sånne [oksygen].	
91. Intervjuer:	[...] Hva er den der? (peker på sentralatomet, dvs. oksygen).	
92. Lise:	Et hydrogenatom, og to oksygenatom. Så H ₂ O. [...]	
93. Intervjuer:	Hvorfor har du tegnet to streker opp sånn på skrått?	
94. Lise:	[...] Det er bare sånn vi har lært. Det er liksom ikke noe begrunnelse for det, jeg har bare fått beskjed om at det er sånn [...].	

Lise forbinder molekyler med H₂O molekyler. Jeg antar at hun her legger til grunn at dette er molekylformelen til vannmolekylet. Hun har tegnet vannmolekylet bøyd, men kan ikke forklare hvorfor. Det samsvarer med Una sine ytringer i transkripsjonsutdrag 14.

Det virker som Lise har forståelse for at et molekyl består av flere atomer, men selve sammensetningen av vannmolekylet er ikke forklart riktig. Hun sier nemlig at vannmolekylet består av et hydrogenatom og to oksygenatomer. Dette indikerer at Lise kan ha utfordringer med å bruke både mikronivået, hvor man forklarer ved hjelp av atomer og molekyler, og representasjonsnivået, hvor man tar i bruk symboler og molekylformler. I kontrast til Una, gir

ikke Lise noen særlig forklaring på hva strekene mellom oksygen og hydrogen er. Det er derfor vanskelig å si om hun har forstått elektronparbindinger.

Jeg oppfatter det som at Lise viser trekk av passiv kontroll fordi hun klarer å tegne et eksempel på et molekyl og gir enkle definisjoner. På en annen side viser hun liten kontroll på vannmolekylet da hun ikke kan forklare dets oppbygning riktig, og hvorfor det skal være bøyd geometri.

5.3.2.2 *Atomer binder seg sammen ved å dele på elektroner*

For å få elevene til å reflektere over sammenhengen mellom molekyler, kjemiske bindinger og kjemiske reaksjoner ba jeg dem si noe om hva som skjer når to atomer reagerer. Elevene i fokusgruppe 1 trakk frem åtteregelen, noe som vises i underkategori 5.4.2.1. Fokusgruppe 2 svarte derimot følgende:

Transkripsjonsutdrag 16 (Fg2):

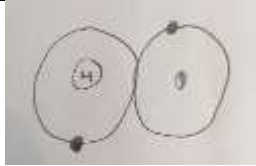
95. Berit:	Det dannes vel et nytt stoff da.
96. Frida:	De [atomene] binder seg til hverandre og deler på elektroner.
97. Intervjuer:	Ja. De deler elektroner. Finnes det ulike typer bindinger?
98. Frida:	Ja, vi har ulike bindinger. Enkeltbinding, dobbeltbinding osv.
99. Berit:	Er det ikke det som heter atombinding?
100. Frida:	Jo, jeg tror det.
101. Intervjuer:	Vet dere noe mer om hva som skjer i kjemiske reaksjoner?
102. Frida:	Ja, noe kan sikkert fordampe.. Sånn at det forsvinner.
103. Intervjuer:	Så det blir borte?
104. Frida:	Ja.

Berit og Frida nevner at det dannes et nytt stoff i en kjemisk reaksjon ved at atomer deler på elektroner, men ingen sier eksplisitt at det dannes molekyler. Frida trekker frem at atomer kan dele på elektroner gjennom enkelt- og dobbeltbinding, noe som tyder på at hun er godt kjent med elektronparbindinger. Dette funnet kan sammenliknes med et av Eide (2017, s. 69) sine resultater. Flere av 9. klasseelevne i hennes studie nevnte at atomer kunne reagere ved at et atom mottar et elektron fra et annet atom, men de snakket lite om at atomer kunne dele på elektroner å bli et molekyl. Min oppfatning er derfor at Eide sine funn ikke samsvarer godt med mine funn, siden elevene i min studie i mye større grad snakker om at atomer deler på elektroner, fremfor at atomer avgir og mottar elektroner. Fra ytring 99 ser man at Berit stiller spørsmål om det ikke finnes atombinding også, men det er vanskelig å tolke hva hun mener med denne bindingstypen.

I store deler av intervjuene fikk jeg inntrykk av at elevene avga forklaringer på mikronivå, men i utdraget over blander Frida sammen mikronivået og makronivået. I samtale om kjemiske reaksjoner snakker hun først om elektronparbindinger (mikronivå) før hun senere trekker inn fordamping (makronivå). Det er også verdt å merke seg at Frida nevner at noe som fordamper i en kjemisk reaksjon vil forsvinne. Dette er en vanlig hverdagsforestilling ifølge Barke et al. (2009, s. 22-25) og Ringnes og Hannisdal (2014, s. 60).

Selv om transkripsjonsutdragene 14-16 gir indikasjon på at flere av elevene vet at atomer kan dele på elektroner, vil jeg i de neste to transkripsjonsutdragene belyse hvordan elektronparbindinger i et molekyl kan forstås ulikt blant elever. Transkripsjonsutdrag 17 er hentet fra fokusgruppe 1, mens transkripsjonsutdrag 18 er hentet fra fokusgruppe 2. Bakgrunnen for begge utdragene er at elevene fikk spørsmål om de kunne tegne to atomer som reagerer slik at de får åtte elektroner i ytterste skall. Flere av elevene prøvde å tegne et molekyl med åtte yttrelektroner. Disse tegningene har jeg samlet under tema 1.4 som tar for seg åtteregelen. Tre av elevene, Nils, Berit og Frida, tegnet i tillegg reaksjonen mellom to hydrogenatomer som får fullt ytterskall av to elektroner. Nils og Berit tegnet nesten like tegninger, men disse var noe annerledes enn Frida sin. I transkripsjonsutdragene nedenfor har jeg kun valgt å trekke frem Nils og Frida som eksempel. Elevene fikk periodesystemet til hjelp i denne oppgaven, og ble spurt om å beskrive hva de hadde tegnet.

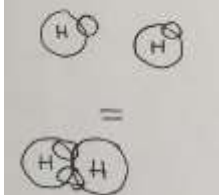
Transkripsjonsutdrag 17 (Fg1):

105. Nils:	To hydrogenatomer som.. eh.. jeg vet ikke om det er sånn her man tegner det, eller om det blir riktig. Men hvertfall at de går sammen og deler på et elektron hver sånn at begge to får to i det ytterste skallet.	
------------	--	---

Nils beskriver at hvert hydrogenatom i tegningen går sammen ved å dele på et elektron hver slik at de får to i det ytterste skallet. I tegningen har han illustrert at to hydrogenatomer går sammen, men han har misoppfattet hvordan atomene deler på elektroner i en elektronparbinding. Berit har illustrert elektronparbindingen på omtrent samme måte som Nils. Det viser at elevene kan ha oppfatninger om elektronparbindinger som ikke samsvarer med etablert fagkunnskap. Ingen av elevene sier eksplisitt at det dannes et hydrogenmolekyl. En grunn kan være at elevene ikke fikk oppfølgingsspørsmål om hva slags produkt som dannes i reaksjonen. En annen grunn kan være at de ikke er klar over at det har blitt dannet et molekyl.

Til sammenlikning fra Nils sin tegning, ser man at Frida har tegnet hydrogengass noe annerledes i neste transkripsjonsutdrag.

Transkripsjonsutdrag 18 (Fg2):

106. Frida:	Jeg tegnet to hydrogenatomer som binder seg. Så først har de ett elektron hver, også går de sammen for å dele på to elektroner. Og da er jo dem fulltallige fordi de bare har ett skall, og da skal de bare ha to i skallet. For det er kun mulig å ha to i det innerste skallet.	
-------------	---	---

Frida forklarer at hun har tegnet to hydrogenatomer som binder seg sammen ved å dele på to elektroner. Illustrasjonen av elektronparbindingen er korrekt, og hun viser forståelse hvordan hydrogenatomene får fullt ytterskall av to elektroner. Slik som Nils i transkripsjonsutdrag 17, sier heller ikke Frida eksplisitt at det har blitt dannet et molekyl. Med tanke på at Frida beskrev et molekyl som et atom i transkripsjonsutdrag 12, kan det tenkes at hun ikke er klar over at hun har tegnet et molekyl.

5.3.3 Oppsummering av hovedfunn fra «molekyler og molekyldannelse»

I rammen nedenfor er det en punktvis oppsummering av hovedfunnene fra temaet «molekyler og molekyldannelse».

- Samtlige elever i den høytpresterende gruppa hadde vanskeligheter med å skille molekylbegrepet fra atomer, ioner og elektroner.
- Noen elever brukte vannmolekylet som eksempel til å beskrive at molekyler er sammensatt av flere atomer. De kunne ikke forklare hvorfor vannmolekylet skulle ha bøyd geometri.
- Flere av elevene nevnte at atomer reagerer ved å dele på elektroner.
- Elektronparbindingen i hydrogengass ble illustrert, men noen av elevene misforsto hvordan atomene deler på elektroner.

5.4 Åtteregelen

Temaet om åtteregelen er inndelt i to kategorier. Den første kategorien (5.4.1) belyser elevenes forståelse av åtteregelen. Den andre kategorien (5.4.2) viser hvordan elevene gjør antakelser basert på åtteregelen.


5.4.1 Elevenes forståelse av åtteregelen

Denne kategorien inneholder fem underkategorier som vil belyse elevenes forståelse av åtteregelen. Det innebærer hvordan elevene setter ord på åtteregelen, om de tror åtteregelen gjelder i alle tilfeller eller kun i noen, og om de opplever åtteregelen som forståelig. En av underkategoriene viser også hvordan elevene bruker et antropomorft språk i samtale om åtteregelen.

5.4.1.1 Et atom som består av åtte ytterelektroner følger åtteregelen

Da forskningsdeltakerne i begge fokusgruppene ble spurt om å tegne det de forbinder med et atom, valgte både Julie (Fg1), Una (Fg2), Frida (Fg2) og Berit (Fg2) å tegne det vi kjenner som åtteregelen. De tre førstnevnte tegnet og forklarte åtteregelen på omtrent samme måte, dvs. en atomkjerne med to elektroner i innerste skall og åtte elektroner i ytterste skall. Fridas trekkes frem som eksempel i transkripsjonsutdrag 19. Berit tegnet derimot åtteregelen noe annerledes enn de tre andre. Hennes tegning vises i transkripsjonsutdrag 20. Lise og Nils tok ikke utgangspunkt i åtteregelen da de tegnet et atom. Disse tegningene ble derfor plassert i transkripsjonsutdrag 3 innenfor temaet «atommodeller». I intervjuet ga Lise og Nils likevel uttrykk for hvordan de forstår åtteregelen. Begge to beskrev åtteregelen som at atomet må få åtte ytterelektroner for å få fylt opp atomet.

Transkripsjonsutdrag 19 (Fg2):

107. Frida:	Jeg har tegnet atomkjernen med protoner og nøytroner. Også to [elektroner i] innerste skallet og åtte [elektroner i] i ytterste.	
108. Intervjuer:	Hvorfor åtte i ytterste?	
109. Frida:	Jeg bare tok åtte, men jeg vet ikke.	
110. Intervjuer:	Tegnet dere et spesielt atom?	
111. Frida:	Nei.	

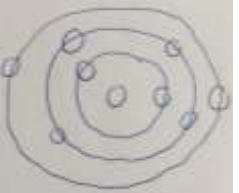
Før jeg går nærmere inn på Frida sin tegning av atomet og åtteregelen, er det interessant at flertallet av elevene i denne studien valgte å ta utgangspunkt i åtteregelen da de skulle tegne et atom. Det gir indikasjon på at disse elevene forbinder atomer og dets oppbygning med åtteregelen. Også Eide (2017, s. 84) fant at elevene i sitt utvalg ofte bruker åtteregelen som utgangspunkt for å forklare elektronenes plassering i elektronskallene til et atom.

I transkripsjonsutdrag 19 har Frida tegnet en atomkjerne bestående av protoner og nøytroner, og elektroner i to skall rundt kjernen. Selv om hun viser hvor elementærpartiklene i atomet befinner seg, sier hun ingenting om ladningen på protoner, nøytroner og elektroner. I motsetning til Frida, tegnet Una elektronene som e^- , og ikke rundinger. Det tyder på at Una har forstått at elektroner har negativ ladning.

Frida har tegnet åtteregelen i et atom ved at atomet består av åtte valenselektroner, og viser at hun har forstått «reglene» for plasseringen av elektroner i de ulike skallene. Likevel gir hun ingen forklaring på hvorfor atomet har åtte ytterelektroner og trekker ikke inn begrepet edelgass. Det samme gjelder for Julie og Una. Samlet sett oppfatter jeg det som at disse elevene viser passiv begrepskontroll på åtteregelen.

Som det fremkommer i neste transkripsjonsutdrag, tegnet Berit åtteregelen på en annen måte enn Julie, Una og Frida.

Transkripsjonsutdrag 20 (Fg2):

112. Berit:	Dette er atomkjernen (peker på innerste sirkel) også er det elektronene rundt.	
113. Intervjuer:	Hvorfor er det to elektroner der? (peker på innerste skallet).	
114. Berit:	Fordi det er to i det innerste skallet. Men jeg husker ikke åtteregelen for den skjønner jeg ikke. Også tenkte jeg at det ble 2, 6, 8 (Teller elektronene i hvert skall). Det ble hvertfall 8 til sammen. Som er åtteregelen. [...].	
115. Intervjuer:	Vet du hva atomkjernen består av?	
116. Berit:	Nei, jeg vet ikke (ler).	

Ved hjelp av skallmodellen har Berit tegnet et atom som består av en atomkjerne i midten, to elektroner i innerste skall, fire elektroner i midterste skall og to elektroner i ytterste skall. Dette beskriver hun gir åtte elektroner totalt i atomet, som hun omtaler som åtteregelen. Utdraget gir en indikasjon på at Berit har misforstått åtteregelen og hvordan elektronene fylles opp i de ulike skallene i skallmodellen. Jeg tolker det derfor som at Berit viser liten grad av kontroll på åtteregelen. Berit sin tegning av åtteregelen i et atom samsvarer i noen grad med en av elevenes tegninger i Eide (2017, s. 41) sin studie. Figur 7 i kapittel 3.8.1 viser at denne eleven har tegnet fire elektroner i innerste skall og fire elektroner i ytterste skall, noe som gir åtte elektroner totalt i atomet.

5.4.1.2 Åtteregelen gjelder de første 20 grunnstoffene

Denne underkategorien inneholder fire transkripsjonsutdrag. I transkripsjonsutdrag 21 og 22 reflekterer elevene over om åtteregelens gyldighet. I transkripsjonsutdrag 23 og 24 har elevene fått utdelt en skallmodell som viser utvidet oktett. Oppgaven er ment som en utfordring til elevene hvor de skal prøve å reflektere over åtteregelens anvendelse.

Utgangspunktet for transkripsjonsutdrag 21 er at fokusgruppe 1 ble spurt om hva åtteregelen sier. Julie reflekterer over åtteregelen slik:

Transkripsjonsutdrag 21 (Fg1):

117. Julie:	[...] det blir åtte [elektroner] i det ytterste da, eller hvertfall sånn som vi regner med, men jeg vet jo at det skal være mer elektroner utover i periodesystemet. Men de 20 første er dem med åtte i ytterste elektronskall.
-------------	---

Julie nevner at åtteregelen går ut på at det skal være åtte elektroner i ytterste skall, men at det blir flere elektroner utover i periodesystemet. Jeg tolker utdraget som at hun mener det kan være flere enn åtte elektroner i ytterste skall for de større grunnstoffene, dvs. de med atomnummer større enn 20. Derfor virker det sannsynlig at Julie har hørt at grunnstoffene kan ha flere enn åtte elektroner i ytterste skall, noe som kalles for en utvidet oktett.

I siste setningen sier Julie at de første 20 grunnstoffene er dem med åtte ytterelektroner. Det tolker jeg som at hun tror at åtteregelen går ut på at alle grunnstoffene med atomnummer 1-20 har åtte ytterelektroner. Det virker ikke som hun har forståelse for at det kun er edelgassene som har åtte ytterelektroner i et nøytralt ladet atom. Tanken om at de andre atomene må dele, avgi eller motta elektroner fra andre atomer for å oppfylle åtteregelen, virker derfor fraværende.

Også elevene i fokusgruppe 2 snakket om åtteregelens gyldighet. Transkripsjonsutdrag 22 viser hva elevene svarte da de ble spurt om åtteregelen alltid fungerer.

Transkripsjonsutdrag 22 (Fg2):

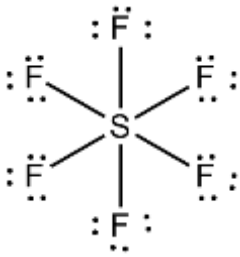
118. Berit:	Nei.
119. Frida:	Nei, vi vet at den ikke gjør det [gjelder i alle tilfeller] for læreren vår har sagt det.
120. Una:	Nei, jeg spurte den en gang; Funker den her? Så sa han nei, og da ble jeg litt frustrert.
121. Intervjuer:	I hvilke situasjoner passer den ikke?
122. Berit:	Jeg vet ikke.
123. Frida:	Var det ikke når det ble for mange elektroner, eller noe sånn der? Når det ble så store grunnstoffer. [...] Da telles ikke åtteregelen noe mer.

De høytpresterende elevene virker ganske sikre på at åtteregelen ikke gjelder for alle grunnstoffer. Det tyder på at de har fått dette undervist fra læreren. Ytring 120 indikerer at åtteregelen har skapt frustrasjoner for Una tidligere da den ikke kan brukes i alle tilfeller. På spørsmålet om hvor åtteregelen ikke passer, nevner Frida at den ikke gjelder for større grunnstoffer. Mest sannsynlig refererer hun her til grunnstoffene over atomnummer 20, da disse vanligvis ikke undervises på grunnskolen. Utdraget indikerer derfor at alle elevene i fokusgruppe 2 er reflektert over at åtteregelen ikke har generell gyldighet.

Etter at elevene i begge fokusgruppene hadde diskutert om åtteregelen gjelder i alle tilfeller eller kun i noen tilfeller, valgte jeg å gi dem en utfordring som handlet om åtteregelen og utvidet oktett. I denne oppgaven ble elevene presentert for skallmodellen til svovelheksafluorid (SF_6), hvor svovel er omgitt av 12 elektroner. Målet var at de skulle prøve å reflektere rundt et konkret eksempel på hvor åtteregelen ikke kan anvendes. Jeg forventet ikke at elevene skulle forstå prinsippet med utvidet oktett.

Skallmodellen av SF_6 som elevene fikk utdelt vises i transkripsjonsutdrag 23 nedenfor. Da jeg introduserte elevene i fokusgruppe 1 for denne skallmodellen beskrev jeg først prinsippet med utvidet oktett. Jeg sa blant annet at atomene i tredje periode kan danne kjemiske forbindelser hvor det blir mer enn åtte elektroner rundt atomet. Da jeg delte ut skallmodellen til SF_6 prøvde jeg å berolige dem med at de mest sannsynlig ikke har sett denne før, og at den derfor ikke skal virke kjent. Jeg prøvde å beskrive skallmodellen for elevene, altså at det var et svovelatom i midten med seks fluoratomer rundt. Jeg forklarte også at streken mellom svovel og fluor tilsvarer en elektronparbinding, altså at det er to elektroner i en strek. Jeg nevnte også at prikkene rundt fluor tilsvarer elektroner og at fluor har åtte elektroner totalt rundt seg. Til slutt stilte jeg et spørsmål til elevene i fokusgruppe 1 om hvor mange elektroner de tror det er rundt svovelatomet. Svarene til elevene vises i transkripsjonsutdrag 23.

Transkripsjonsutdrag 23 (Fg1):

124. Julie:	Det blir 12 [elektroner rundt svovel] da?	
125. Intervjuer:	Mhm. Rundt svovel blir det da 12 elektroner, [...] og ikke åtte. Hva tenker dere om det? Dere trenger ikke forklare grunnen til det, for jeg skjønner om dette er vanskelig å forstå.	
126. Julie:	Det er jo kanskje her rotet med åtteregelen begynner. For hvorfor plutselig 12?	
127. Nils:	Nei, det.. Nå er jo ikke stoffet.. Det har jo ikke kommet seg så veldig nærme å være edelt. For det er 12 og ikke 10 eller 18.	
128. Julie:	Jeg er ganske blank på dette her. Jeg skjønner bare ikke at det først er det åtteregelen, også er det plutselig 12 elektroner.	
129. Intervjuer:	Ja, jeg skjønner det. Dette er noe som kalles utvidet oktett. Og den viser egentlig bare at oktettregelen ikke alltid gjelder for alle grunnstoffer. Og dere skal ikke kunne noe om dette, men tenkte bare å vise det til dere for å høre om dere hadde noen tanker rundt det.	

I utdraget kommer Julie frem til at det er 12 elektroner rundt svovelatomet, og nevner at det er her rotet med åtteregelen begynner. Også Nils gir uttrykk for at SF₆ ikke passer inn i åtteregelen. Denne oppgaven får dem derfor til å finne bristepunkter ved åtteregelen. Elevenes ytringer, spesielt ytring 128 av Julie, tyder også på at åtteregelen kan skape forvirring siden den ikke gjelder for alle kjemiske forbindelser.

Nils nevner at SF₆ ikke har kommet så nære å være edelt, siden det er 12, og ikke 10 eller 18. Det virker sannsynlig at ordet edelt stammer fra edelgass eller edelgasskonfigurasjon, og at Nils har hentet tallene 10 og 18 fra atomnumrene til edelgassene neon og argon ved hjelp av periodesystemet. Neon og argon er plassert i hovedgruppe 18 i periodesystemet, dvs. at de har åtte ytterelektroner. Når Nils sier i ytring 127 at SF₆ ikke har kommet nært å være edelt fordi det har 12, og 10 eller 18, tyder det på at han mener 12, 10 og 18 er antall ytterelektroner. Min tolkning er at han ikke har forstått elektrongasskonfigurasjonen til neon og argon, men at han har fått innsikt i at SF₆ ikke passer inn med åtteregelen.

Elevene i fokusgruppe 2 fikk litt kortere introduksjon til skallmodellen av SF₆ enn det fokusgruppe 1 fikk på grunn av at jeg ble avbrutt av Berit. Transkripsjonsutdraget nedenfor viser hvordan elevene resonnerer rundt skallmodellen til SF₆ og åtteregelen.

Transkripsjonsutdrag 24 (Fg2):

130. Intervjuer:	Dere snakket jo om at noen [grunnstoffer] kunne ha flere elektroner enn åtte. Sånne store molekylar. Denne atommodellen har dere nok ikke sett før (viser frem skallmodellen til SF ₆), men her har dere svovel i midten. Den er bundet til seks fluor rundt seg. Og fluor kom vi jo frem til at var i gruppe 17 som har syv elektroner i ytterste-
131. Berit:	Hvorfor har den bare seks? (Peker på fluor).
132. Una:	Fordi den ene bindingen er med svovel.
133. Intervjuer:	Ja, så dette er en binding som illustrerer et elektronpar (peker på streken mellom svovel og fluor) Så svovel har 12 elektroner rundt seg. Hva tenker dere rundt dette og återregelen?
134. Frida:	Jeg skjønner det ikke for å være helt ærlig.
135. Una:	Den passer hvertfall ikke med återregelen da (ler).

I utdraget resonnerer vi oss frem til hva skallmodellen til SF₆ viser i fellesskap. Berit stiller spørsmål om hvorfor fluor bare har seks elektroner etter at jeg hadde sagt det var i gruppe 17. Det tyder på at hun har telt de seks prikkene rundt fluor, og at hun ikke har forstått elektronparbindingen mellom fluoratomet og svovelatomet, som er illustrert som en strek. Det viser derimot Una forståelse for i ytring 132.

Etter å ha blitt fortalt at svovelatomet har 12 elektroner rundt seg, gir Frida uttrykk for å ikke forstå det. Det kan tenkes at hun enten opplever selve skallmodellen som uforståelig, eller så kan det være at hun ikke skjønner hvordan en kjemisk forbindelse kan ha mer enn åtte elektroner. Det er kun Una som presiserer at återregelen ikke gjelder for skallmodellen av SF₆. Det viser at Una er reflektert over at återregelen ikke kan brukes på større molekylar.

5.4.1.3 *Åtteregelen er uforståelig og skaper forvirring*

Denne underkategorien inneholder fire transkripsjonsutdrag. De to første transkripsjonsutdragene (25 og 26) belyser hvordan elevene opplever återregelen som uforståelig, mens de to siste (27 og 28) eksemplifiserer hvordan elevene har problemer med å forstå återregelen i et molekyl.

Utgangspunktet for transkripsjonsutdrag 25 er at fokusgruppe 1 ble spurt om hva de syns om återregelen, og om de mener den er nyttig eller vanskelig å forstå. Dette spørsmålet ble stilt før samtalen om utvidet oktett.

Transkripsjonsutdrag 25 (Fg1):

136. Nils:	Jeg tror problemet med åtteregelen og kjemi er at den skal bli forenkla sånn at vi skal forstå det veldig enkelt. Også er det egentlig mange andre regler vi ikke får med oss, som jeg tror kan gjøre at det blir komplisert for oss å skjønne hvordan det fungerer. [...].
	[Samtale om oppfylling av elektroner i de ulike skallene]
137. Intervjuer:	Mhm. Hva tenker dere andre om åtteregelen? Er den forståelig og grei å bruke?
138. Julie:	Ehm.. Jeg tenker på en måte at den blir litt uforståelig når man ikke har forklart hva den egentlig er. [...] Så, den er sikkert nyttig hvis man kan det, men når man ikke er helt sikker på hvorfor det er sånn, så er det litt unyttig, kanskje.

Nils og Julie reflekterer over at åtteregelen er forenklet og vanskelig å forstå. De nevner også at de ikke har fått forklart hva den egentlig går ut på. Min tolkning av utdraget er at elevene er bevisst på at åtteregelen har sine begrensninger og at de opplever disse begrensningene som frustrerende. Nils gir uttrykk for at han vet at teorier og fenomener i kjemi blir forenklet for at elevene skal forstå, men det virker som at forenklingene kan føre til at elevene sitter igjen med ubesvarte spørsmål på hvorfor ting er som de er.

Også elevene i fokusgruppe 2 ble spurt om åtteregelen oppleves nyttig eller om den er vanskelig å forstå. Berit svarte følgende:

Transkripsjonsutdrag 26 (Fg2):

139. Berit:	[...] den [åtteregelen] er vanskelig å forstå.
140. Intervjuer:	Hva er det som er vanskelig med åtteregelen?
141. Berit:	[...]. Det er ikke åtte i det ytterste skallet på alt vi jobber med. Det er ofte sånn at jeg føler det er miks av alt vi holder på med.. Sånn to, seks, åtte, to og fire. For meg gir det faktisk ikke mening når læreren tegner det på tavla. Jeg skjønner ikke at det er åtteregelen der og da. Fordi han kan tegne noe annet en annen gang som ser helt annerledes ut. Så det sliter jeg litt med.

Berit uttrykker tydelig at åtteregelen ikke gir mening, noe hun begrunner med at den ikke gjelder i alle situasjoner. I ytring 141 virker Berit frustrert over at det ikke er åtte yttrelektroner i alt de jobber med, men at det også kan være to, seks, åtte, to og fire elektroner. Dette indikerer at hun ikke har forstått hvordan antall elektroner i ytterste skall varierer gruppevis i periodesystemet. Likevel er det verdt å legge merke til at hun her snakker om åtteregelen som åtte elektroner i ytterste skall. Dette er i motsetning til forklaringen hun ga av åtteregelen i transkripsjonsutdrag 20, hvor åtteregelen ble beskrevet som åtte elektroner totalt i et atom.

Grunnen til at Berit har endret oppfatning av åtteregelen, kan være fordi hun har blitt påvirket av hvordan de andre elevene i gruppa har omtalt åtteregelen.

Hittil i denne underkategorien har jeg vist frem uttalelser om hvorfor elever opplever åtteregelen som vanskelig. Videre vil jeg trekke frem eksempler på hvordan flere av elevene illustrerte åtteregelen i et molekyl, noe som viste seg å være utfordrende for mange.

I begge fokusgruppeintervjuene ble elevene utfordret til å tegne åtteregelen for to atomer som reagerer. I oppgaven hadde elevene periodesystemet til hjelp. Jeg observerte at flere av elevene stønnet og så litt oppgitt ut i ansiktet, noe som tydet på at de opplevde oppgaven som vanskelig. For å ikke presse elevene, sa jeg at oppgaven var kun for dem som ville, og at vi kunne ta en felles diskusjon til slutt. Lise valgte å stå over oppgaven, mens Nils tegnet hydrogengass med to elektroner i ytterste skall. Denne ble vist i transkripsjonsutdrag 18. Julie, Frida, Berit og Una prøvde å tegne to atomer som går sammen for å oppfylle åtte yttrelektroner. Innenfor denne underkategorien, som handler om at åtteregelen er vanskelig å forstå, har jeg kun valgt å bruke Julie, Frida og Berit som eksempel. Deres tegninger viser i transkripsjonsutdrag 27 og 28. Una virket å ha bedre forståelse for åtteregelen i et molekyl, og jeg har derfor valgt å trekke frem hennes tegning i neste underkategori (5.4.1.4).

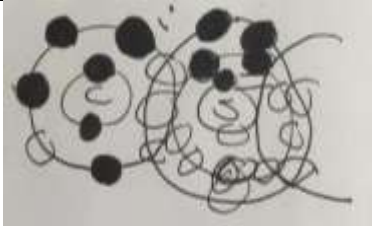
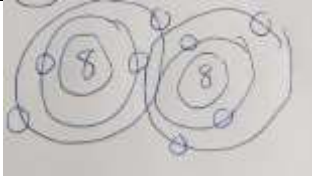
Transkripsjonsutdrag 27 (Fg1):

142. Julie:	Hm.. Jeg vet ikke om dette blir riktig, men ja. Jeg prøver hvertfall å tegne karbondioksid. [Nøler mye på om hun har tegnet riktig]. (Teller over antall elektroner i begge atomene). Sånn. Det var det jeg tenkte. At hvis man setter sammen karbon og oksygen. Nei, jeg tror det blir feil.	
143. Intervjuer:	Ja. Du snakket jo om karbondioksid, også kalt CO ₂ . Hva består det molekylet av?	
144. Julie:	Et karbonatom og to oksygenatomer. Da må jeg kanskje ha to oksygen.	
145. Intervjuer:	Hva ville skjedd om du hadde hatt et oksygen til?	
146. Julie:	Jeg tenker sånn at, ehm.. Ja, at de skal fylle opp den åtteregelen.	
147. Intervjuer:	Hvordan gjør de det?	
148. Julie:	Det er det at de skal gi fra seg elektroner.	
149. Intervjuer:	Hvor blir det av de elektronene?	
150. Julie:	Jeg tror de deler de. Nei, jeg er litt usikker egentlig.	

I tegningen til Julie har hun et karbonatom (C) og et oksygenatom (O), men disse er ikke bundet sammen ved hjelp av elektronparbindinger. Hun sier at hun har tegnet karbondioksid, men kommer etter hvert frem til at hun har glemt et oksygenatom. Hun er veldig usikker i sin forklaring og nøler mye. Det tyder på at oppgaven er vanskelig, og kanskje er det første gang hun tegner åtteregelen i et molekyl. Frida har gjort det litt vanskelig for seg selv ved at hun har valgt å bruke karbondioksid som eksempel fordi det krever at hun må binde sammen tre atomer. Det er derfor forståelig at hun står fast og ikke får illustrert åtteregelen på riktig vis. Likevel viser hun forståelse for at hun kan bruke periodesystemet til å forutsi atomstrukturen til karbon og oksygen.

I neste transkripsjonsutdrag har Frida tatt utgangspunkt i karbonatomet (C) og silisiumatomet (S) for å tegne åtteregelen i et molekyl, mens Berit har tegnet åtteregelen uten å navngi hvilke atomer molekylet består av. Etter at Frida var ferdig med å tegne, observerte jeg at hun satt og fargela noen elektroner. Mest sannsynlig har hun ikke ment noe spesielt med dette. Hun har også tegnet en halvsirkel, men hun sa at denne egentlig ikke skulle bli med. Jeg anser at dette ikke er verdt å legge vekt på i analysen under utdraget.

Transkripsjonsutdrag 28 (Fg2):

<p>151. Frida:</p> <p>152. Intervjuer:</p> <p>153. Frida:</p>	<p>Jeg tegnet karbon og silisium. Og karbon har da seks [elektroner totalt], så to i innerste og fire i ytterste. Og silisium har også fire i ytterste siden den har 14. Så de to binder seg sammen. Begge har fire, også deler de også på fire elektroner så får begge åtte.</p> <p>Skal vi se. Deler de tre [elektroner]?</p> <p>Ja, det skulle egentlig bli fire men det ble litt vanskelig tegning. De deler da så begge får åtte.</p>	
<p>154. Berit:</p> <p>155. Intervjuer:</p> <p>156. Berit:</p>	<p>Jeg skjønte ikke dette her jeg.</p> <p>Nei.. Hvor er det du står fast?</p> <p>Jeg bare skjønner ikke hvordan det skal gå opp med for eksempel det Frida bruke med 14 og seks. At det skal bli åtte i ytterste. Det sliter jeg med.</p>	

I transkripsjonsutdraget over har Frida tegnet et karbonatom og et silisiumatom som deler på tre elektroner slik at begge atomene har åtte ytterelektroner. Hun nevner at det egentlig skulle være fire elektroner på deling, men det hadde ført til mer enn åtte elektroner i ytterste skall hvis hun ikke hadde fjernet et elektron et annet sted. Basert på ytringene og tegningen til Frida virker det som hun har resonnet seg frem ved hjelp av gruppenummeret 14 i periodesystemet, som

inneholder grunnstoffer med fire ytterelektroner. Min tolkning er derfor har hun har tenkt at $4+4=8$. Dette har ført til at hun har tegnet silisiumkarbid.

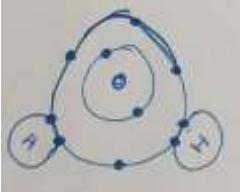
I utdraget over er det ingen uttalelser fra Berit relatert til hva hun har tegnet fordi jeg glemte å spørre Berit helt konkret om dette. Hun setter likevel ord på at det er vanskelig å forstå hvordan man tegner åtteregelen i et molekyl, men refererer da spesielt til Fridas tegning av silisiumkarbid. Når jeg skal tolke Berits forståelse av åtteregelen i et molekyl, tar jeg derfor kun utgangspunkt i illustrasjonen hennes i transkripsjonsutdraget over.

Berit har tegnet et molekyl bestående av åtte elektroner totalt, hvor hvert atom har fire elektroner. Det virker mest sannsynlig at hun har skrevet 8 i midten fordi det er åtte elektroner totalt i molekylet, ikke fordi hun har tegnet oksygen med atomnummer 8. Tanken om at atomene deler på elektroner for å oppfylle åtteregelen kommer ikke frem på noen av tegningene til Berit. Utdraget belyser derfor hvordan åtteregelen kan forstås ulikt blant elevene, og at det er mye forvirring rundt hvordan atomene i et molekyl faktisk deler på elektroner for å oppfylle åtte elektroner i ytterste skall.

5.4.1.4 Åtteregelen er nyttig å bruke

Denne underkategorien viser hvordan Una forklarer og tegner åtteregelen ved å bruke vannmolekylet som eksempel.

Transkripsjonsutdrag 29 (Fg2):

157. Una:	Jeg har tegnet et vannmolekyl med hydrogen og oksygen. Da har jo oksygen åtte [elektroner totalt], også er det seks i ytterste da. Også har hydrogen en [elektron], og da tenker jeg at de binder seg sånn at de to hydrogenatomene binder seg sammen med oksygenatomet sånn ja.. Ja, sånn at begge hydrogenene får to [elektroner] og oksygen får to ekstra så den får åtte i ytterste.	
-----------	--	---

I utdraget gjør Una rede for hvordan et oksygenatom og to hydrogenatomer binder seg sammen ved å dele på elektroner slik at atomene har fulle ytterskall. Una, som er høytpresterende, oppfatter jeg å ha forstått åtteregelen og klarer å bruke den i sammenheng med vannmolekylet. Som i transkripsjonsutdrag 14, viser Una også her at vannmolekylet skal være bøyd. Hun mangler begrunnelse for hvorfor det er slik, men viser at de frie elektronene krever mer plass som gjør at hydrogenatomene presses mer sammen. Det ene frie elektronet som er mellom de to hydrogenene, skulle vært plassert på toppen av oksygen.

5.4.1.5 Elevene bruker et antropomorft språk for å forstå åtteregelen

Denne underkategorien viser eksempler på hvordan noen av elevene brukte antropomorfe, dvs. menneskelige, forklaringer i samtale om åtteregelen. Bakgrunnen for transkripsjonsutdrag 30 er at elevene i fokusgruppe 1 hadde fått utdelt skallmodellen av et ukjent grunnstoff (natrium). Nils beskriver hvordan dette grunnstoffatomet skal få oppfylt åtteregelen.

Transkripsjonsutdrag 30 (Fg1):

158. Nils:	Det er ett elektron i ytterste skallet som gjør at det helst vil gi fra seg elektronet fordi det er enklere.
159. Intervjuer:	Hvor blir det av det elektronet når det gir det fra seg?
160. Nils:	Ehm.. Den deler det med.. Med et sånt atom vil den gjerne dele [et elektron] med et [atom] som er veldig nære ved å få åtte i ytterste skallet for da får begge to oppfylt oktettregelen fordi de deler på elektronene til hverandre. [...].

Nils forklarer at grunnstoffatomet han ser foran seg har et elektron i ytterste skall, og derfor helst vil gi fra seg elektronet eller dele elektronet med et annet atom som nesten har oppfylt åtteregelen. Når Nils sier at dette grunnstoffet «helst vil gi fra seg elektroner fordi det er enklere» bruker han et antropomorft språk. Det vil si at han menneskelig-gjør grunnstoffet når han sier at det *helst vil* avgi elektroner. Også Berit benytter seg av et slik språk i transkripsjonsutdraget nedenfor. Utgangspunktet for dette sitatet er elevene i fokusgruppe 2 har en samtale om hva begrepet edelt betyr, og hvorfor atomer «vil» oppnå åtte ytterelektroner.

Transkripsjonsutdrag 31 (Fg2):

161. Berit:	De [edle atomene] utnytter seg selv til det fulleste.
-------------	---

Berit sier at atomene «utnytter seg selv til det fulleste», som også er et eksempel på en antropomorf forklaring. Ved at Berit og Nils bruker slike menneskelige egenskaper på atomene kan det føre til at de opplever åtteregelen som lettere å forstå. Selv om et antropomorft språk kan bidra til at elever opplever kjemien som mer fornuftig, hevder flere at slike forklaringer skal brukes med forsiktighet (Dhindsa & Treagust, 2014; Nahum et al., 2010; Taber & Coll, 2002, s. 216).

5.4.2 Elevene gjør antakelser basert på åtteregelen

Denne kategorien inneholder to underkategorier som viser hvordan elevene bruker åtteregelen i antakelser om kjemiske reaksjoner og stabilitet.

5.4.2.1 Atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen slik at de blir edle og stabile

Da elevene i fokusgruppe 1 ble spurt om hva som skjer når to atomer reagerer, trakk Nils frem åtteregelen. Svaret hans vises i transkripsjonsutdrag 32. Fokusgruppe 2 fikk også samme spørsmål, men deres uttalelser ble vist i transkripsjonsutdrag 16 i kategori 5.3.2 fordi de trakk inn elektronparbindinger og fordamping, og ikke åtteregelen.

Transkripsjonsutdrag 32 (Fg1):

162. Nils:	Nei, det spørres jo litt hvilke atomer det er da, men.. det enkleste er vel at dem skal bli så edle som mulig, eller nærmest mulig de edle ved å få oppfylt oktetteregelen. [...].
163. Intervju:	Det med edel.. Hva legger du i det begrepet?
164. Nils:	Det er jo dem lengst til høyre i periodesystemet som følger oktetteregelen. Så jo nærmere dem er der, jo mer følger dem oktetteregelen.

Nils nevner at atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen slik at de kan bli så edle som mulig. At elever begrunner kjemiske reaksjoner ut fra åtteregelen, er også funnet av blant annet fra Taber og Coll (2002, s. 215). Nils sier at begrepet edel kommer fra grunnstoffene lengst til høyre i periodesystemet. Med andre ord snakker han indirekte om edelgasser eller edelgass-konfigurasjoner. Begrepet edel kom også Nils inn på da fokusgruppe 1 ble spurt om hvorfor atomer «vil» oppnå åtte elektroner i ytterste skall. Dette vises i transkripsjonsutdrag 33, hvor også Lise setter ord på hva hun forstår med begrepet edel.

Transkripsjonsutdrag 33 (Fg1):

165. Nils:	Det er for å komme så nære de edle grunnstoffene.
166. Intervjuer:	[...] Og hvorfor er det bra å være edel?
167. Nils:	Edel er jo et ord som brukes om ganske sjeldne ting. Så.. nei, jeg har bare hørt at de [...] vil bli så nære dem som mulig for da er det mer.. nei, det er vanskelig. Jeg er usikker.
168. Intervjuer:	Hva tenker du om det Lise?
169. Lise:	Ehm.. at de tåler veldig lite. Det skal veldig lite til for å på en måte få til en reaksjon på dem.
170. Intervjuer:	På hvilke [atomer] da?
171. Lise:	På de edle metallene.
172. Intervjuer:	At de tåler lite? Hva mener du med det?
173. Lise:	At det er veldig lett å tenne dem på, eller noe sånt.

I utdraget snakker flere av elevene om at atomer vil oppfylle åtteregelen for å bli edle. Nils sier at begrepet edel brukes om sjeldne ting, noe som kan tolkes som at det er positivt for atomet å bli edelt. Lise mener at de edle metallene tåler lite fordi de lett kan antennes. Det kan tyde på at Lise oppfatter de edle metallene som veldig reaktive, og at det derfor er gunstig å oppfylle åtteregelen. Samlet sett virker det som elevene har lett for å akseptere åtteregelen og bruker den i antakelsen om kjemiske reaksjoner fordi atomene da kan bli mer edle. Samtidig virker det som elevene er usikre og uenige på hvorfor det er gunstig for atomer å bli edle.

Da elevene i fokusgruppe 2 ble spurt om hvorfor atomer «vil» oppnå åtte elektroner i ytterste skall, trakk de inn åtteregelen og kjemisk stabilitet på følgende vis:

Transkripsjonsutdrag 34 (Fg2):

174. Berit:	For da blir de [atomenes ytterskall] fylt opp.
175. Frida:	Mhm.
176. Una:	De blir stabile og kan ikke reagere med andre.
177. Berit:	De utnytter seg selv til det fulleste.
178. Intervjuer:	Hva betyr det at den blir stabil da?
179. Una:	At den ikke kan reagere med andre stoffer.

I utdraget diskuterer elevene hvorfor atomer «vil» ha åtte elektroner i ytterste skall. Berit og Una begrunner det med at atomene vil bli fylt opp og stabile. Også Eide (2017, s. 63-69) fant at elevene bruker åtteregelen som begrunnelse for kjemisk stabilitet. Det at elevene bruker åtteregelen som begrunnelse for kjemisk stabilitet og reaktivitet, er Taber (2009) kritisk til. Han har funnet tilsvarende resultater i sine undersøkelser, og mener at åtteregelen ikke kan hjelpe oss til å anta hvilke atomer som er stabile og reaktive.

5.4.2.2 *Forveksling mellom edelgass og edelgasskonfigurasjon*

Denne underkategorien inneholder et transkripsjonsutdrag fra fokusgruppe 2 hvor elevene resonnerer seg frem til hva natriumklorid er ved hjelp av åtteregelen. Det er ikke inkludert transkripsjonsutdrag fra fokusgruppe 1 fordi vi ikke kom inn på natriumklorid i dette intervjuet.

Før elevenes ytringer vises, er det nødvendig å si noe om bakgrunnen for samtalen nedenfor. Elevene hadde fått utdelt en ukjent skallmodell (natrium) og periodesystemet. De ble spurt om å resonnerer seg frem til hvilket atom skallmodellen tilhører. Alle elevene kom frem til at det var skallmodellen til natriumatomet, og jeg fikk inntrykk av at de hadde hørt om dette grunnstoffet før. Siden vi hadde snakket en del om natrium, hadde jeg en forventning om at elevene kom til å trekke frem natriumklorid i samtalen om åtteregelen og periodesystemet. Det var det ingen som gjorde. Jeg ledet derfor elevene inn på natriumklorid ved å spørre dem om

hva de tror natrium vil reagere med for å få oppfylt åtteregelen. Berit kom da frem til fluor som hun begrunnet med hadde syv ytterelektroner. Videre ble elevene spurt om de hadde hørt om reaksjonen mellom natrium og klor, noe Una bekreftet med å si at det da dannes natriumklorid. Elevene fikk oppfølgingsspørsmål om hva natriumklorid er, og resonnererte seg frem på følgende vis:

Transkripsjonsutdrag 35 (Fg2):

180. Frida:	Det er et flytende stoff, tror jeg.
181. Intervjuer:	Er dere andre enig?
182. Una:	Eh, ja.
183. Berit:	Det er jo en edelgass da.
184. Intervjuer:	Hvor finner dere edelgassene?
185. Berit:	Det er bare de ytterste (peker på gruppe 18).
186. Frida:	Åja, glem det. Det blir en gass. Da får den åtte i ytterste skall og da blir det en edelgass.
187. Una:	Men når de deler.. Når de blir et stoff så deler dem jo.. Det blir jo et stoff sammen. Natrium og klor blir jo natriumklorid.
188. Intervjuer:	Og vet dere hva natriumklorid er?
189. Frida:	Hakke peiling, jeg.
190. Berit:	Læreren vår sier jo det ordet hele tiden.
191. Frida:	Men altså-
192. Una:	Et salt.
193. Intervjuer:	Mhm. (nikker på hodet).
194. Frida:	Men greia er jo at den får åtte i ytterste skall så det må jo bli en edelgass. Det er jo et ikke-metall.
195. Intervjuer:	Hva tenker du, Una?
196. Una:	Jeg vet ikke, men er det ikke edelgass når det er <i>ett</i> stoff? Eller, nei. Jeg føler hvertfall jeg har hørt at natriumklorid er et salt.

I utdraget diskuterer elevene om natriumklorid enten kan være et flytende stoff, en edelgass eller et salt. Berit har mest sannsynlig resonnerert seg frem til at det er en edelgass ved hjelp av åtteregelen og periodesystemet. Det kan tenkes at hun har brukt periodesystemet til å lese av at kloratomet har syv elektroner i ytterste skall og natriumatomet har ett elektron i ytterste skall. Som det kommer frem i utdraget over er elevene mest opptatt av at natriumklorid må være en edelgass, noe som betyr at de ser på NaCl som et molekyl. Barke et al. (2009, s. 22), samt Ringnes og Hannisdal (2014, s. 60) hevder at elever ofte har misoppfatninger om natriumklorid da de tror det er et molekyl, og ikke et salt bestående av ionebindinger. Det samsvarer med elevenes ytringer over. Utdraget gir også indikasjon på at elevene har misforstått forskjellen mellom edelgass og edelgasskonfigurasjon. NaCl har en edelgasskonfigurasjon, men er dermed ikke en edelgass. Det er Una som er mest nølende til at natriumklorid er en edelgass og foreslår til slutt at det er et salt. Basert på ytring 196 av Una virker det som hun har forståelse for at

edelgassene er monoatomiske gasser siden hun sier at de består av *ett* stoff, som kan tolkes som et fritt atom.

5.4.3 Oppsummering av hovedfunn fra «åtteregelen»

I rammen nedenfor er det en punktvis oppsummering av hovedfunnene fra temaet «åtteregelen».

- Flertallet av elevene tok utgangspunkt i åtteregelen da de skulle tegne et atom.
- Nesten alle elevene har forstått hva åtteregelen sier, og kunne illustrere den vha. atomets skallmodell.
- Mange av elevene hadde vanskeligheter med å illustrere åtteregelen i et molekyl.
- Noen av elevene nevnte at åtteregelen ikke gjelder i alle tilfeller, spesielt ikke for de større molekylene.
- Flere elever opplevde åtteregelen som uforståelig og forvirrende fordi de ikke vet når den kan brukes.
- Mange av elevene begrunnet kjemiske reaksjoner og stabilitet ut fra åtteregelen.
- Flere av elevene hadde ikke forstått forskjellen mellom edelgass og edelgasskonfigurasjon.

6 Diskusjon

Dette kapitlet diskuterer problemstillingen i lys av teoretiske og didaktiske perspektiver, tidligere forskning og funn fra resultat- og analysekapitlet. Diskusjonskapitlet er inndelt i fire deler: forståelse for grunnleggende kjemibegreper (6.1), modeller i undervisning (6.2), burde åtteregelen undervises? (6.3) og kritikk av studien (6.4). Forskningsspørsmålene og problemstillingen vil besvares mer konkret i avslutningen i kapittel 7.

6.1 Forståelse for grunnleggende kjemibegreper

Dette kapitlet diskuterer elevenes begrepsforståelse, alternative forestillinger, og sammenhengen mellom prestasjonsnivå i form av karakter vs. grunnleggende forståelse i naturfaget.

6.1.1 Å se sammenhenger mellom kjemibegreper

En vanlig utfordring elever kan møte på i naturfaget er å lære seg det naturvitenskapelige språket. En av grunnene er fordi det inneholder mange fagbegreper (Wellington & Osborne, 2001, s. 31). Forståelse for et begrep innebærer at elever må kunne definere det og gi eksempler, samt vise forståelse for tilhørende begreper (Mork & Erlien, 2014, s. 15-31). Dette samsvarer med det Grosslight et al. (1991) beskriver som aktiv begrepskontroll hvor eleven må kunne gi en definisjon av begrepet og bruke det i sammenheng med andre begreper.

Resultatene viser at elevene hadde lettere for å uttrykke seg om begrepene atomer og åtteregelen, sammenliknet med molekyler. Alle elevene kunne tegne og forklare et atom ved hjelp av skallmodellen, men det var varierende grad av kontroll da elevene skulle forklare atomets oppbygning. Noen viste aktiv kontroll på atomer og atommodeller da de kunne beskrive ulike bestanddeler av atomet, mens andre hadde liten kontroll da de ikke satte ord på hva atomkjernen inneholder eller ikke kunne «reglene» for elektronenes fordeling i de ulike skallene. Selv om forståelsen for atomer lå til grunn hos flere av elevene, viser resultater at elevene ikke nødvendigvis setter atombegrepet i sammenheng med molekylbegrepet. For eksempel sa flere elever at atomer kunne reagere ved å dele på elektroner, men de nevnte ikke eksplisitt at det dannes molekyler. Dette kan ses i sammenheng med at mange ikke klarte å gi riktige definisjoner av hva et molekyl er. Selv de elevene med gode karakterer i naturfag hadde utfordringer med å skille molekylbegrepet fra atomer og elektroner. Når det gjelder åtteregelen, var det mange elever som kunne forklare åtteregelen og tegne et atom med åtte elektroner i

ytterste skall. Resultatene viste derimot at de fleste elevene fikk utfordringer da de skulle illustrere åtteregelen i et molekyl.

Årsaken til at flere av elevene hadde vanskeligheter med å sette fagbegrepene i sammenheng med hverandre kan skyldes flere ting. For det første kan det være at elevene har glemt hva begrepene betyr. Ausubel (1963, s. 20-23) trekker frem at man fortore vil glemme fagstoff som man har pugget, sammenliknet med det som oppleves som meningsfullt. Pugging av fagstoff medfører også at den nye kunnskapen blir isolert fra de allerede eksisterende kognitive strukturene, og at det er vanskeligere å se sammenhenger i fagstoffet. En annen grunn til at elever har utfordringer med å forstå kjemibegreper som atomer, molekyler og åtteregelen er fordi de er abstrakte og usynlige (Mork & Erlien, 2014, s. 24). Disse begrepene kan ikke elevene observere direkte, og de må derfor forklares på mikronivået. Tidligere forskning viser at svakere elever har større preferanse for å forklare ved hjelp av makronivået (Leinæs, 2016, s. 57). I denne studien benyttet elevene hovedsakelig mikronivået i samtale om grunnleggende begreper.

Med tanke på at elevene før fokusgruppeintervjuene hadde lært om redoksreaksjoner, galvanisk element og energikilder, var det litt overraskende at de i liten grad anvendte dette i samtalen om grunnleggende kjemibegreper. Elevene nevnte flere ganger at atomer kan dele på elektroner i en kjemisk reaksjon, men det var lite snakk om at atomer kan avgi eller motta elektroner i redoksreaksjoner. Jeg antar derfor at det elevene har lært i løpet av Vg1 ikke har påvirket elevenes uttalelser i fokusgruppeintervjuene i stor grad. Mitt inntrykk var at mange av elevenes ytringer var basert på kunnskap og oppfatninger som de hadde fra grunnskolen. Denne antakelsen baserer seg også på at mange av elevene ytringer er gjennomgående med hvordan både *Eureka!* og *Tellus* har fremstilt kapitlene om grunnleggende kjemi.

6.1.2 Hvorfor-spørsmål bidrar til dypere forståelse

I kategori 5.2.3 resonnererte Julie (Fg1) seg frem til skallmodellen til boratomet ved å lese av atomnummeret til bor i periodesystemet. I tillegg brukte hun «reglene» for elektronenes plassering i de ulike skallene for å tegne atomstrukturen. Lignende resonnement brukte Frida (Fg2) da hun skulle hjelpe Berit (Fg2) med å tegne bor sin skallmodell. Som det kom frem i underkategori 5.2.3.2 stilte Berit mange spørsmål om hvorfor bor sin atomstruktur blir slik, og hvordan man henter ut informasjon fra perioder og grupper i periodesystemet. Fra mine funn virker det som Berit søkte forståelse på *hvorfor* ting er som de er. Dette mener Cooper (2015) er en viktig egenskap for å få dypere og helhetlig forståelse. Basert på flere av resultatene fra studien, er min oppfatning at Berit fikk godt utbytte av samtalen om bors skallmodell siden hun

klarte å overføre dette til nye situasjoner. Berit brukte mest sannsynlig kunnskap om periodesystemets oppbygning senere i intervjuet da hun resonnererte seg frem til at natriumklorid er en edelgass. Selv om natriumklorid ikke er en edelgass, viste hun indirekte forståelse for at natriumklorid får en edelgass-struktur ved å lese av ett ytterelektron på natrium og syv ytterelektroner på klor ved hjelp av periodesystemet.

I samtalen om bors skallmodell ble elevene i fokusgruppe 2 spurt om hvorfor det skal være tre ytterelektroner, og hvordan dette kan leses av ved hjelp av periodesystemet. En av elevene nevnte da at periodesystemet må være feil fordi bor er i gruppe 13 og ikke i gruppe 3. Dette resultatet kan diskuteres i lys av kognitiv konstruktivisme og meningsfull læring. Da elevene ikke fikk periodesystemet til å stemme, virket det som det oppsto en kognitiv konflikt fordi den nye kunnskapen ikke passet med eksisterende skjemaer. Etter at jeg hadde oppklart hvorfor bor er i gruppe 13, vil jeg påstå at elevene endret eksisterende skjemaer om periodesystemet. Antakeligvis førte dette til at periodesystemet opplevdes mer meningsfullt for elevene, noe Berit bekreftet eksplisitt. Med bakgrunn i disse funnene, kan man se at *hvorfor*-spørsmål kan ha en stor betydning for elevenes helhetlige forståelse, akkurat slik Cooper (2015) argumenterer for.

Et annet funn som kan diskuteres i lys av Coopers (2015) artikkel, er hvordan noen av elevene forklarte og tegnet vannmolekylets oppbygning. I følge Ringnes og Hannisdal (2014, s. 89) er det vanlig at elever kan glemme å tegne vannmolekylet bøyd, og at det heller tegnes lineært. Dette er ikke tilfellet i denne studien da vannmolekylet ble tegnet bøyd. Samtidig er det verdt å påpeke at ingen av de seks elevene kunne forklare hvorfor geometrien blir slik. En grunn kan være at de ikke har fått undervisning om det. En annen grunn er at de ikke har forstått hvorfor det skal være slik. For elevene kan kjemi oppleves mindre meningsfullt dersom de ikke har fått forklaringer som går i dybden eller blir satt i noen kontekst (Cooper, 2015). Som lærer mener Cooper (2015) at man skal gi elevene muligheten til å konstruere egne forklaringer på hvorfor ting er som de er, nettopp for å unngå at de bare memorerer fagkunnskapen.

6.1.3 Alternative forestillinger

Elevenes alternative forestillinger er en samlebetegnelse for hverdagsforestillinger og misoppfatninger, og innebærer at elevens oppfatninger ikke samsvarer med etablert naturvitenskapelig kunnskap. Hverdagsforestillingene sies å være enda vanskeligere å avlære enn misoppfatningene siden de har blitt dannet før elevene har fått undervisning om det (Ringnes og Hannisdal, 2014, s. 60). I resultat- og analysekapittelet ble det avdekket alternative forestillinger knyttet til flere grunnleggende kjemibegreper.

To av de høytpresterende elevene nevnte blant annet at et molekyl er et atom og at molekyler er små elektroner som svever rundt atomet. Disse uttalelsene kan omtales som det Barke et al. (2009, s. 22) kaller misoppfatninger siden det virker sannsynlig at de har blitt dannet gjennom undervisningen på skolen. Misoppfatningene som ble nevnt over belyser at elevene har problemer med å uttrykke seg korrekt ved hjelp av makronivået i samtalen om atomer, elektroner og molekyler. De nevnte kjemibegrepene er veldig abstrakte og ikke synlige for elevene, noe som kan være en av grunnene til at elevene har vanskelig for å avgi forklaringer som samsvarer med vitenskapelige forklaringer. Det kan også tenkes at de nevnte misoppfatningene stammer fra elevenes manglende modellforståelse. Denne antakelsen baserer seg på at en av elevene refererte til skallmodellen av et grunnstoffatom i beskrivelsen av et molekyl. Mathiassen (2015, s. 210), samt Harrison og Treagust (2000), har uttrykt bekymring for nettopp det at modeller kan forstås ulikt blant elever og bidra til å skape alternative oppfatninger.

En annen misoppfatning som ble avdekket var at noen av de høytpresterende elevene betraktet natriumklorid som en edelgass. Det betyr at de ser på natriumklorid som et gassmolekyl fordi det har oppfylt åtteregelen. At natriumklorid er en molekylforbindelse, og ikke en ioneforbindelse bestående av natrium- og kloridioner i krystallstruktur, hevder Ringnes og Hannisdal (2014, s. 60, 98) er en utbredt misoppfatning. Siden elevene i utvalget ga uttrykk for at natriumklorid er en edelgass, indikerer det også at de har misforstått forskjellen mellom edelgass og edelgasskonfigurasjon. Natriumklorid har en edelgasskonfigurasjon, men det er ikke dermed en edelgass. Dette funnet viser også at elevene i utvalget hadde problemer knyttet til makronivået. Mest sannsynlig har de både sett og lært at natriumklorid er vanlig bordsalt. At natriumklorid både ble betraktet som en edelgass og et flytende stoff, viser at elever kan ha utfordringer med å relatere kjemi til tidligere kunnskap og sette det i en kontekst som allerede er kjent.

Flere av elevene hadde også alternative oppfatninger om kjemiske reaksjoner. Ved bruk av makronivået hevdet nemlig Frida at stoffer som fordamper i kjemiske reaksjoner blir borte. Dette er ifølge Barke et al. (2009, s. 22) og Ringnes og Hannisdal (2014, s. 60) en vanlig hverdagsforestilling som elever kan ha dannet seg før de får undervisning om kjemiske reaksjoner.

Det er interessant å merke seg at elevene ofte greide å sette ord på flere begreper i kjemi, men da de skal forklare og tegne atommodeller kom flere misoppfatninger til syne. Nils og Berit fortalte at atomer deler på elektroner i en kjemisk reaksjon, men da de skulle illustrere elektronparbindingen i hydrogengass tegnet de ikke to elektroner i en elektronparbinding. Heller ikke Julie og Berit tegnet elektroner i en elektronparbinding da de skulle tegne to atomer som reagerer og fyller opp åtte elektroner i ytterste skall. Disse funnene kan derfor vise hvordan modeller kan brukes til å avdekke misoppfatninger.

Fra mine funn ser man at både høytpresterende og lavtpresterende videregående elever kan ha alternative forestillinger i kjemi, og at disse mest sannsynlig stammer fra grunnskolen. Treagust (2002) mener at det er en økende bekymring for at studenter som studerer kjemi på universitet fortsatt holder fast ved alternative forestillinger, og at disse bidrar til mindre effektiv læring på universitetet. Jeg må innrømme at da jeg begynte å lese forskningslitteratur i forbindelse med denne studien, oppdaget jeg at jeg selv hadde noen misoppfatninger i kjemi. Det er skremmende at man kan ha studert kjemi på universitetsnivå uten at disse har blitt endret. Dette belyser hvor vanskelig det er å oppdage og avlære alternative forestillinger fra grunnskolen og videregående skole. Sannsynligvis er det sikkert andre kjemistudenter som kan gjenkjenne seg i noen av de alternative forestillingene som er funnet i denne studien.

6.1.4 Prestasjonsnivå vs. grunnleggende forståelse

Til tross for at hensikten i denne studien ikke var å finne likheter og forskjeller mellom den høytpresterende og lavtpresterende gruppas begrepsforståelse, vil jeg likevel diskutere mine erfaringer rundt nivåinndelingen. Grunnen til at jeg vil kaste lys over dette aspektet er fordi jeg fikk inntrykk av det ikke var stor forskjell på de to fokusgruppene når det gjaldt deres grunnleggende kjemiforståelse. Jeg opplevde at elevene i begge fokusgruppene hadde alternative forestillinger og utfordringer med å uttrykke seg på flere av de samme intervju spørsmålene. Både Nils (Fg1) og Berit (Fg2) tegnet elektronparbindinger i et molekyl uten at atomene faktisk delte på elektroner. Lise (Fg1) og Una (Fg2) klarte for eksempel ikke å forklare hvorfor vannmolekylet skulle være bøyd. Samtidig vil jeg påstå Una var den eleven som i størst grad klarte å reflektere og sette begreper i sammenheng med hverandre. Hun var for eksempel mer kritisk til at natriumklorid var en edelgass, og klarte å tegne åtteregelen i et vannmolekyl. Generelt fikk jeg inntrykk av at både Lise (Fg1) og Berit (Fg2) var mer faglig usikre enn de andre forskningsdeltakerne.

Funnene som er nevnt over er ikke ment som kritikk mot lærere eller elever, men belyser heller at elever med god karakter i faget ikke nødvendigvis har mer dyptgående forståelse for grunnleggende begreper enn de med dårligere karakter. Lignende refleksjoner har også Mazur (1997) gjort om sin undervisning i fysikk og andre naturvitenskapelige introduksjonsfag ved Harvard universitet i USA. Han sier at han i flere år underviste på en tradisjonell måte og opplevde å få positiv respons. Da han i senere tid undersøkte elevenes begrepsforståelse fant han ut at resultatene ikke var like gode. Erfaringene til Mazur (1997) var at elever konsentrerer seg mer om å lære «oppskrifter» fremfor den underliggende forståelsen for begrepene. Som et resultat av dette vil mange elever memorere strategier for å løse et problem fremfor å få forståelse for de grunnleggende prinsippene. Dette hevder Mazur (1997) gir dårligere elevprestasjoner og kan føre til mer frustrasjon.

6.2 Modeller i undervisning

Dette kapittelet diskuterer elevenes forståelse for atomet som en modell, og hvordan de klarer å sette ord på hva modeller egentlig representerer.

6.2.1 Ulike typer atommodeller

Resultatene viser at alle elevene tok utgangspunkt i skallmodellen da de tegnet atomer og molekyler. Sannsynligvis er elevene mest kjent med denne atommodellen fra undervisningen. Det var kun Nils som trakk frem at atomet kan ha en tredimensjonal form, men han tegnet likevel ikke denne da han ble bedt om å tegne et atom. Grunnen kan være at det er lettere å tegne og forstå atomet når det er illustreres i et todimensjonalt plan. I kapittel 3.8.1 ser man eksempler på hvordan noen elever i andre studier har tegnet et atom. Eide (2017) har i sin masteroppgave vist frem to 9. klasseelevers tegninger av et atom hvor begge tok utgangspunkt i skallmodellen. Til sammenlikning med Abdo og Taber (2009) sin studie, tegnet tre svenske elever et atom ved hjelp av både skallmodellen og planetmodellen.

Både skallmodellen og planetmodellen avbilder atomet som et planetlignende system, noe Eggen et al. (2015) påpeker som både misvisende og feil. En av grunnene til at Eggen et al. (2015) er kritisk til atommodeller i et planetlignende system kan være at elevene får et ukorrekt bilde av hvordan elektronskallene ser ut i virkeligheten. Et slikt misvisende bilde kan bidra til å danne alternative forestillinger hos elever. Et planetlignende system kan dessuten være i konflikt med atommodeller elevene møter på et senere undervisningstrinn, som for eksempel skymodellen basert på Schrødingers atommodell.

Ringnes og Hannisdal (2014, s. 173) foretrekker derimot skallmodellen basert på Bohr sin atommodell fordi den er tilpasset elevenes behov, og beskriver atomets oppbygning og elektronfordeling. De mener at skymodellen ikke egner seg på ungdomsskolen. I følge teori om modeller (kapittel 3.6) finnes det svakheter ved alle modeller. Det kan derfor være vanskelig å finne et bedre alternativ til de atommodellene som brukes i moderne læreverker i dag. Samtidig er det verdt å nevne at læreplanen i naturfag ikke nevner atommodeller eksplisitt, og den ikke legger noen føringer for hvilken atommodell elever skal bruke. Likevel hevder Ringnes og Hannisdal (2014, s. 173), Grosslight et al. (1991) og Harrison & Treagust (2002) at elever bør få eksplisitt undervisning om modeller, samt gjøres bevisste på hvilke forhold ved modeller som samsvarer og ikke samsvarer med virkeligheten.

Grosslight et al. (1991) poengterer at elever burde ha forståelse for hvordan ulike modeller kan brukes for å visualisere ett og samme fenomen. Da Nils skulle tegne et atom tok han utgangspunkt i skallmodellen og tegnet sirkulære elektronskall. Samtidig nevnte han at elektronskallene i skallmodellen egentlig skal være mer avlange, noe jeg tolket kunne tilsvare de elliptiske banene i planetmodellen. Disse resultatene viser at Nils har forstått at man kan bruke ulike modeller for å visualisere elektronskallene. Samtidig er det verdt å trekke frem at ingen av elevene nevnte at elektronene kunne befinne seg i såkalte skyer, som i skymodellen. Dette var litt overraskende, i og med at skymodellen blir presentert som en alternativ modell til skallmodellen i *Tellus*. På en annen side var det bare Frida og Lise som brukte *Tellus* på ungdomsskolen.

6.2.2 Ulik grad av modellforståelse

Resultatene fra denne studien viser at flertallet av elevene befant seg på nivå 2 av Grosslight et al. (1991) sin kategorisering av modellforståelse. Mange elever viste forståelse for at atommodeller ikke er direkte kopier av virkeligheten. For eksempel ble det trukket frem at elektronskallene i skallmodellen egentlig ikke finnes og at atommodeller ikke har riktig størrelsesforhold med virkeligheten. Elevene beskrev også ulike formål som atommodeller har. Blant annet skal atommodeller visualisere naturvitenskapen og forenkle fagstoffet.

I følge Mathiassen (2015, s. 211) kan modeller kommunisere på ulike måter til elevene, noe som samsvarer med mine funn. Frida skilte seg fra de andre elevene ved å vise trekk av modellforståelse på nivå 1 da hun nevnte at atommodeller kan passe ganske bra med virkeligheten. En slik oppfatning kan skyldes at Frida ikke har fått eksplisitt undervisning om modeller. Det kan medføre at hun ikke er bevisst på de sidene ved en modell som samsvarer og ikke samsvarer med virkeligheten. Berit hadde også utfordringer knyttet til modellforståelse.

Hun hadde ikke forstått skallmodellen og hvordan elektronene plasseres i de ulike skallene. I tillegg hadde hun utfordringer med å beskrive og tegne återegelen, som ifølge Ringnes og Hannisdal (2014, s. 167) klassifiseres som en teoretisk modell.

6.2.3 Positive og negative sider ved atommodeller

Noen av elevene påpekte at elektronskallene i skallmodellen ikke finnes eller at de ser mer avlange ut i virkeligheten. Jeg tolket disse funnene som at elevene anså elektronskallene som en begrensning ved skallmodellen. Styrker og begrensninger ved modeller tilsvarer det Ringnes og Hannisdal (2014, s. 162) kaller positive og negative sider. De forholdene ved en modell som samsvarer godt med virkeligheten kalles positive sider, mens de forholdene som presenteres galt i en modell er de negative sidene. Min oppfatning er derfor at noen av elevene kunne reflektere over hvorfor elektronskallene er en negative side ved skallmodellen.

Da elevene diskuterte vannmolekylets geometri, kom det frem at Frida hadde erfaring med kulepinnemodellen. Hun nevnte at vannmolekylet bygges bøyd på grunn av byggeklossenes hull. Det tyder på at Frida har reflektert over at bindingsvinkelen vises ved å bruke kulepinnemodellen, noe Ringnes og Hannisdal (2014, s. 170) sier er en av de positive sidene ved denne atommodellen.

6.3 Burde återegelen undervises?

I det følgende vil jeg diskutere om vi burde undervise återegelen, eller ikke. Fra resultatene i denne studien er det tydelig at mange av elevene brukte återegelen aktivt i samtale om atomer og molekyler. For eksempel tok over halvparten utgangspunkt i återegelen da de skulle tegne et atom. Noen av elevene begrunnet kjemiske reaksjoner og stabilitet ut fra återegelen, og benyttet samtidig et antropomorft språk. På den ene siden virker der derfor som at elevene opplever kjemi som mer fornuftig når de kan støtte seg til återegelen i sine resonnement og antakelser.

På den andre siden hevder flere at det er misvisende hvordan återegelen omtales i lærebøker, og at den kan være et hinder for videre læring (Taber & Coll, 2002, s. 215-217; Eggen et al., 2015). Selv om återegelen virker å ha generell gyldighet og brukes som begrunnelse på kjemiske reaksjoner og kjemisk stabilitet (Ekeland et al., 2007; Hannisdal et al., 2007), har den et begrenset anvendelsesområdet. Som nevnt i kapittel 3.8.2 kan den for eksempel ikke brukes til å forklare hvorfor metangass, med fullt ytterskall av åtte elektroner, reagerer med oksygen. Samtidig sier Taber og Coll (2002, s. 217) at det ofte er lite diskusjon på ungdomsskolenivå om hvorfor kjemiske reaksjoner skjer fordi det er for vanskelig tema å undervise. Åtteregelen blir derfor brukt som en forenklet forklaring på flere fenomener, fordi det mangler en alternativ

forklaringsmodell som er tilstrekkelig på dette nivået. Undervisning om grunnleggende kjemi uten åtteregelen hadde med andre ord ført til et «forklaringsvakuum» for elevene.

På grunn av måten åtteregelen uttrykkes på i lærebøkene *Eureka!* og *Tellus*, er det ikke overraskende at elevene i denne studien ofte brukte åtteregelen i sine antakelser om kjemiske reaksjoner og stabilitet. De fleste uttrykte at atomer reagerer for å oppfylle åtteregelen slik at de blir edle og stabile. Lise derimot, svarte at atomene ville være bli reaktive om de oppnår fullt ytterskall. Min oppfatning er at elevene ikke har konstruert alternative forestillinger om åtteregelen selv, men at disse er godt innprentet fra grunnskolens undervisning og lærebøker. Det er derfor plausibelt å anta at forenklinger i kjemi fører til at elevene får et ukorrekt bilde av hvordan stoffer er bygd opp og hvorfor de reagerer.

Taber (2000) argumenterer for at vitenskapelige modeller må være tilpasset elevenes faglige nivå, men samtidig må de kunne utvides og fremme læring på senere undervisningstrinn. Det vil si at modeller som ikke er laget med tanke på en naturlig progresjon kan hindre videre læring. Åtteregelen er en teoretisk modell som elevene ikke bygger videre på etter ungdomsskolen og videregående skole. I kontrast til åtteregelen, belyser Brekke (2012, s. 17, 69) at partikkelmodellen kan brukes på mange undervisningstrinn og kan bidra til å forklare svake bindingstyper mellom molekyler, og egenskaper som smeltepunkt, viskositet og overflatespenning. Hun trekker også inn Coulombs lov, og stiller spørsmål om denne kan fungere som et motvekt til den enerådende og godt innprentete åtteregelen.

Ringnes og Hannisdal (2014, s. 173) hevder at en god modell er enkel i sin konstruksjon og tilpasset elever på det aktuelle trinnet. Disse to kriteriene kan brukes som argument for å bruke åtteregelen da den er enkel å fremstille og visualisere. Frida dro for eksempel nytte av regelen da hun tegnet vannmolekylet. Likevel vil jeg trekke frem noen resultater fra denne studien som viser at åtteregelen ikke nødvendigvis oppleves forståelig og nyttig. Berit misforsto for eksempel åtteregelen siden hun trodde den gikk ut på at atomer skulle ha åtte elektroner totalt i et atom. Andre elever ga uttrykk for at åtteregelen medfører frustrasjoner siden den ikke kan brukes i alle tilfeller. Noen elever nevnte at de har stått igjen med ubesvarte spørsmål i undervisningen når de ikke har fått ordentlig svar på hvor åtteregelen kan anvendes og ikke. Samtidig var flertallet bevisst på at åtteregelen ikke har generell gyldighet, men det var kun et fåtall som presiserte at den ikke gjelder for store molekyler.

Ringnes og Hannisdal (2014, s. 93) oppfordrer til at elever bør prøve å tegne elektronprikkemodeller molekyler med ufullstendig eller utvidet oktett for å få innsikt i åtteregelens gyldighet. I denne studien valgte jeg å vise elevene skallmodellen til svovelheksafluorid (SF₆) i håp om at elevene kunne finne bristepunkter ved åtteregelen. Selv om ikke alle elevene uttalte seg om denne skallmodellen, var det noen som resonnererte seg frem til at åtteregelen ikke gjelder i dette tilfellet. Å vise noen konkrete eksempler på utvidet eller ufullstendig oktett kan være hensiktsmessig for å belyse åtteregelens anvendelsesområde, spesielt for de elevene som ønsker å studere kjemi på et høyere nivå. Det kan samtidig være viktig å presisere overfor elevene at de ikke trenger å ha dyp forståelse for åtteregelens unntaksregler når de befinner seg på ungdomsskole- og videregående nivå.

Dersom åtteregelen fortsatt skal undervises, mener jeg at det må presiseres enda tydeligere at regelen er en forenkling og at den har et begrenset anvendelsesområdet. Dette argumentet er med bakgrunn i *Eureka!* sin formulering om åtteregelen: «det er aldri mer enn åtte elektroner i det ytterste skallet til et atom» (Hannisdal et al., 2007, s. 15). I undervisningen mener jeg også at molekyler som ikke følger åtteregelen gjerne kan eksemplifiseres. Lærere burde i tillegg bruke et antropomorft språk med forsiktighet i undervisning om åtteregelen fordi elever ikke skal forbinde molekylære interaksjoner med sosiale og menneskelige interaksjoner (Taber & Coll, 2002, s. 216-217). Dersom åtteregelen ikke skal brukes i undervisningen, mener jeg at det må etableres en ny forklaringsmodell som er tilpasset elevenes nivå og som er tydelig å forstå. Dersom den nye forklaringsmodellen har noen forhold som ikke samsvarer med vitenskapen, bør dette undervises eksplisitt for å unngå å skape alternative forestillinger hos elevene.

6.4 Kritikk av studien

Utover det jeg har kommentert om forskningens kvalitet i kapittel 4.6, vil jeg her knytte noen refleksjoner til gjennomføringen av de to fokusgruppeintervjuene.

I etterkant av datainnsamlingen dannet jeg meg inntrykk av at elevene i fokusgruppe 1 ikke fikk like mange oppfølgingsspørsmål som elevene i fokusgruppe 2. En av grunnene kan være at jeg ikke var like trygg i rollen som moderator i det første intervjuet, og derfor var mer forsiktig med å følge opp med spørsmål. Det kan også tenkes at jeg var redd for at spørsmålene kunne bli for ledende eller at elevene følte seg ukomfortable med å få mange spørsmål. På en annen side kan det skyldes at elevene i den lavtpresterende gruppa var mer passive og ikke ga utfyllende svar. Elevene i fokusgruppe 2 fikk jeg inntrykk av spilte mer på hverandres utsagn og var mer kritiske til hverandres kommentarer. Det kan tenkes at disse elevene var mer aktive

fordi de kjente hverandre godt fra før eller at jeg hadde fått mer erfaring som moderator. Om ikke elevene i hver av fokusgruppene fikk like mange oppfølgingsspørsmål, er min oppfatning at de ble stilt omtrent samme type spørsmål i begge intervjuene.

7 Avslutning

I denne masterstudien har jeg undersøkt hvilken forståelse seks naturfagelever på Vg1 har for begrepene atom, molekyl og åtteregelen. De nevnte begrepene, som elevene skal ha forkunnskaper om fra grunnskolen, er nært knyttet til modeller og alternative forestillinger. Avslutningsvis vil jeg nå besvare forskningsspørsmålene, samt komme med en konklusjon på problemstillingen og forslag til videre studier.

7.1 Svar på forskningsspørsmål

1. *Hva forstår elevene med et atom?*

I samtale om atomer og atommodeller måtte elevene knytte sammen tilhørende begreper som elektronskall, atomkjerne, proton, nøytron og elektron for å vise aktiv begrepskontroll på atomer og atommodeller. En av de lavtpresterende elevene og to av de høytpresterende elevene viste aktiv kontroll på atomer og atommodeller. De resterende elevene viste liten grad av kontroll på atomer og atommodeller siden de ikke ga riktige definisjoner eller ikke satt tilhørende begrepene i sammenheng med hverandre. Samtidig er det verdt å nevne at alle elevene evnet å tegne et atom ved hjelp av skallmodellen, og at elevene i hovedsak benyttet seg av mikronivået i samtale om atomer.

2. *Hvilken rolle spiller modeller i forståelse av hva et atom er?*

Alle elevene brukte atommodeller aktivt i store deler av fokusgruppeintervjuene, hvor de både refererte til skallmodellen, planetmodellen og kulepinnemodellen. Ingen av elevene nevnte skymodellen. Da elevene skulle tegne et atom tok alle utgangspunkt i skallmodellen. Flertallet kunne beskrive hva skallmodellen representerer. Mange av elevene ga også uttrykk for at atommodeller ikke ligner atomer i virkeligheten, og at modeller har flere ulike formål. En av elevene hadde også forståelse for at ulike atommodeller som skallmodellen og planetmodellen, kan brukes for å forklare ett og samme fenomen. Med bakgrunn i disse funnene tolket jeg at flertallet av elevene befant seg på det Grosslight et al. (1991) beskriver som nivå 2 av modellforståelse.

Noen av elevene fant styrker og begrensninger ved ulike modeller. At elektronskallene i skallmodellen egentlig ikke finnes, ble ansett som en begrensning ved denne modellen. Likevel brukte alle elevene elektronskallene til å si noe om hvor elektronene fordeler seg rundt atomet. En annen elev trakk frem at man kan se bindingsvinkelen i kulepinnemodellen, noe som er en styrke ved denne atommodellen.

Mine funn indikerer at de fleste hadde god forståelse og nytte av å bruke modeller for å forstå hva et atom er. På en annen side viser resultater at en av elevene befant seg på nivå 1 av modellforståelse, da modeller ble sagt å samsvare godt med virkeligheten.

3. Hvordan forstår elevene molekyl dannelse fra atomer?

I undersøkelsen kom det frem at flere av elevene viste liten grad av kontroll på molekylbegrepet fordi de enten hadde liten kjennskap til begrepet eller hadde alternative forestillinger om det. Overraskende nok, hadde de høytpresterende elevene for eksempel vanskeligheter med å skille molekyl fra et atom og elektroner. Mange av elevene snakket om at to atomer kunne reagere ved å dele på elektroner, men de brukte ikke denne forståelsen til å snakke om dannelsen av molekyl. Da de skulle tegne hvordan to atomer deler på elektroner, var det mange som ikke tegnet elektronene i en elektronparbinding. Det tyder på at elevene har misforstått hvordan atomer binder seg sammen til molekyl.

Samtidig er det verdt å nevne at da noen av elevene brukte vannmolekylet som eksempel for å beskrive molekyl, viste de høyere grad av begrepskontroll. Årsaken kan være fordi de hadde erfaring med vannmolekylet fra før, og klarte å anvende kunnskap om dets sammensetning til å si noe generelt om hva molekyl er. Elevene evnet å tegne bøyde geometri på vannmolekylet, men de kunne ikke forklare hvorfor.

4. Hvilken rolle spiller åtteregelen i elevenes forståelse for hvordan atomer går sammen til molekyl?

Når det gjelder åtteregelen viste flere av elevene aktiv begrepskontroll. Nesten alle, utenom en elev, kunne forklare hva åtteregelen går ut på, og illustrere den ved hjelp av skallmodellen til et atom. Da elevene skulle illustrere reaksjonen mellom to atomer som får oppfylt åtteregelen, fikk mange av elevene problemer. En elev tegnet åtte elektroner totalt i molekylet, i stedet for åtte elektroner i ytterste skallet. Noen andre tegnet et molekyl med åtte i ytterste skall, men uten elektronparbinding. En av elevene evnet å tegne åtteregelen i et molekyl riktig ved å bruke vannmolekylet som eksempel.

Flere av elevene begrunnet kjemiske reaksjoner ut fra åtteregelen. De sa at atomer helst vil oppfylle åtteregelen ved å dele på elektroner slik at de får fullt ytterskall. Dette begrunnet de med at atomer «ønsker» å bli edle og stabile. Funnene fra denne studien viser at elevene kan benytte seg av antropomorfe forklaringer i samtale om åtteregelen og kjemiske reaksjoner.

Selv om mange av elevene brukte åtteregelen aktivt i samtale om hvordan atomer går sammen til molekyler, var det flere som uttrykte at åtteregelen skaper forvirring og frustrasjon. Dette ble begrunnet med at de ikke visste i hvilke tilfeller den gjelder.

5. Hvordan bruker elevene periodesystemet til å resonnerer seg frem til atomstruktur og molekyl dannelse?

Alle elevene fikk utdelt en ukjent skallmodell og resonnerer seg frem til at det var natriumatomet. De fleste elevene telte antall elektroner (11), og sammenliknet dette med atomnummer 11 i periodesystemet. Andre derimot, leste av informasjon på rader og kolonner til å finne frem til at det var natriumatomet sin skallmodell.

Da elevene skulle tegne et valgfritt grunnstoffatom ved hjelp av periodesystemet, tegnet både Frida (Fg1) og Berit (Fg2) skallmodellen til boratomet. Berit var usikker på hvordan man henter ut informasjon fra periodesystemet og fikk hjelp av de andre i fokusgruppa. I begge fokusgruppene tok elevene utgangspunkt i atomnummeret, dvs. antall protoner i atomkjernen, for å tegne atomstrukturen til bor. De brukte også reglene for elektronfordeling i de ulike skallene. Fra resultatene kom det frem at begreper som perioder, grupper, hovedgrupper og innskuddsmetaller virket lite kjent for elevene. Flere av elevene virket ikke å ha forstått hvordan antall ytterelektroner varierer med gruppenummeret for hovedgruppe 1-2 og 13-18. En elev trodde for eksempel at periodesystemet var feil siden bor, som har tre ytterelektroner, er i gruppe 13 og ikke i gruppe 3.

Da elevene skulle tegne reaksjonen mellom to atomer som får oppfylt åtteregelen brukte de fleste elevene periodesystemet aktivt. En elev tok utgangspunkt i gruppenummeret 14, og tegnet silisiumkarbid. Både silisium og karbon har fire elektroner hver i ytterste skall, som til sammen gir åtte ytterelektroner. En annen elev prøvde å tegne karbondioksid, men klarte ikke å illustrere hvordan karbonatomet og oksygenatomene bindes sammen ved hjelp av elektronparbindinger. Elevene som tegnet vannmolekylet mestret å tegne dette riktig. Det kan skyldes at elevene har sett hvordan dette molekylet skal se ut, og at de klarte å anvende tidligere kunnskap.

7.2 Konklusjon

Basert på funnene fra studien vil jeg besvare problemstillingen: *Hvilken forståelse har seks naturfagelever på Vg1 for atomer, molekyler og åtteregelen?*

Mange av elevene viste forståelse for hva et atom er, hvordan det er bygd opp og hva modeller av atomer viser. Flertallet av elevene hadde derimot utfordringer med å sette atomer i sammenheng med molekyler, og illustrere hva som menes med en elektronparbinding. Flere av elevene virket å ha god kjennskap til åtteregelen, og brukte den aktivt i begrunnelsene for hvorfor kjemiske reaksjoner skjer. Funn fra studien viser likevel at elever kan ha utfordringer med åtteregelen. Noen hadde misforstått hva åtteregelen går ut på, mens andre nevnte at den var vanskelig å forstå siden den ikke kan anvendes i alle tilfeller.

Studien avdekket flere alternative forestillinger og manglende dybdeforståelse knyttet til flere kjemibegreper. Alternative forestillinger kan blant annet stamme fra grunnskolens lærebøker og elevens manglende modellforståelse, og kan bidra til at videre læring blir mer utfordrende. Manglende dybdelæring kan skyldes at elevene ikke har blitt utfordret på *hvorfor*-spørsmål, å se sammenhenger i faget eller formulere egne forklaringer.

På et overordnet plan vil jeg konkludere med at elevene i utvalget viser en generell grunnleggende kjemiforståelse. Dessverre avdekker også studien at mange av elevene har manglende kunnskap og alternative forestillinger om kjemibegrepene som er undersøkt i denne studien.

7.3 Forslag til videre forskning

I denne studien har återregelen blitt problematisert og diskutert i lys av forskningslitteratur. Arbeidet med denne masteroppgaven har ikke kommet frem til en løsning på utfordringene med återregelen, men har eksemplifisert og diskutert hvordan den påvirker elevenes forståelse. Forhåpentligvis kan funnene fra denne studien bidra til å kaste lys over positive og uheldige sider ved återregelen, og være et grunnlag for videre forskning.

Kapittel 6.1.4 viser en antydning til at det ikke er en god sammenheng mellom prestasjonsnivå, i form av karakter, og grunnleggende forståelse i faget. Dette kan likevel ikke generaliseres siden det er et lite utvalg av elever. Grunnen til en slik korrelasjon kan skyldes måten nåværende læreplan og lærebøker har lagt opp naturfaget på, i kombinasjon med undervisningsopplegg og skolekultur. Naturfag på grunnskolen og Vg1 har et omfattende pensum, og dekker mange temaer. Med bakgrunn i dette aspektet kunne det vært interessant å undersøke grunnleggende kjemiforståelse hos naturfagelever *etter* innføring av den nye læreplanen, der dybdelæring blir vektlagt. Den trer i kraft fra høsten 2020. Da kan det tenkes at elevene går mer i dybden i faget, stiller mer *hvorfor*-spørsmål, og ser bedre sammenheng mellom fagbegreper og temaer i naturfaget.

En annen vinkling kunne vært å forske på grunnleggende kjemiforståelse hos kjemistudenter på universitetet eller kjemilærere som jobber i skolen. Da kunne det vært interessant å sett om disse fortsatt holder fast ved alternative forestillinger som kan stamme fra grunnskolen. Om det viser seg at alternative forestillinger og svake forkunnskaper i grunnleggende kjemi er gjennomgående på flere alderstrinn, bør det etter mitt synspunkt vurderes om det skal utvikles et nytt forklaringsrammeverk.

I videre forskning kan det også være aktuelt å benytte seg av datatriangulering for å få økt kredibilitet i forskningen. Da kunne det vært relevant å gjennomføre en spørreundersøkelse med flere forskningsdeltakere, i tillegg til dybdeintervju av et lite utvalg forskningsdeltakere.

8 Litteraturliste

- Adbo, K. & Taber, K.S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786. doi:10.1080/09500690701799383
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E.K., Kolstø, S.D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Kristiansand: Høyskoleforlaget AS - Norwegian Academic Press.
- Asimov, I. (1984). *The history of physics*. New York: Walker Publishing Company.
- Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning: an introduction to school learning*. New York Grune & Stratton.
- Barke, H.-D., Hazari, A. & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Münster: Springer.
- Black, M. (1962). *Models and metaphors. Studies in language and philosophy*. New York: Cornell University Press.
- Bravo, M.A., Cervetti, G.N., Hiebert, E.H. & Pearson, D.P. (2006). From passive to active control of science vocabulary. I D.W. Rowe (red.), *The 56th Yearbook of the National Reading Conference* (s. 264-275). Oak Creek: National Reading Conference.
- Brekke, E.R. (2012). *Undervisning av kjemisk binding som gir økt innsikt i stoffers oppbygning og egenskaper*. Masteroppgave. Institutt for kjemi. NTNU.
- Brock, W.H. (1992). *The fontana history of chemistry*. London: Fontana Press.
- Chang, R. & Goldsby, K.A. (2014). *General chemistry: The essential concepts* (7. utg.). New York: McGraw-Hill.
- Cooper, M.M. (2015). Why ask why? *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1273-1279.
- Dhindsa, H.S. & Treagust, D.F. (2014). Prospective pedagogy for teaching chemical bonding for smart and sustainable learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 435-446.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Eggen, P.-O., Bøe, M.V., Fimland, N., Johansen, A., Nilsen, T., Olsen, R.V., . . . Øren, F. (2015). *Naturfagene i norsk skole anno 2015 - Faggjennomgang av naturfagene - Rapport fra ekstern arbeidsgruppe oppnevnt av Utdanningsdirektoratet*. Hentet fra <https://www.udir.no/globalassets/filer/tall-og-forskning/forskningsrapporter/naturfag-rapport.pdf>
- Eide, S.M. (2017). *"Det er greit å ha et bilde å sette ordene på"*. Masteroppgave. Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap. Institutt for lærerutdanning. NTNU.
- Ekeland, P.R., Johansen, O.-I., Strand, S.B., Rygh, O. & Jenssen, A.-B. (2007). *Tellus 9. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Aschehoug.
- Firestone, W.A. (1993). Alternative arguments for generalizing from data as applied to qualitative research. *Educational Researcher*, 22(4), 16-23.
- Gray, D.E. (2013). *Doing research in the real world*. London: Sage.
- Grosslight, L., Unger, C. & Jau, E. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Grønneberg, T., Hannisdal, M., Pedersen, B. & Ringnes, V. (2007). *Kjemien stemmer. Kjemi 1 grunnbok*. Oslo: Cappelen Forlag AS.
- Guba, E.G. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries. *Educational Communication and Technology*, 29(2), 75-92.
- Hannisdal, M., Haugan, J. & Munkvik, M. (2007). *Eureka! Naturfag for ungdomstrinnet - grunnbok 9*. Oslo: Gyldendal Undervisning.

- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Haug, B.S. & Ødegaard, M. (2014). From words to concepts: Focusing on word knowledge when teaching for conceptual understanding within an inquiry-based science setting. *Research in Science Education*, 44(5), 777-800.
- Heskestad, P.A., Liebich, H., Lerstad, I.K. & Engan, A. (2015). *Kosmos SF: Naturfag for studieforberedende utdanningsprogram* (5. utg.). Oslo: Cappelen Damm.
- Husèn, T. (1988). Research paradigms in education. I J.P. Keeves (red.), *Educational research, methodology, and measurement: An international handbook* (s. 17-20). Oxford, UK: Pergamon Press.
- Johnstone, A.H. (1982). Macro- and microchemistry. *The School Science Review*, 67(277), 377-379.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A.H. (2009). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative research. Introducing focus groups. *BMJ: British medical journal*, 311(7000), 299.
- Kragh, H. (2013). Kapittel 3. Bohr og fysikken. I V.A. Bohr, T. Bohr, H. Topsøe, H. Knudsen, H. Nielsen, F. Aaserud, K. Grandin, H. von Bülow, H. Kragh, A.C. Andersen, K. Mølmer, D. Favrholt, J. Faye & H. Zinkernagel (red.), *Bohr på ny*. København: Forlaget Epsilon.dk.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (2. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Leach, J. & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12(1), 91-113.
- Lehn, J.-M. (1995). *Supramolecular chemistry. Concepts and perspectives*. Weinheim: VCH.
- Leinæs, J.-A.L. (2016). *Konseptuell forståelse og bruken av mikro-makrooverganger i kjemi - En studie av kjemi 2-elevers konseptuelle forståelse (målt ved hjelp av et CCI verktøy) og bruk av mikro-makrooverganger i forklaringer av kjemiske fenomen*. Masteroppgave. Program for lærerutdanning. NTNU.
- Levere, T.H. (2001). *Transforming matter. A history of chemistry from alchemy to the buckyball*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Lincoln, Y.S. & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry* (Vol. 75). Newbury Park, London, New Delhi: Sage.
- Mathiassen, K. (2015). Bruk av modeller i biologiundervisning. I P. van Marion & A. Strømme (red.), *Biologididaktikk* (2. utg., s. 218). Oslo: Cappelen Damm.
- Mazur, E. (1997). Understanding or memorization: Are we teaching the right thing? *Conference on the introductory physics course*, 1-17.
- Mork, S.M. & Erlien, W. (2014). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Nahum, T.L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Taber, K.S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179-207.
- NESH. (2016). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teknologi* (4. utg.). Oslo: Den nasjonale forskningsetiske komité for samfunnsvitenskap og humaniora.

- Pedersen, B. (1998). *Generell kjemi for universiteter og høyskoler* (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Postholm, M.B. (2005). *Kvalitativ metode. En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier* (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk: kjemi i skolen* (3. utg.). Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real world research. A resource for users of social research methods in applied settings* (4. utg.). United Kingdom: Wiley.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2013). *Skolen som læringsarena. Selvoppfatning, motivasjon og læring*. (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- St. meld. nr. 28. (2015-2016). *Fag – Fordypning – Forståelse. En fornyelse av Kunnskapsløftet*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Sureden. (2017). Bohr model of hydrogen atom. Hentet 06.03.2018, fra <http://www.sureden.com/topics/11-pmt-chemistry-structure-of-atom-bohr-model-of-hydrogen-atom-471.html>
- Taber, K.S. (2000). Finding the optimum level of simplification: The case of teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(5), 320.
- Taber, K.S. (2009). College students' conceptions of chemical stability: The widespread adoption of a heuristic rule out of context and beyond its range of application. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1333-1358.
- Taber, K.S. & Coll, R.K. (2002). Bonding. I J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J.H. van Driel (red.), *Chemical education: Towards research-based practice* (s. 213-231). London: Kluwer Academic Publisher.
- Tan, K.C.D., Goh, N.K., Chia, L.S. & Treagust, D. (2009). Linking the macroscopic, sub-microscopic and symbolic levels: The case of inorganic qualitative analysis. I J.K. Gilbert & D. Treagust (red.), *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4, s. 137-149). Nederland: Springer.
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse. En innføring i kvalitativ metode* (4. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Treagust, D.F. (2002). Teaching and learning about chemical compounds. I J.K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J.H. van Driel (red.), *Chemical education: Towards research-based practice*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Utdanningsdirektoratet. (2013). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. Hentet fra <https://www.udir.no/kl06/NAT1-03/Hele/Kompetansemaal/kompetansemal-etter-10.-arstrinn>.
- Weller, M., Overton, T., Rourke, J. & Armstrong, F. (2014). *Inorganic chemistry* (6. utg.). United Kingdom: Oxford University Press.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Yin, R.K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4. utg.). Los Angeles: Sage.

Vedlegg A.1: Intervjuguide

Tema 1: Generelt om naturfag/kjemi

- 1) Liker dere naturfag?
 - a. Hvorfor / hvorfor ikke?
 - b. Hvilke deler av naturfaget syns dere er mest interessant?
 - c. Hva syns dere er mest utfordrende i faget?
 - d. Har deres interesse/motivasjon i naturfag endret seg gjennom skolegangen?
- 2) Har dere tenkt å velge fordypning i realfag på vg2/vg3?
 - a. Hvorfor / hvorfor ikke?
 - b. Evt. Hvilke realfag?
- 3) Hvilken lærebok brukte dere på ungdomsskolen? Eureka, Tellus?

Tema 2: Elevens forståelse av atomer og molekyl

- 1) Hvilke ord og begreper tenker dere på når jeg sier ordet kjemi?
- 2) Hva forbinder dere med et atom?
 - a. Kan dere tegne et atom? Be dem forklare tegningen sin.
 - b. Hva består et atom av?
 - i. Hvor ville dere/har dere plassert disse i tegningene deres?
 - c. Hvis jeg sier ordet ion. Hva tenker dere da?
 - d. Hva forbinder dere med et molekyl?
 - i. Kan dere gi et eksempel på et ion og et molekyl?
 - e. Kan dere si noe om hva som skjer når to atomer reagerer?
- 3) Er dette noe dere syns er greit å forstå eller er det vanskelig? Hva er det i så fall som er vanskelig?

Tema 3: Atommodell

- 4) Her ser dere en atommodell (Deler ut skallmodellen av natrium, se vedlegg A.2). Hva viser denne?
 - a. Kan dere tenke dere til hvilket grunnstoff dette er ved hjelp av periodesystemet? (Her får de utdelt periodesystemet, se vedlegg A.3)
 - b. Hvordan kom dere frem til dette?
 - i. Hvorfor så mange elektroner i ytterste skall?
- 5) Be dem tegne atommodellen til et valgfritt grunnstoff. Be dem sette ord på det de tegner.

Tema 4: Periodesystemet

- 1) Hva er periodesystemet?
- 2) Hvorfor heter det periodisk, tror dere?
- 3) Hva er sammenhengen mellom atom og grunnstoff når dere ser periodesystemet?

Tema 5: Åtteregelen

- 1) Har dere hørt om åtteregelen?
- 2) Kan dere prøve å forklare åtteregelen?
 - a. Tegn og vis med eksempler
- 3) Hvorfor vil de oppnå åtte elektroner i ytterste skall? Hva er poenget med det?
- 4) Syns dere åtteregelen er nyttig?
 - a. Er den forståelig, trygg og god?
- 5) Tror dere at den alltid fungerer? Har dere hørt noe om det?
- 6) Utvidet oktett: I periode 2 kan ikke atomer ha mer enn 8 elektroner i ytterste skall. Men i tredje periode kan noen atomer danne forbindelser hvor mer enn 8 elektroner omgir atomet. Her ser dere hvordan svovel (S) er omgitt av seks fluoratomer (F) (Deler ut skallmodellen til svovelheksafluorid, se vedlegg A.4) Hver strek illustrerer to elektroner, dvs. et elektronpar. Det betyr at det er tolv elektroner som omgir svovelatomet. Hva tenker dere rundt dette med tanke på åtteregelen?
 - a. Finn bristepunkter, og gå videre til modeller.

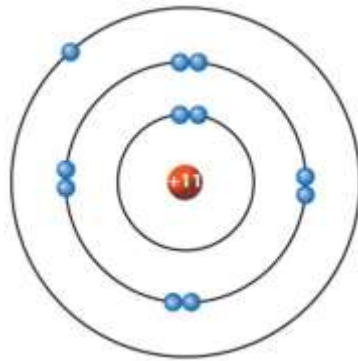
Tema 6: Modeller

- 1) Hva betyr det at atommodellen er en modell?
- 2) Hva vil dere si at en modell er?
 - a. Hvordan tror dere et atom ser ut i virkeligheten? Likt som modellen eller ikke?
- 3) Tror dere åtteregelen er en lov eller er det en modell med begrensinger? Hvilke begrensninger, i så fall? (Skal prøve å få dem til å reflekter rundt åtteregelen som en modell)

Tema 7: Avslutning

- 1) Helt tilslutt vil jeg ta en liten oppsummering på hva de har sagt.
- 2) Er det noe mer dere vil legge til som dere ikke har fått sagt?

Vedlegg A.2: Skallmodellen til natriumatomet



Hentet 06.02.18, fra: <https://socratic.org/questions/how-do-i-find-the-charge-of-an-ion-for-a-random-element-i-ve-heard-it-s-atomic-n>

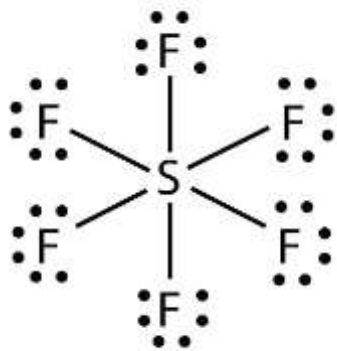
Vedlegg A.3: Periodesystemet

Grunnstoffenes periodesystem

1																	18																														
1	1 1.008 H Hydrogen																	2 4.001 He Helium																													
2	3 6.941 Li Litium	4 9.012 Be Beryllium											5 10.81 B Bor	6 12.01 C Kullor	7 14.01 N Nitrogen	8 16.00 O Oxygen	9 19.00 F Fluor	10 20.18 Ne Neon																													
3	11 22.99 Na Natrium	12 24.31 Mg Magnesium											13 26.98 Al Aluminium	14 28.09 Si Silisium	15 30.97 P Fosfor	16 32.07 S Svovel	17 35.45 Cl Klor	18 39.95 Ar Argon																													
4	19 39.10 K Kalium	20 40.08 Ca Kalsium	21 44.96 Sc Skandium	22 47.88 Ti Titan	23 50.94 V Vanadium	24 52.00 Cr Krom	25 54.94 Mn Mangan	26 55.85 Fe Jern	27 58.93 Co Kobolt	28 58.94 Ni Nikkel	29 63.55 Cu Koppert	30 65.39 Zn Zink	31 69.72 Ga Gallium	32 72.64 Ge Germanium	33 74.92 As Arsen	34 78.96 Se Selen	35 79.90 Br Brom	36 85.37 Kr Krypton																													
5	37 85.47 Rb Rubidium	38 87.62 Sr Strontium	39 88.91 Y Ytterbium	40 91.22 Zr Zirkon	41 92.91 Nb Niobium	42 95.94 Mo Molibden	43 100 Tc Technetium	44 101.1 Ru Rutenium	45 102.9 Rh Rhinium	46 106.4 Pd Palladium	47 107.9 Ag Sølv	48 112.4 Cd Kadmium	49 114.8 In Indium	50 118.7 Sn Tin	51 127.6 Sb Antimon	52 127.6 Te Tellur	53 126.9 I Iod	54 131.3 Xe Xenon																													
6	55 132.9 Cs Cesium	56 137.3 Ba Barium	57-71 Lantanoider	72 175.1 Hf Hafnium	73 188.9 Ta Tantalum	74 183.8 W Wolfram	75 186.2 Re Rhenium	76 188.9 Os Osmium	77 193.2 Ir Iridium	78 195.1 Pt Platina	79 197.0 Au Gull	80 200.6 Hg Kviksølv	81 204.4 Tl Thallium	82 207.2 Pb Bly	83 208.9 Bi Bismut	84 209 Po Polonium	85 210 At Astat	86 222 Rn Radon																													
7	87 137.3 Fr Francium	88 138.9 Ra Radium	89-103 Aktinoider	104 137 Rf Rutherfordium	105 138 Db Dubnium	106 139 Sg Seaborgium	107 138 Bh Bohrium	108 138 Hs Hassium	109 139 Mt Meitnerium	110 139 Ds Darmstadtium	111 139 Rg Roentgenium	112 139 Uub Ununbium	113 139 Uut Ununtrium	114 139 Uuq Ununquadium	115 139 Uup Ununpentium	116 139 Uuh Ununhexium	118 139 Uuo Ununoctium																														
<table border="1"> <tr> <td>57 138.9 La Lantan</td> <td>58 140.1 Ce Cerium</td> <td>59 140.9 Pr Praseodym</td> <td>60 144.2 Nd Neodym</td> <td>61 145 Pm Prometium</td> <td>62 150.4 Sm Samarium</td> <td>63 151.9 Eu Europium</td> <td>64 157.2 Gd Gadolinium</td> <td>65 158.9 Tb Terbium</td> <td>66 162.5 Dy Dysprosium</td> <td>67 164.9 Ho Holmium</td> <td>68 167.3 Er Erbium</td> <td>69 168.9 Tm Thulium</td> <td>70 171.9 Yb Ytterbium</td> <td>71 175.0 Lu Lutetium</td> </tr> <tr> <td>89 137 Ac Aktinoider</td> <td>90 140.9 Th Thorium</td> <td>91 140.9 Pa Protaktinium</td> <td>92 238.0 U Uran</td> <td>93 123.7 Np Neptunium</td> <td>94 150.4 Pu Plutonium</td> <td>95 151.9 Am Americium</td> <td>96 157.2 Cm Curium</td> <td>97 158.9 Bk Berkelium</td> <td>98 162.5 Cf Californium</td> <td>99 164.9 Es Einsteinium</td> <td>100 167.3 Fm Fermium</td> <td>101 168.9 Md Mendelevium</td> <td>102 171.9 No Nobelium</td> <td>103 175.0 Lr Lawrencium</td> </tr> </table>																		57 138.9 La Lantan	58 140.1 Ce Cerium	59 140.9 Pr Praseodym	60 144.2 Nd Neodym	61 145 Pm Prometium	62 150.4 Sm Samarium	63 151.9 Eu Europium	64 157.2 Gd Gadolinium	65 158.9 Tb Terbium	66 162.5 Dy Dysprosium	67 164.9 Ho Holmium	68 167.3 Er Erbium	69 168.9 Tm Thulium	70 171.9 Yb Ytterbium	71 175.0 Lu Lutetium	89 137 Ac Aktinoider	90 140.9 Th Thorium	91 140.9 Pa Protaktinium	92 238.0 U Uran	93 123.7 Np Neptunium	94 150.4 Pu Plutonium	95 151.9 Am Americium	96 157.2 Cm Curium	97 158.9 Bk Berkelium	98 162.5 Cf Californium	99 164.9 Es Einsteinium	100 167.3 Fm Fermium	101 168.9 Md Mendelevium	102 171.9 No Nobelium	103 175.0 Lr Lawrencium
57 138.9 La Lantan	58 140.1 Ce Cerium	59 140.9 Pr Praseodym	60 144.2 Nd Neodym	61 145 Pm Prometium	62 150.4 Sm Samarium	63 151.9 Eu Europium	64 157.2 Gd Gadolinium	65 158.9 Tb Terbium	66 162.5 Dy Dysprosium	67 164.9 Ho Holmium	68 167.3 Er Erbium	69 168.9 Tm Thulium	70 171.9 Yb Ytterbium	71 175.0 Lu Lutetium																																	
89 137 Ac Aktinoider	90 140.9 Th Thorium	91 140.9 Pa Protaktinium	92 238.0 U Uran	93 123.7 Np Neptunium	94 150.4 Pu Plutonium	95 151.9 Am Americium	96 157.2 Cm Curium	97 158.9 Bk Berkelium	98 162.5 Cf Californium	99 164.9 Es Einsteinium	100 167.3 Fm Fermium	101 168.9 Md Mendelevium	102 171.9 No Nobelium	103 175.0 Lr Lawrencium																																	
<p>Forklaring:</p> <table border="1"> <tr> <td>19</td> <td>→</td> <td>Alkalimetall</td> </tr> <tr> <td>19, 18</td> <td>→</td> <td>Alkalimetall</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>→</td> <td>Alkalisk</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>→</td> <td>Alkalisk</td> </tr> </table> <p>Fargekode bety:</p> <table border="1"> <tr> <td>Metall</td> <td>Halvmetall</td> <td>Ikke-metall</td> </tr> </table>																		19	→	Alkalimetall	19, 18	→	Alkalimetall	K	→	Alkalisk	K	→	Alkalisk	Metall	Halvmetall	Ikke-metall															
19	→	Alkalimetall																																													
19, 18	→	Alkalimetall																																													
K	→	Alkalisk																																													
K	→	Alkalisk																																													
Metall	Halvmetall	Ikke-metall																																													

(Hannisdal, Haugan & Munkevik, 2007)

Vedlegg A.4: Utvidet oktett av svovelheksafluorid (SF₆)



Hentet 06.02.18, fra: https://saylordotorg.github.io/text_introduutory-chemistry/s13-05-violations-of-the-octet-rule.html

Vedlegg B: Bekreftelse på NSD-søknad



Annette Lykknes

7491 TRONDHEIM

Vår dato: 20.11.2017

Vår ref: 56890 / 3 / BGH

Deres dato:

Deres ref:

Forenklet vurdering fra NSD Personvernombudet for forskning

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 03.11.2017.

Meldingen gjelder prosjektet:

<i>56890</i>	<i>Videregående-elevers forståelse av grunnleggende kjemi i naturfag</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>NTNU, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Annette Lykknes</i>
<i>Student</i>	<i>Synne Korsbrekke</i>

Vurdering

Etter gjennomgang av opplysningene i meldeskjemaet med vedlegg, vurderer vi at prosjektet er omfattet av personopplysningsloven § 31. Personopplysningene som blir samlet inn er ikke sensitive, prosjektet er samtykkebasert og har lav personvernulempe. Prosjektet har derfor fått en forenklet vurdering. Du kan gå i gang med prosjektet. Du har selvstendig ansvar for å følge vilkårene under og sette deg inn i veiledningen i dette brevet.

Vilkår for vår vurdering

Vår anbefaling forutsetter at du gjennomfører prosjektet i tråd med:

- opplysningene gitt i meldeskjemaet
- krav til informert samtykke
- at du ikke innhenter [sensitive opplysninger](#)
- veiledning i dette brevet
- NTNU sine retningslinjer for datasikkerhet

Veiledning

Krav til informert samtykke

Utvalget skal få skriftlig og/eller muntlig informasjon om prosjektet og samtykke til deltakelse.

Informasjon må minst omfatte:

- at NTNU er behandlingsansvarlig institusjon for prosjektet
- daglig ansvarlig (eventuelt student og veileder) sine kontaktopplysninger
- prosjektets formål og hva opplysningene skal brukes til

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

- hvilke opplysninger som skal innhentes og hvordan opplysningene innhentes
- når prosjektet skal avsluttes og når personopplysningene skal anonymiseres/slettes

På nettsidene våre finner du mer informasjon og en veiledende mal for [informasjonsskriv](#).

Forskningsetiske retningslinjer

Sett deg inn i [forskningsetiske retningslinjer](#).

Meld fra hvis du gjør vesentlige endringer i prosjektet

Dersom prosjektet endrer seg, kan det være nødvendig å sende inn endringsmelding. På våre nettsider finner du svar på hvilke [endringer](#) du må melde, samt endringsskjema.

Opplysninger om prosjektet blir lagt ut på våre nettsider og i Meldingsarkivet

Vi har lagt ut opplysninger om prosjektet på nettsidene våre. Alle våre institusjoner har også tilgang til egne prosjekter i [Meldingsarkivet](#).

Vi tar kontakt om status for behandling av personopplysninger ved prosjektslutt

Ved prosjektslutt 01.09.2018 vil vi ta kontakt for å avklare status for behandlingen av personopplysninger.

Gjelder dette ditt prosjekt?

Dersom du skal bruke databehandler

Dersom du skal bruke databehandler (ekstern transkriberingsassistent/spørreskjemaleverandør) må du inngå en databehandleravtale med vedkommende. For råd om hva databehandleravtalen bør inneholde, se [Datatilsynets veileder](#).

Hvis utvalget har taushetsplikt

Vi minner om at noen grupper (f.eks. opplærings- og helsepersonell/forvaltningsansatte) har [taushetsplikt](#). De kan derfor ikke gi deg identifiserende opplysninger om andre, med mindre de får samtykke fra den det gjelder.

Dersom du forsker på egen arbeidsplass

Vi minner om at når du [forsker på egen arbeidsplass](#) må du være bevisst din dobbeltrolle som både forsker og ansatt. Ved rekruttering er det spesielt viktig at forespørsel rettes på en slik måte at frivilligheten ved deltakelse ivaretas.

Se våre nettsider eller ta kontakt med oss dersom du har spørsmål. Vi ønsker lykke til med prosjektet!

Vennlig hilsen

Marianne Høgetveit Myhren

Vedlegg C: Samtykkeskriv

Synne Apold Korsbrekke
<adresse>
<telefon, mail>

Veileder: Annette Lykknes
<Telefon, mail>

Til elever/foresatte i naturfag på Vg1 ved <navn på skolen>

Anmodning om tillatelse til gruppeintervju og lydopptak av intervju.

Jeg er student på lektorprogrammet i realfag ved NTNU. Vårsemesteret 2018 skal jeg skrive master i kjemididaktikk. Prosjektet handler om elevers grunnleggende forståelse i kjemifaglig tema innenfor naturfaget. Forskning viser at en del modeller og forklaringer som brukes i læreverkene i naturfag 1-11, er utdaterte, misvisende eller direkte feil. Dette gir elevene et uheldig utgangspunkt for videre forståelse. I forskningslitteraturen skrives det også om at det finnes en del misoppfatninger blant elever på dette området, og dette er noe jeg ønsker å avdekke for å kunne legge bedre til rette for elever i naturfag og kjemi når jeg selv blir lærer.

<Beskrivelse av min tilknytning til skolen>.

For å få så godt dokumenterte data som mulig, er det ønskelig å gjøre lydopptak av gruppeintervju med ca. 3-4 elever per gruppe. Det vil bli to-tre grupper totalt. Intervjuene vil skje torsdag og fredag i uke 6. Om det blir naturlig at elevene tegner eller skriver på ark, vil jeg ta meg med meg disse videre i arbeidet for å få et grundigere datamateriale. Derfor ber jeg om tillatelse fra dere til å kunne gjøre intervju med lydopptak, samt samle inn evt. ark/opp-gaver. Forutsetningen for tillatelsen er at alt innsamlet materiale blir behandlet med respekt og blir anonymisert, og at prosjektet ellers følger gjeldende retningslinjer for personvern. Det er helt frivillig å delta og man kan til enhver tid trekke seg fra deltakelse uten å måtte oppgi noen grunn til det.

Under intervjuet blir det kun meg og elevene til stedet. Det kan komme oppfølgingsspørsmål til eleven om jeg ønsker at noe må utdypes/presiseres mer. Lydopptakene vil kun bli hørt av meg, min veileder, og eventuelt mine medstudenter som også skriver kjemididaktisk master ved NTNU. I materiale som skrives eller på annen måte presenteres for andre, vil involverte personer bli anonymisert. Innsamlede data vil bli slettet etter at prosjektet er avsluttet, senest 01.09.2018.

Hvis noen vil vite mer om dette, eller hva det innsamlede materialet skal brukes til, så er det bare å ta kontakt med meg på telefon eller e-post (se øverst for detaljer). Jeg håper dere synes dette er interessant og viktig, og at dere er villige til å være en del av masterstudien min. I dette forskningsprosjektet skal det ikke samles inn sensitive data, og da kan ungdommer over 15 år samtykke selv. Jeg ber dere om å fylle ut svarslippen på neste side om hvorvidt dere gir eller ikke gir tillatelse til å delta.

På forhånd takk!

Vennlig hilsen

Synne Apold Korsbrekke

Tillatelse

Som del av mitt masterprosjekt ved NTNU ber jeg om tillatelse til å intervju deg ved å bruk av lydopptaker og evt. samle inn ark med tegninger/opp-gaver.

Forutsetningen for tillatelsen er at innsamlet materiale blir anonymisert og behandlet med respekt, og at prosjektet følger gjeldende retningslinjer for etikk og personvern.

Sett kryss i den ruta som passer:

Jeg/vi gir tillatelse.

Jeg/vi gir ikke tillatelse.

Dato:

Elevens fornavn og etternavn:

Underskrift av elev/foresatt(e):

Vennligst returner svarslippen til lærer <navn> så snart som mulig.