

## **Forord**

Å skrive denne masteroppgaven har vært mye arbeid, og jeg er veldig glad og stolt over å ha ferdigstilt denne oppgaven som en avslutning på min 6-årige pedagogiske og fagdidaktiske utdanning.

Jeg visste fra tidlig alder at det var lærer jeg skulle bli, og har alltid likt naturfag. Jeg håper og tror at masterutdanningen i naturfagdidaktikk og denne masteroppgaven har gjort meg bedre rustet til å gå ut i den norske skole og undervise elever i naturfag. Arbeidet med denne masteroppgaven har gjort meg bevisst på noen av de utfordringer som kan dukke opp i undervisning om temaet atomer og molekyler, og gjort at jeg nå sitter med masse motivasjon og lyst til å ut i klasserommet for å undervise.

Jeg vil rette en stor takk til veileder Annette Lykknes for god og grundig veiledning! Takk for gode og konstruktive tilbakemeldinger og for at du har hjulpet meg framover når jeg har stått fast.

Jeg vil også takke mine medstudenter for gode faglige og ikke-faglige samtaler, god stemning i en tidvis frustrert hverdag og gode og støttende kommentarer når det har blitt i mot.

Tilslutt vil jeg takke læreren som tok seg tid til å ta i mot meg i en travel hverdag og elevene som ville delta i undersøkelsen.

Trondheim, 21. mai 2017

Silje Marie Eide



## Sammendrag

Denne oppgaven handler om elevers forståelse for de atommodeller som presenteres i skolen og modellbegrepet generelt. Elever møter modeller gjennom hele utdanningsløpet i naturfag, og atommodeller kommer gjerne først på ungdomsskolen eller sent på mellomtrinnet. Elevene skal da bruke disse modellene som et hjelpemiddel for å forstå fagstoffet. Å forstå atommodeller krever ikke bare kunnskap om modellene i seg selv, men også at elevene har forståelse for ulike begreper knyttet til atommodeller, kunnskap om atomer og molekyler og forståelse for hvordan modeller kan bli brukt som et hjelpemiddel i undervisningen. I tillegg kan også kunnskap om hvordan atommodellene har utviklet seg hjelpe elevene med å forstå atommodellene.

Studien tar utgangspunkt i intervju med elleve elever på ungdomsskolen, og undersøker hvilken forståelse de har for atommodellene skallmodellen og elektronskymodellen, og hvilken kontroll elevene har på begreper knyttet til atommodellene. I tillegg undersøkes oktettregelens påvirkning på elevenes forståelse og deres forståelse for modellbegrepet generelt.

Tidligere forskning har vist at en rekke alternative oppfatninger kan oppstå om temaet atomer og molekyler og rundt modellbegrepet generelt, og noen av disse finnes også blant elevene i dette utvalget. Oktettregelen har vist seg å være en kilde til at elever konstruerer alternative oppfatninger, noe resultatene i denne studien også bekrefter.

Elevene viste en viss forståelse for skallmodellen for atomet, mens elektronskymodellen var vanskeligere for dem å skjønne. Elevenes modellforståelse varierte, men elevene var generelt i stor grad opptatt av *virkeligheten* modellen representerte, og ikke *ideene*. Studien viste også at det var lite undervisning om vitenskapshistorien til atomet, dermed var dette et tema elevene ikke i særlig grad kunne bruke i sin forståelse av atommodeller.

## **Abstract**

This thesis is about 9<sup>th</sup> graders understanding of the atomic models that are presented in school and the concept of models in general. The pupils are presented with models throughout their education in science, and atomic models are usually introduced in the 7<sup>th</sup> or 8<sup>th</sup> grade. The pupils are then supposed to use these models to better understand the curriculum. The understanding of atomic models requires not only understanding of the models themselves, but also understanding of concepts linked to atomic models, knowledge about atoms and molecules and understanding of how the models can be used as a tool in learning. Understanding nature of science can also be helpful to understand atomic models.

The thesis is based on interviews with eleven pupils in 9<sup>th</sup> grade, and has examined their understanding of the atomic shell model and the electron cloud model, and how familiar the pupils are with concepts linked to these atomic models. How the octet rule influence the pupils understanding of atomic models and their understanding of the concept of models in general have also been examined.

Previous research has shown that several alternative conceptions may arise about atoms and molecules and the concept of models in general, and some of these alternative conceptions could also be found among the pupils interviewed in this thesis. The octet rule has been a source for pupils constructing alternative conceptions, which is also confirmed in this thesis.

The pupils had some understanding of the atomic shell model, while the electron cloud model was harder to understand. Their understanding of models varied, but in general they seemed to emphasize the *reality* the models represented, and not the *ideas*. This thesis has also shown that teaching nature of science was not a priority, hence the pupils were not able to use nature of science in their understanding of atomic models.

## **Innholdsfortegnelse**

<b>1.0 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstilling.....	1
1.2 Begrunnelse for problemstilling .....	2
1.3 Oppgavens oppbygning .....	3
<b>2.0 Faglig og historisk perspektiv – atomet før og nå</b> .....	<b>5</b>
2.1 Atommodeller i historien .....	6
2.1.2 John Daltons atomteori .....	7
2.1.3 J. J. Thomsons atommodell.....	8
2.1.4 Rutherfords atommodell .....	9
2.1.5 Bohrs atommodell.....	10
2.1.6 Videreutvikling av Bohrs modell.....	11
2.1.7 Senere atommodeller .....	12
2.2 Pedagogiske atommodeller.....	12
<b>3.0 Didaktiske perspektiver – undervisning om atommodeller</b> .....	<b>15</b>
3.1 Atomer og atommodeller i norske lærebøker og LK06 .....	15
3.1.1 Atommodeller i Eureka! 9 .....	16
3.2 Modeller i undervisningen .....	17
3.3 Alternative oppfatninger rundt atomer og molekyler .....	21
3.4 Bruk av vitenskapshistorie og –filosofi i undervisning om atommodeller .....	22
3.5 Elevers forståelse for atommodeller .....	23
3.6 Metoder for å kategorisere elevenes forståelse for atommodeller .....	24
<b>4.0 Metodekapittel</b> .....	<b>27</b>
4.1 Kvalitativ metode.....	27
4.2 Forskningsdesign .....	28
4.3 Datamateriale .....	28
4.3.1 Oppgavesett.....	29
4.3.2 Gruppeintervju .....	31
4.3.5 Utvalg av informanter .....	32
4.3.3 Intervjuguide .....	32
2.3.4 Transkribering av intervjuene .....	34
4.4 Reliabilitet og validitet i kvalitativ forskning .....	35
4.5 Analyse av kvalitative data .....	36

4.5.1 Analyseverktøy .....	36
4.5.2 Kategorier i analysen .....	36
4.6 Etske betraktninger ved gruppeintervju som metode .....	37
4.7 Refleksjoner rundt mitt valg av forskningsdesign og metode .....	38
<b>5.0 Resultat og analyse.....</b>	<b>39</b>
5.1 Elevenes kontroll på begreper.....	40
5.1.1 Lite kontroll .....	41
5.1.2 Passiv kontroll.....	44
5.1.3 Aktiv kontroll.....	47
5.1.4 Oppsummering av elevenes kontroll på begreper.....	50
5.2 Elevenes modellforståelse.....	51
5.2.1 Modellenes fordeler og begrensninger.....	51
5.2.1.1 Skallmodellen viser hva atomet inneholder .....	52
5.2.1.2 Skallmodellen ligner ikke et atom i virkeligheten .....	53
5.2.1.3 Elektronskymodellen viser ikke hva atomet inneholder .....	55
5.2.1.4 Elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten .....	57
5.2.1.5 Modeller kan vise litt av virkeligheten .....	59
5.2.2 Bruk av modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå.....	60
5.2.3 Oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall .....	63
5.2.4 Atommodeller og NOS .....	65
5.2.5 Oppsummering av elevenes modellforståelse.....	66
<b>6.0 Diskusjon .....</b>	<b>67</b>
6.1 Elevenes kontroll på begreper.....	67
6.1.1 Lite kontroll .....	67
6.1.2 Passiv kontroll.....	69
6.1.3 Aktiv kontroll.....	70
6.2 Elevenes modellforståelse.....	70
6.2.1 Modellenes fordeler og begrensninger.....	71
6.2.1.1 Skallmodellen viser hva atomet inneholder .....	71
6.2.1.2 Skallmodellen ligner ikke et atom i virkeligheten .....	72
6.2.1.3 Elektronskymodellen viser ikke hva atomet inneholder .....	73
6.2.1.4 Elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten .....	74
6.2.1.5 Modeller kan vise litt av virkeligheten .....	74

6.2.2	Bruk av modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå.....	75
6.2.3	Oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall .....	76
6.2.4	Modellbegrepet .....	78
6.4	Atommodeller og NOS .....	79
<b>7.0</b>	<b>Oppsummering og avslutning.....</b>	<b>81</b>
7.1	Problemstilling og forskningsspørsmål.....	81
7.2	Andre interessante aspekter .....	84
7.3	Avsluttende kommentarer.....	85
<b>8.0</b>	<b>Kildehenvisning.....</b>	<b>87</b>
<b>9.0</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>91</b>

## **Tabelloversikt**

Tabell 1: Oversikt over kvantetallene.....	6
Tabell 2: Pedagogiske atommodeller .....	13
Tabell 3: Oversikt over innhold i kapittel om skallmodellen for atomer i læreboka Eureka! 9 .....	17
Tabell 4: Modeller kategorisert etter presentasjonsform .....	19
Tabell 5: Modeller kategorisert etter status .....	19
Tabell 6: Gangen i undersøkelsen .....	28
Tabell 7: Begrunnelse for oppgavesett .....	30
Tabell 8: Kategorisering av elevenes utsagn .....	41
Tabell 9: Oversikt over elevenes kontroll på begreper .....	51

## **Figuroversikt**

Figur 2.1: Daltons atomteori .....	7
Figur 2.2: Thomsons første atommodell .....	8
Figur 5.1: Haralds atom .....	41
Figur 5.2: Karinas atom .....	49

## **Oversikt over vedlegg**

Vedlegg 1: Informasjons- og samtykkeskriv .....	92
Vedlegg 2: Godkjenningsbrev fra NSD .....	93
Vedlegg 3: Intervjuguide .....	94
Vedlegg 4: Oppgavesett .....	95
Vedlegg 5: Tabell “elevenes utsagn” .....	97
Vedlegg 6: Transkripsjon intervju 1 (på CD)	
Vedlegg 7: Transkripsjon intervju 2 (på CD)	
Vedlegg 8: Transkripsjon intervju 3 (på CD)	



## 1.0 Innledning

Elever i norsk skole møter gjennom hele utdanningsløpet ulike modeller i naturfaget. Helt fra modeller av jordas bane rundt seg selv og rundt sola som demonstreres med tegninger av barn som går rundt seg selv og rundt hverandre i barneskolen, til forenklede modeller av øyet på mellomtrinnet og til atommodeller på ungdomstrinnet. Bruk av modeller regnes som en svært viktig del av naturfaget og er med på å støtte opp under fagstoffet (Gobert et al., 2011).

Introduksjonen til temaet atomer og molekyler skjer ofte først på ungdomsskolen eller sent på mellomtrinnet, og i den sammenheng er det naturlig at elevene blir kjent med atommodeller.

Det har vært og er fortsatt mye diskusjon rundt hvilke atommodeller som er mest hensiktsmessige å benytte i undervisningen, og i Norge i dag er det i mange lærebøker skallmodellen som benyttes som modell for atomet. I noen tilfeller presenteres også elektronskymodellen som en alternativ modell for atomet, men kun som et tillegg til skallmodellen. Læreplanen i naturfag nevner ikke atommodeller eksplisitt (Utdanningsdirektoratet, 2013), og legger derfor heller ingen føringer for hvilken modell som skal brukes i undervisningen.

Forskning har vist at atommodeller ikke intuitivt hjelper elever med å forstå temaet atomer og molekyler, og uten eksplisitt undervisning om modellbruk kan modellene ende opp med ikke å hjelpe elevers forståelse for fagstoffet (Harrison & Treagust, 2000). Atommodeller kan derfor, uten god veiledning, være medvirkende til at alternative oppfatninger om atomer oppstår hos elevene, i tillegg til alternative oppfatninger rundt modeller generelt (Harrison & Treagust, 1996, 2000).

## 1.1 Problemstilling

Fordi atomer og atommodeller kommer inn sent i utdanningsløpet og kan være utfordrende for elevene å forstå, har jeg valgt å undersøke hvilken forståelse elevene har for de atommodeller som presenteres i skolen etter endt undervisning om temaet. For å undersøke dette har jeg intervjuet et utvalg elever ved en ungdomsskole. Min problemstilling er:

*Hvilken forståelse har elevene for de atommodeller som presenteres i skolen, og hvilken kontroll har de på begreper knyttet til atommodeller?*

Ut fra denne overordnede problemstillingen har jeg utformet følgende fire forskningsspørsmål:

1. Hvilken forståelse har elevene i utvalget for modellbegrepet generelt?
2. Hvilken informasjon klarer elevene i utvalget å hente ut fra skallmodellen og elektronskymodellen for atomet?
3. Hvilken kontroll har elevene i utvalget på begrepene *elektron*, *proton*, *nøytron*, *elektronskall*, *atomkjerne* og *ion*?
4. Hvordan påvirker oktettregelen elevenes forståelse for atommodeller?

## 1.2 Begrunnelse for problemstilling

Elever kan ofte ha vanskeligheter med å skille mellom modell og virkelighet (Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 170), noe som gjør at bruk av modeller kan bli en “usynlig” utfordring. Lærere tar det for gitt at elevene ikke ser modellen og det virkelige fenomenet under ett, mens eleven kanskje sliter med å se forskjellen. Modellbegrepet er vidt og omfatter mange ulike typer modeller som elevene opp gjennom utdanningsløpet må bli kjent med, men begrepet modell blir ikke nødvendigvis diskutert og forklart i undervisningen.

Skallmodellen og elektronskymodellen er to ulike atommodeller som elevene kan møte på i undervisning om atomer og molekyler. Disse representerer forskjellige aspekter ved fenomenet “atom”, og det er derfor interessant å se hva ungdomsskoleelever kan bruke modellene til, og hvilken kunnskap atommodellene kan gi elevene om atomer, både spesifikke atomer og generelt.

Begrepene elektron, proton, nøytron, elektronskall og atomkjerne inngår i modeller for atomer og disse begrepene brukes av lærebok og lærer i undervisning om atomer og molekyler. Begrepet ion inngår ikke i atommodeller i utgangspunktet, men er relevant i undervisning om atomer og molekyler. Elevenes kontroll på disse begrepene vil kunne si noe om deres forståelse for fagstoffet, og hvordan elevene forstår fenomenet “atommodell”.

Oktettregelen er en pedagogisk regel som i utgangspunktet skal hjelpe elevene å forstå atommodellene, og særlig skallmodellen. Likevel kan oktettregelen være opphav til at

alternative oppfatninger rundt elektroner og elektronskall oppstår hos elever. Samtidig er oktettregelen systematiserende og kan bidra til at elever finner forståelige mønster i hvordan atomer er oppbygd.

### **1.3 Oppgavens oppbygning**

Oppgaven er delt i 7 kapitler, der kapittel 3 tar for seg den historiske bakgrunnen for atommodellene og vil fungere som et faglig bakteppe for oppgaven. Kapittel 3 går inn på didaktiske perspektiver rundt bruk av modeller i undervisningen. Hvilke alternative oppfatninger som kan oppstå rundt modellbegrepet og atomer og molekyler og tidligere forskning vil også bli presentert i dette kapitlet. Kapittel 4 vil beskrive min forskningsmetode og diskutere valget av en kvalitativ forskningsmetode.

I kapittel 5 vil jeg presentere resultatene fra studien, før disse videre diskuteres opp mot litteratur og tidligere forskning i kapittel 6. Kapittel 7 inneholder en oppsummering og avsluttende refleksjoner.



## 2.0 Faglig og historisk perspektiv – atomet før og nå

Dette kapitlet handler om atomhistorie fra 1800-tallet og inn i 1900-tallet, utvikling av atommodellen i denne perioden og til slutt en presentasjon av fem pedagogiske atommodeller, med hovedvekt på skallmodellen og elektronskymodellen. For å ha bakgrunn for å kunne forstå hvordan elevene forstår atommodeller, må man se på atomets vitenskapelige historie. Hvordan den/de modellen(e) elevene bruker har blitt utviklet kan være viktig for hvordan læreren underviser om og hvordan elevene forstår temaet. Dette kapitlet er ment som et faglig bakteppe for masteroppgaven, og som en introduksjon til atomets vitenskapelige historie vil dagens atommodell bli beskrevet i korthet.

I dagens atommodell består atomet av tung, kompakt kjerne som utgjøres av protoner og nøytroner, med elektroner omkring. Protonene er positive og nøytronene er nøytrale, og disse partiklene står for mesteparten av vekten til atomet. Elektronene er små, negative partikler som befinner seg i en sky rundt kjernen og avgjør utstrekningen (størrelsen) til atomet. Elektronene er kun 0,5 % av protonets masse, og derfor mye lettere enn kjernepartiklene (Pedersen, 1998). De negative elektronene er organisert i energinivåer rundt atomkjernen, disse energinivåene kalles gjerne elektronskall.

I kjemien regnes en proton/nøytron-modell av atomkjernen som en tilstrekkelig framstilling av atomkjernen, mens man i fysikken ofte kan snakke om de enda mindre kvarkene (Pedersen, 1998, s. 26). Kvarkene er sammen med elektronene de minste partikler man vet om, og det finnes seks forskjellige kjente kvarker. Kvarkene som bygger opp protoner og nøytroner kalles u- og d-kvark, eller opp (up)- og ned (down)-kvark (Eeg, 2015). Kvarker er et tema man i ungdomsskolen ikke kommer inn på, og jeg vil derfor ikke komme nærmere inn på kvarker i denne oppgaven.

Det brukes noen regler for å angi elektronkonfigurasjonen for et atom, altså hvordan elektronene fordeler seg rundt atomkjernen. For å kunne angi denne brukes Schrødingers bølgelikning, også kalt Schrödingerlikningen (Pedersen, 1998, s. 228). Schrödingerlikningen inkluderte opprinnelig tre ulike kvantetall, hovedkvantetallet ( $n$ ), bikvantetallet ( $l$ ) og det magnetiske kvantetallet ( $m_l$ ). I tillegg til disse tre ble det også nødvendig å legge til et fjerde kvantetall, spinnkvantetallet ( $m_s$ ). Oversikt over disse kan finnes i Tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over kvantetallene

Navn	Tegn	Betydning
Hovedkvantetallet	$n$	Bestemmer energinivå (eller skallnummer), de tre første omtales i skolen og kalles k-, l- og m-skall
Banespinnkvantetallet	$l$	Bestemmer orbitaltype/form (eller underskall) og de fire første orbitalene kalles s-, p-, d- og f-orbital <sup>1</sup>
Det magnetiske kvantetallet	$m_l$	Bestemmer orbitalenes romlige orientering i et magnetfelt i underskall
Spinnkvantetallet	$m_s$	Angir spinntilstand

(Pedersen, 1998, s. 228-229; Smirnov, 2003, s. 31-32).

Disse kvantetallene angir reglene for elektronkonfigurasjonen, og sier noe om hvordan energinivåene til de ulike orbitalene påvirker hvordan elektronene plasserer seg. Orbitalene fylles opp etter økende energi, og 1s-orbitalen (k-skallet) har lavest energi. Deretter vil 2s- og 2p-orbitalene (l-skallet) fylles opp, før 3s- og 3p-orbitalene (m-skallet) fylles opp. Videre vil energiforskjeller i de ulike orbitalene bestemme hvordan elektronene plasserer seg i orbitalene, men så langt går ikke ungdomsskolens pensum.

## 2.1 Atommodeller i historien

Den danske fysikeren Niels Bohr var ikke den første til å komme med en atommodell, og heller ikke den første til å foreslå at den nye kvanteteorien måtte ha en plass i atomets oppbygning, men Bohrs modell fra 1913 regnes som begynnelsen på moderne atomteori (Kragh, 2013a, s. 111). Den britiske naturfilosofen John Dalton hadde tidligere presentert en atomteori, og den engelske fysikeren Joseph John Thomson og den newzealandske fysikeren Ernest Rutherford hadde også presentert sine modeller for atomets oppbygning, men disse har ikke fått like stor betydning i skolen som Bohrs atommodell. Fordi skolemodeller er tema i denne studien, er Daltons atomteori og Thomson og Rutherford sine atommodeller kun presentert kort i denne oppgaven, før Bohrs modell for atomers struktur blir grundigere gjennomgått. Videre presenteres senere atommodeller for å vise hvordan man er kommet fram til dagens modell, og fordi en av modellene elevene får presentert i denne oppgaven er delvis basert på en senere atommodell. Tilslutt nevnes noen pedagogiske modeller for atomet, med

---

<sup>1</sup> Ordet orbital kommer fra det engelske ordet orbit, som betyr bane.

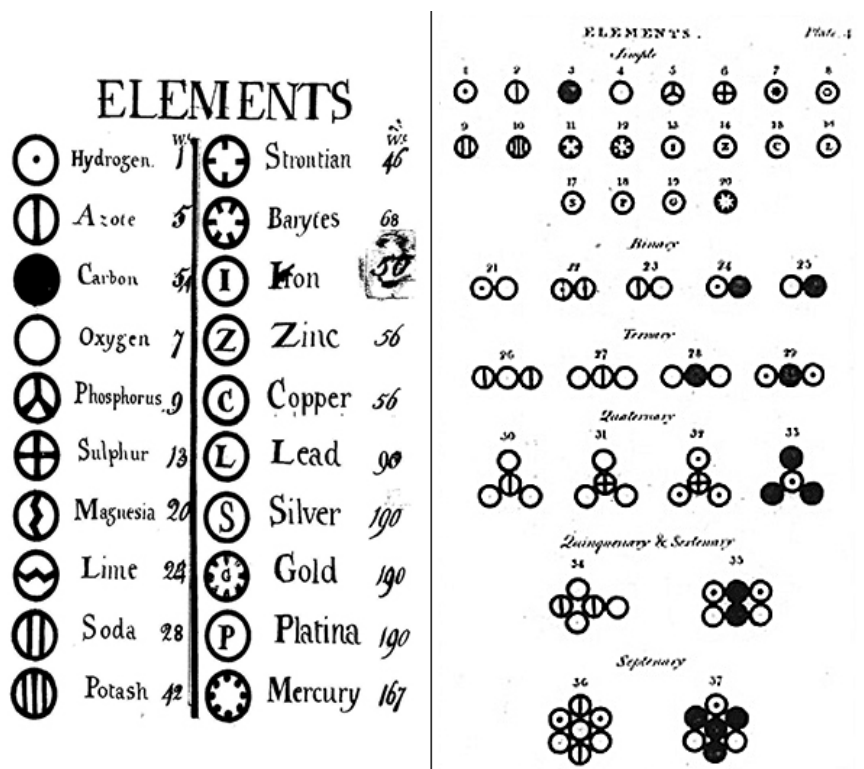
hovedvekt på skallmodellen og elektronskymodellen. Disse to prioriteres fordi det er disse to atommodellene som presenteres for elevene i norske lærebøker, skallmodellen basert på Bohrs modell og elektronskymodellen basert delvis på Bohrs modell og delvis på en senere atommodell.

### 2.1.2 John Daltons atomteori

John Dalton kan sies å ha lagt grunnlaget for dagens atommodell med sin atomhypotese fra 1807. Dalton mente at alle grunnstoff var bygd opp av identiske og udelelige atomer, og at disse grunnstoffene skilte seg fra hverandre på grunn av sine kjemiske egenskaper og vekten til atomene grunnstoffene var bygd opp av (Levere, 2001, s. 86). Dalton trodde i utgangspunktet at atomer fra samme grunnstoff frastøtte hverandre, og derfor ikke kunne gå sammen i det vi i dag kaller molekyler, men at to eller flere atomer fra forskjellige grunnstoff kunne gå sammen i enkle sammensetninger med ett atom fra hvert av grunnstoffene. Det viste seg at Dalton tok feil, da både nitrogen og oksygen eksisterer som molekyler bestående av to like atom og at molekyler kan inneholde flere atomer fra samme grunnstoff, f.eks. vann (H<sub>2</sub>O) (Levere, 2001, s. 83-84). Dalton snakket om kjemiske forbindelser, som han mente kunne endres til nye forbindelser ved at atomene ble omarrangert, separert eller kombinert på andre måter, men ingen atomer

kunne bli laget eller ødelagt, og atomene i seg selv forandret seg ikke (Levere, 2001, s. 83)

For å presentere sin atomteori brukte Dalton noen kuler med ulike symboler som modeller for de ulike grunnstoffene (se figur 2.1). Hvert grunnstoff fikk sitt eget symbol, og disse ble satt sammen for å vise hvilke grunnstoff som var komponenter i en kjemisk forbindelse. Det har etter hvert



Figur 2.1: Daltons atomteori ("Dalton's elements [Bilde]," 2003)

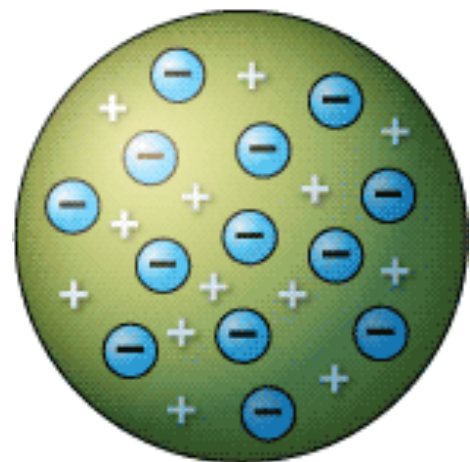
vist seg at noen av stoffene Dalton tok som grunnstoffer egentlig var kjemiske sammensetninger, som på figur 2.1: Lime (kalsiumforbindelse), Soda (natriumforbindelse) og Potash (kaliumforbindelse).

Mange av Daltons antagelser har senere blitt modifisert, og det har vært diskusjoner om hvorvidt hans atomteori bidro med noe til kjemien. Niaz (2015) viser blant annet til en diskusjon mellom vitenskapsfilosof Alan Chalmers og vitenskapshistoriker Alan Rocke, hvor Chalmers mener at den store utviklingen gjort på 1900-tallet om atomer ikke hadde noen sammenheng med de funn Dalton gjorde. Rocke, som er en autoritet på 1800-tallets atomdebatter, er uenig og mener Daltons teori var vellykket og var med på å forme utviklingen av den kunnskapen vi har om atomer i dag (Niaz, 2015). Generelt regnes Daltons arbeid som viktig for kjemien og dens utvikling, fordi atomene og molekylene ble realiteter kjemikere kunne regne med og behandle, selv om de ikke var synlige for det blotte øye (Pedersen & Haraldsen, 2016).

### 2.1.3 J. J. Thomsons atommodell

Joseph John Thomson var på slutten av 1800-tallet en kjent fysiker blant annet på grunn av sine undersøkelser over gassers evne til å lede elektrisitet (Hon & Goldstein, 2013). Da Thomson i 1897 oppdaget elektronet, jobbet han egentlig med en teori om elektrisk utladning. Da han fant elektronet ble det på det tidspunktet sett på som et viktig funn i utviklingen av teorien om elektrisk utladning (Navarro, 2012, s. 82).

Thomson fant i sine eksperimenter med katodestråling at det ved elektriske utladninger i gasser var partikler som alle hadde samme elektriske ladning, som ble antatt å være en elementærladning, og partikkelen ble kalt for elektron (Pedersen & Haraldsen, 2016). Det var kjent at atomene var elektrisk nøytrale, så Thomson antok da at det måtte være en positiv masse for å balansere ut de negative elektronene i atomene. Thomsons første atommodell ble presentert i 1897. Denne modellen er senere blitt kalt rosinbollemodell (plum pudding model, se figur 2.2), fordi modellen besto av elektroner spredt i en positiv masse, slik



Figur 2.2: Thomsons første atommodell ("Thomson's plum pudding model [Bilde]," 2001)



som rosiner i en bolle (Kragh, 1999, s. 44). Noen år senere presenterte Thomson en ny modell, som ble kjent som Thomsons atommodell, der de negative elektronene beveget seg i roterende ringer i en positiv sfære (Kragh, 1999, s. 45). Modellen ble sett på som interessant av flere forskere, men den hadde noen svakheter. De roterende elektronene ville utstråle elektromagnetisk energi, og Thomson måtte derfor sørge for at atomene hans ikke skulle bli ustabile og kollapse. En annen svakhet var at den positive elektrisiteten var uten friksjon og masse og ikke hadde noe legeme, slik som elektronene. Dermed ble modellen vanskeligere å godta når bevisene etter hvert viste at det måtte være noen tyngre partikler som kunne forklare atomvekten (Kragh, 1999, s. 46).

#### **2.1.4 Rutherfords atommodell**

Ernest Rutherford var en elev av J. J. Thomson, som fram til 1910 ikke først og fremst var interessert i atomteori, men brukte Thomsons atommodell som et verktøy for å forstå radioaktivitet. Hans nyvunnede interesse for atomteori i 1910 skal hovedsakelig ha vært et resultat av hans interesse for alfapartikler (heliumkjerner) (Kragh, 1999, s. 51). I perioden 1908–1910 ble det under Rutherfords ledelse gjennomført en rekke eksperimenter der alfapartikler ble sendt mot atomer i tynne metallfolier. Resultatene viste at de fleste alfapartikler gikk rett gjennom atomene i folien, men noen få alfapartikler ble spredt i forskjellige vinkler i møte med metallfoliene. Etter flere eksperimenter der noen alfapartikler ble spredt i forskjellige, av og til store, vinkler, antok Rutherford at atomer ikke kunne være slik som de ble beskrevet i Thomsons atommodell.

Rutherford presenterte i 1911 en ny atomteori basert på resultatene fra folieeksperimentene, der han antok at atomet besto av en tung, positiv kjerne omgitt av lette, negative elektroner i relativt stor avstand fra kjernen (Holtebekk, 2015; Kragh, 1999, s. 51-52). Rutherford antok at atomene måtte bestå av mye tomrom, og at det var elektrisk frastøtning mellom de positive protonene i atomkjernene og alfapartiklene som gjorde at noen av alfapartiklene ble avbøyd. I forbindelse med oppdagelsen av sin atomteori var Rutherford den første som brukte begrepet proton om de positive kjernepartiklene (Pedersen & Haraldsen, 2016). Den siste subatomære partikkelen, nøytronet, ble ikke oppdaget før i 1932 av James Chadwick (Pedersen & Haraldsen, 2016).

### 2.1.5 Bohrs atommodell

Niels Bohrs arbeid med atomstruktur begynte etter avslutningen av hans doktorgradsavhandling om elektronteori for frie elektroner i metaller. I den forbindelse reiste han på utveksling til England og fikk arbeide under både J. J. Thomson og E. Rutherford. Han jobbet i England med absorpsjon av alfapartikler og kom med sin første modell av hydrogenatomet sommeren 1912 (Heilbron & Kuhn, 1969).

I 1913 utga Bohr tre større arbeider om atomers og molekylers struktur, som ikke bare inneholdt en atomteori, men også mulige anvendelser av teorien og ideer om hvordan teorien kunne videreutvikles (Kragh, 2013a). Disse tre arbeidene har senere blitt omtalt som Bohrs trilogi om atom- og molekylstruktur. Det enkleste atomet er hydrogenatomet, som både Rutherford og Bohr mente besto av en tung atomkjerne og et elektron som kretset rundt i en sirkulær bane. I følge elektromagnetiske lover ville dette elektronet akselerere, utstråle energi og dermed minske avstanden til kjernen gradvis. I Bohrs atomteori ble ikke de elektromagnetiske lovene tatt hensyn til, da denne gikk ut på at atomet kun kunne eksistere i visse stasjonære tilstander med bestemte energier og avstander mellom kjernen og elektronet, og for disse tilstandene var klassiske mekanikklover gyldige (Kragh, 2013a). Hypotesen om stasjonære tilstander i atomene gikk ut på at det måtte være andre ukjente naturlover som sikret atomenes stabilitet, og at atomer kun kunne eksistere varig i en eller flere bestemte stasjonære tilstander. De stasjonære tilstandene var karakterisert av sin energi, og ble kalt energitilstander eller –nivåer. Dette var Bohrs første postulat, og ble senere supplert med Bohrs andre postulat som sa at elektronene kunne gå fra en stasjonær tilstand til en annen, såkalte kvantesprang, der elektronene da frigjorde energi som elektromagnetisk stråling (Holtebekk, 2016). Denne elektromagnetiske strålingen ville utstråles i form av lys, som fotoner, eller annen elektromagnetisk stråling. For Bohr representerte denne utstrålingen en elektromagnetisk bølge, men senere har ideen om fotoner, som Bohr på det tidspunkt ikke anerkjente, blitt anerkjent også i sammenheng med energiutstråling fra atomer (Kragh, 2013a).

Spektroskopi var i starten av 1900-tallet regnet som en meget presis eksperimentell metode i naturvitenskapen (Kragh, 2013a), og Bohrs teorier og forutsigelser om spektrallinjer (utstråling av elektromagnetisk bølge/fotoner) hos atomer måtte også stemme med målinger som ble gjort. Nøyaktige spektroskopiske målinger avvek noe fra Bohrs målinger, og som

svar på dette sa Bohr at hydrogenatomet ikke ville inneholde en kjerne med et roterende elektron, men at de to partiklene ville rotere rundt et felles tyngdepunkt. Det var kjent fra mekanikken at det lille legemet, i dette tilfellet elektronet, ville bevege seg rundt disse to legemenes felles tyngdepunkt, noe som betyr at elektronets effektive masse ikke blir  $m$ , men avhenger av forholdet  $m/M$ , der  $M$  er massen til atomkjernen, og  $m$  massen til elektronet. Dermed ville det felles tyngdepunktet ligge litt utenfor sentrum i kjernen, fordi begge partiklene trekker på hverandre. For hydrogenatomet førte dette til en endring på ca. 0,1%, men det var nok til at spektrallinjene for hydrogen igjen stemte med Bohrs teori (Kragh, 2013a).

### 2.1.6 Videreutvikling av Bohrs modell

Bohr var fram til starten av 1915 den eneste som forsvarte og forsøkte å utvikle sin første atomteori, og fram til ca. 1920 fantes det ingen sterk alternativ teori (Kragh, 2013a). Bohrs atomteori ble derfor i etterkant en alminnelig anerkjent teori for atomets struktur. Under første verdenskrig kom et viktig bidrag til Bohrs atomteori fra den tyske fysikkprofessoren Arnold Sommerfeld (Kragh, 1999, s. 155). Sommerfeld fant ut at spektrallinjene stemte enda bedre dersom elektronene beveget seg i elliptiske baner rundt atomkjernen enn ved sirkulære bevegelser, og ved å kunne forklare dette på matematisk vis, skapte Sommerfeld et bredere og mer solid grunnlag for Bohrs teori (Kragh, 2013a). I 1920 kom forslaget til Bohr og Sommerfelds nye atomteori. Teorien ble godt mottatt blant fysikere, men fikk ikke leve så lenge. Teorien manglet nemlig konkrete bevis. Bohr selv var klar over dette, men mente at man ikke kunne dedusere teori fra bevis, men fra bruk av noen generelle prinsipper, bl.a. konstruksjonsprinsippet og korrespondanseprinsippet, som handler om hvordan elektroner plasserer seg i atomskallene (Kragh, 1979).

Tidlig på 1920-tallet ble Bohrs modell utfordret. Tidligere hadde det vært en vanlig oppfatning at hans modell for hydrogenatomet var et realistisk bilde, der et elektron beveget seg i en bestemt bane rundt den positive kjernen. Teorien om at elektronene beveget seg i faktiske baner ble etter hvert kritisert, blant annet av den østerrikske fysikeren Wolfgang Ernst Pauli. Pauli påpekte at verdiene for de stasjonære tilstandenes energi og elektronenes spinn var mer hensiktsmessig å snakke om enn deres baner. I den klassiske fysikken var det et krav om at man kunne følge elektronenes bevegelse i tid og rom ved hjelp av differensialligninger, men dette var ikke nødvendig i kvantefysikken (Kragh, 2013b). Fra

slutten av 1924 hadde Bohr innrømmet at hans opprinnelige atommodell var død, og etter dette snakket han ikke lenger om både elektronenes baner og deres stasjonære tilstander, men kun om de stasjonære tilstandene (Kragh, 2013b).

### **2.1.7 Senere atommodeller**

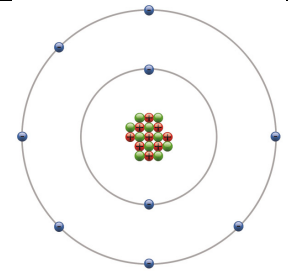

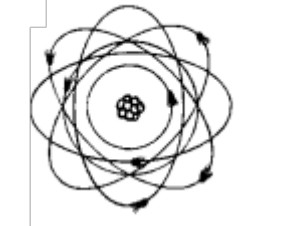
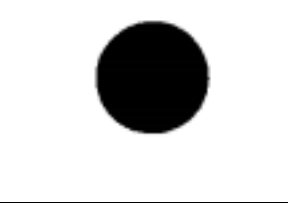
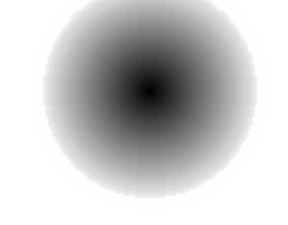
Bohrs kvanteteori ble etter hvert mer og mer problematisert fordi det oppsto utfordringer med å bruke teorien i alle atomer som inneholdt mer enn et elektron (Kragh, 1999, s. 158). Ikke før den tyske fysikeren Werner Heisenberg kom med en ny teori for kvantemekanikken i 1925, kunne den endelige utformingen av atommodellen skje (Holtebekk, 2016; Kragh, 1999, s. 162-163). Etter Heisenbergs nye kvantemekanikk, formulerte den østerrikske fysikeren Erwin Schrödinger sin bølgelikning (Schrödingerlikningen) etter å ha studert arbeidet til den franske fysikeren Louis de Broglie, som arbeidet med sammenhengen mellom masse og bølger (Kragh, 1999, s. 164). Schrödingerlikningen begrunnet at elektronene kun kunne bevege seg i bestemte energibaner, og at Bohrs kvantebetingelser fortsatt gjaldt. Likningen forklarte at elektroner som hørte til bestemte energinivåer, eller hovedkvantetall, kunne ha noe forskjellig energi (Holtebekk, 2016; Kragh, 1999, s. 165).

Etter Heisenbergs utvikling av kvantemekanikken og Schrödingers bølgelikning var ideen om elektroner som avgrensede legemer ikke tilstrekkelig for å forklare atomets egenskaper. Ifølge bølgemekanikken vil det til hver partikkel, for eksempel et elektron, være en slags bølge som fyller hele rommet. Bølgen er ikke av materiell natur, men kan fortelle noe om sannsynligheten for å treffe på en partikkel, det er derfor ikke mulig å bestemme et elektrons plass i rommet på et bestemt tidspunkt, men man kan si hvor det er sannsynlig å finne et elektron på en plass ved et gitt tidspunkt (Holtebekk, 2016).

## **2.2 Pedagogiske atommodeller**

Det har, ut fra de historiske modellene, blitt utformet noen pedagogiske modeller, blant disse finner vi skallmodellen, elektroniskymodellen, planetmodellen, kulemodellen og elektroniummodellen. De pedagogiske atommodellene presenteres i Tabell 2, før skallmodellen og elektroniskymodellen beskrives nærmere.

Tabell 2: Pedagogiske atommodeller

Navn	Modell	Forklaring	Figur hentet fra
Skallmodellen		Kjerne med protoner og nøytroner omringet av elektroner i bestemte skall.	("Bohrs skallmodell for atomet fluor [Bilde]," 2010)
Elektroniskymodellen		Liten kjerne (ikke synlig i modellen) omgitt av elektroner. Hver prikk viser hvor det kan være sannsynlig å treffe på et elektron.	Budde, Niedderer, Scott, og Leach (2002)
Planetmodellen		Kjerne med protoner og nøytroner omringet av elektroner som beveger seg i elliptiske baner.	Harrison og Treagust (1996)
Kulemodellen		Atomene som kompakte kuler, ofte blir fysiske kuler i molekylbyggesett brukt i undervisning om molekyler.	Harrison og Treagust (1996)
Elektroniummodellen		Kjerne omgitt av en sfære/væske kalt elektronium. Elektronene er ikke partikler, men en del av denne sfæren/væsken.	Budde et al. (2002)

Skallmodellen er basert på Bohrs atommodell, og består av en kjerne som utgjøres av et gitt antall protoner og nøytroner omgitt av et bestemt antall skall med bestemte antall elektroner. Nøytronene var ikke oppdaget da Bohrs første atommodell kom, så disse er derfor lagt til i den pedagogiske skallmodellen, som ellers baserer seg på Bohrs første atommodell. Denne modellen er den mest brukte i norske læreverk (Ekeland, Johansen, Strand, Rygh, & Jenssen, 2007; Fiskum & Steineger, 2008; Hannisdal, Haugan, & Munkvik, 2007a; Steineger & Wahl, 2013), og det antas at det er vanlig at elevene tar med seg denne modellen i videre skolegang etter grunnskolen. Elektroniskymodellen er en modell som viser hvor det er sannsynlig at

elektronene beveger seg rundt kjernen der elektronene representeres som små prikker. Vi finner mange prikker rundt kjernen, lenger utenfor kjernen er det færre og færre prikker (Petri & Niedderer, 1998). Elektronskymodellen for større atom vil vise noen slags skall, men elektronene vil ikke bevege seg i så bestemte skall som i skallmodellen. Elektronskymodellen presenteres også i noen norske læreverk (Ekeland et al., 2007; Fiskum & Steineger, 2008; Steineger & Wahl, 2013), og framstilles som en alternativ modell til skallmodellen. Den får i midlertid ikke så stor plass som skallmodellen.

### 3.0 Didaktiske perspektiver – undervisning om atommodeller

Dette kapitlet handler om didaktiske perspektiver knyttet til undervisning om atommodeller. Kapitlet omhandler atommodeller i norske lærebøker og læreplanen LK06, undervisning om modeller, bruk av vitenskapshistorie og –filosofi i undervisning om atommodeller, elevers alternative forståelser rundt temaet atomer og molekyler og tidligere undersøkelser om elevers forståelse for atommodeller.

#### 3.1 Atomer og atommodeller i norske lærebøker og LK06

Det er stor forskjell på hvordan lærebøker skriver om atomer og atommodeller. I læreverket *Nova* (Steineger & Wahl, 2013) presenteres både skallmodellen og elektronskymodellen for atomet. Det presiseres også hva en modell er, og det påpekes dermed at elevene ikke må se på atommodellene som realistiske bilder på hvordan et atom virkelig ser ut. Dette læreverket forteller også litt om hvordan atommodellene ble til, men den eneste forskeren som nevnes ved navn er Niels Bohr. Dette læreverket er fra 2013 og ble skrevet i forbindelse med revideringen av LK06.

Både læreverket *Eureka!* (Hannisdal et al., 2007a) og *Tellus* (Ekeland et al., 2007) er fra 2007 og ble skrevet like etter at LK06 var kommet, med det mål at læreverket skulle dekke de da nye kompetansemålene i naturfag. Disse to læreverkene har helt forskjellige tilnærminger til fagstoffet. *Eureka!* tar for seg noen tekniske forhold ved skallmodellen, der elektroner, åtteregelen og elektronskallene blir presentert grundig for elevene. Det skrives implisitt at skallmodellen kun er en modell, og ikke en reell representasjon av atomet. Det nevnes ingenting om atomets historie eller relevante vitenskapsmenn, som Thomson, Rutherford eller Bohr (se mer inngående om *Eureka!* 9 i kapittel 4.1.1). I *Tellus* starter kapitlet om atomer med en omfattende historisk gjennomgang fra Demokrit, via Dalton, Thomson og Rutherford, til Bohr. Boka presenterer også elektronskymodellen. Det forklares ikke i detalj hvordan skallmodellen er bygd opp, men denne blir presentert som hovedmodell for atomet. I *Tellus* uttrykkes det eksplisitt at atommodellene kun er en modell, og ikke en beskrivelse av hvordan atomet virkelig er (Ekeland et al., 2007, s. 7-12).

Det som går igjen i alle læreverkene er at representasjonen av atomet skjer ved skallmodellen basert på Bohrs første atommodell. De to bøkene som presenterer elektronskymodellen viser også denne med noen form skall, men ikke faste sirkulære baner, slik som vi finner i

lærebøkernes skallmodell. Det påpekes i læreverket Nova at det av og til kan være hensiktsmessig å bruke skallmodellen og andre ganger elektronskymodellen, avhengig av hva man vil se etter, men i hvilke tilfeller det ville være naturlig å bruke den ene eller andre nevnes ikke (Steineger & Wahl, 2013).

Kompetansemålene i læreplanen Kunnskapsløftet sier ikke så mye direkte om atomer. Ordet atom benyttes en gang gjennom hele læreplanen i naturfag, og det er i et kompetansemål elevene skal nå etter 7. trinn. Der står det at elevene skal kunne forklare hvordan stoffer er bygd opp, og hvordan stoffer kan omdannes ved å bruke begrepene atomer og molekyler (Utdanningsdirektoratet, 2013). Etter 10. trinn kommer noen kompetansemål som indirekte krever at elevene skal kunne bruke kunnskap om atomer, for eksempel at elevene skal kunne vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet (Utdanningsdirektoratet, 2013). Periodesystemet kan forklares og anvendes ved å ta i bruk elektronfigurasjonen til atomene i de ulike grunnstoffene, og dermed kreves det kunnskap om atomer og atommodeller for å kunne bruke periodesystemet.

### **3.1.1 Atommodeller i Eureka! 9**

Læreboka Eureka! 9 blir presentert litt grundigere fordi dette er læreboka de intervjuede elevene har benyttet i sin undervisning. Eureka! 9 har et kapittel som omhandler grunnstoffene og periodesystemet. I introduksjonen til kapitlet kan vi lese om de fire elementene som man før i tiden trodde var grunnstoffer (ild, luft, jord, vann). Dette, og et lite avsnitt om Dmitrij Mendelejev (“periodesystemets far”), er alt av vitenskapshistorie i kapitlet. Men dersom man benytter lærerveiledningen, kan man se at det gis en grundigere gjennomgang om utviklingen av dagens atommodell. Lærerveiledningen tar i korthet for seg atomets historie fra Rutherford til Schrödinger (Hannisdal, Haugan, & Munkvik, 2007b). Det kan derfor virke som lærebokforfatterne ønsker en grundigere gjennomgang av vitenskapshistorien om atomet, men ikke har prioritert dette i elevenes lærebok. Kapitlet har ti delkapitler som omhandler blant annet grunnstoffer, grunnstoffenes plass i periodesystemet, periodesystemets grupper og perioder, ioner, metaller og ikke-metaller. Grunnstoffet karbon har fått et eget delkapittel, fordi det finnes i mange former som er kjent for elevene. Men det som er mest interessant i denne studien er delkapitlet om skallmodellen for atomer.



Delkapitlet om skallmodellen for atomer går over to sider og har fem underoverskrifter. Disse underoverskriftene og deres innhold er presentert i Tabell 3. Alt innhold presenteres kort, og med lignende formuleringer som læreboka bruker (Hannisdal et al., 2007a, s. 14-15).

Tabell 3: Oversikt over innhold i kapittel om skallmodellen for atomer i læreboka *Eureka!* 9

Underoverskrifter	Innhold
Et atom er elektrisk nøytralt	Atomet er nøytralt på grunn av elektronenes og protonenes like, men motsatte ladning.
Vi tenker oss at elektroner beveger seg i skall	Ingen har sett hvordan elektroner beveger seg, men ut fra forsøk har man laget forenklete modeller av atomets indre. Man tenker seg at elektronene beveger seg i skall rundt atomkjernen. Skallmodellen er en nyttig modell, og skallene kan ses på som overflaten av kuler som ligger utenfor hverandre med større og større radius.
Det er aldri mer enn åtte elektroner i det ytterste skallet	Kan lage skallmodell av alle atomer, men ingen vil ha flere enn åtte elektroner i ytterste skall. Regler for plassering av elektroner i atomenes skall: elektronskallet nærmest kjernen fylles opp først, med plass til kun to elektroner, elektronskall nummer to kan ha åtte elektroner og det er aldri flere enn åtte elektroner i atomenes ytterste skall.
Åtte elektroner i det ytterste skallet er en "ønskesituasjon"	Atomene "jakter" på fullt ytterskall og går derfor sammen og danner stoffer. Åtteregelen formuleres slik: Atomere vil forsøke – om mulig – å få åtte elektroner i det ytterste elektronskallet. Atomere kan få fullt ytterskall ved å dele på, gi bort eller ta opp elektroner.
Fargene i fyrverkeri skyldes elektroner som hopper mellom skall	Innerste elektronskall har lavest energi, og elektronene kan ved hjelp av energitilførsel hoppe mellom skall.

### 3.2 Modeller i undervisningen

I naturfagundervisning brukes modeller til å forklare sammenhenger i en komplisert virkelighet (Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 169). Modeller som brukes i skolen er ofte forenklinger av virkeligheten og belyser gjerne bare et par forhold ved det virkelige fenomenet, ofte ved å henvise til noe som er bedre kjent for elevene (Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 169). De ulike typer modeller som presenteres for elevene i skolen krever ulik type forståelse. Elever liker gjerne å jobbe med modeller (Harrison & Treagust, 2000), og bruk av

modeller kan være en god, konstruktivistisk undervisningsmetode i naturfaget, men det argumenteres for at modellene må øke elevenes forståelse, være interessante å undersøke og kommunisere det de skal for at de skal være til nytte for elevene (Harrison & Treagust, 2000). Modeller er verken riktige eller gale, men kan være mer eller mindre egnet til å belyse naturfaglige fenomener (Angell et al., 2011, s. 195). Ringnes og Hannisdal (2006, s. 170-171) skriver om positive, nøytrale og negative sider av modeller, der positive sider av en modell er de forhold som samsvarer godt med virkeligheten, negative sider er de forhold som blir direkte galt representert i modellen, og nøytrale sider er de forhold ved virkeligheten som det ikke spiller noe rolle hvordan representeres.

De modellene elevene får presentert i naturfagundervisningen kan i fysikken gjerne deles inn i tre hovedkategorier, skalamodeller, analogimodeller og matematiske modeller. Skalamodeller har likhet med fenomenet som modelleres i en bestemt målestokk, enten forminsket eller forstørret. Modellene kan gjerne være i riktig målestokk størrelsesmessig, men trenger ikke nødvendigvis å være i riktig målestokk når det kommer til masse. (Angell et al., 2011, s. 196). Tyngden til et modellfly trenger derfor ikke å ha samme masse til størrelsesforhold som det faktiske flyet. Matematiske modeller er en symbolsk beskrivelse av et fenomen, for eksempel Schrødingers bølgelikning eller en reaksjonsligning. En matematisk modell er abstrakt, men hvert ledd i en matematisk modell korresponderer med en fysisk størrelse (Angell et al., 2011, s. 197). Analogimodeller er modeller som bruker kjente systemer for å forklare mer utilgjengelige fenomener. Et vanlig eksempel er å bruke et vannrørsystem som modell på likestrømkrets (Angell et al., 2011, s. 196).

Det finnes også andre måter å sortere modellene som brukes i naturfaget, blant annet har Ringnes og Hannisdal (2006, s. 174-175) ulike metoder for å sortere modellene, der de sorteres etter presentasjonsform eller etter hvilken status de har. Modeller sortert etter presentasjonsform presenteres i Tabell 4 og modeller sortert etter status presenteres i Tabell 5.

Tabell 4: Modeller kategorisert etter presentasjonsform

Modell	Beskrivelse	Eksempel
Konkrete modeller	Modellen er laget av ett eller flere materialer, laget for å ta og føle på.	Kulepinnemodeller.
Symbolmodeller	Modellen består av symboler som beskriver et fenomen.	Matematiske uttrykk, reaksjonslikninger og kjemiske formler.
Illustrasjonsmodeller	Modellen illustrerer et fenomen ved tegning, diagram eller graf.	Illustrasjon av karbonets kretsløp, graf som viser løseligheten av sukker i vann med økende temperatur og tegning av atommodell.
Verbale modeller	Modellen uttrykkes med ord som beskriver en sammenligning med virkeligheten.	Størrelsesforholdet mellom atomkjernen og elektronskallene sammenlignes med et knappenålshode på midten av en fotballbane.
Simuleringsmodeller	Modellene er en simuleringsmodell på PC eller et rollespill elevene gjør.	Partikkelmodellen på PC eller ved at elevene forestiller partiklene.

(Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 174)

Tabell 5: Modeller kategorisert etter status

Modell	Beskrivelse	Eksempel
Historiske modeller	Modeller brukt av tidligere tiders naturvitere, men som ikke lenger brukes i dag.	Thomsons rosinbollemodell for atomet.
Naturvitenskapelige modeller	Modeller som naturvitere er enige om at illustrerer virkeligheten.	Brønstedts syre-base-modell, der syren avgir $H^+$ og basen tar opp $H^+$ .
Undervisningsmodeller	Modeller som brukes i undervisning. Ofte ikke så presise som naturvitenskapelige modeller, og ofte utledet av historiske modeller.	Skallmodellen for atomer.
Private modeller	En tenkt modell av virkeligheten som eleven gir uttrykk for, men som ikke stemmer med naturvitenskapelige modeller.	Elevers forestillinger om at alle syrer er giftige eller at ingen elektronskall kan holde flere enn åtte elektroner.

(Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 175)

Disse to metodene å kategorisere modeller på kommer fra kjemikere, og atommodeller kan havne i flere kategorier. Der modellene kategoriseres etter presentasjonsform kan atommodellene være konkrete modeller, illustrasjonsmodeller og verbale modeller, mens der modellene kategoriseres etter status kan atommodeller være historiske modeller eller undervisningsmodeller. Videre i oppgaven vil kategorien analogimodeller, fra fysikken, bli brukt som kategori som omfavner atommodeller.

Atommodeller er en type modell der modellen representerer fenomenet på en forenklet måte som tar hensyn til noen få eller flere aspekter, men ikke alle. Derfor regnes gjerne atommodeller under analogimodeller (Harrison & Treagust, 2000). Analogimodeller er nyttige fordi læreren kan bruke dem for å gjøre ikke-observerbare fenomener tilgjengelig for elevene, som for eksempel atomer og molekyler. Slike modeller er ofte overforenklet eller overdrevet for å gjøre fenomenet enklere for elevene, for eksempel ved at atomer er kuler med pinner som binder dem sammen til molekyler i kulepinnemodellen (Justi & Gilbert, 2000). Analogimodeller har derfor blitt omtalt som et toegget sverd i skolen, der elevene skjønner det åpenbare, mens læreren forventer at elevene skal forstå prosessen bak (Harrison & Treagust, 2000). Dersom modeller skal være til hjelp for elevenes forståelse, hevdes det at det må undervises eksplisitt om modeller og modellbruk, og at det må være klart for elevene hvilke aspekter ved fenomenet modellen viser og ikke viser (Harrison & Treagust, 2000). Ringnes og Hannisdal (2006, s. 170) påpeker også at elever ofte har vanskeligheter med å skille mellom modell og virkelighet, og oppfatter modellen som virkeligheten og ikke som et redskap konstruert av mennesker for å forklare eller beskrive et fenomen. Det å forstå modeller i naturfagundervisning hevdes å være viktig for elevenes forståelse for hele naturfaget, fordi modeller spiller en stor rolle i undervisningen gjennom hele utdanningsløpet (Gobert et al., 2011).

Bent (1984) påpeker at det forekommer misbruk av modeller i undervisning, og at ikke alle modeller som presenteres for elevene er hensiktsmessig for å bedre deres forståelse for temaet. Bent (1984) viser videre til noen regler utformet av A. Smith og A. Lavoisier som handler om å unngå unødvendig bruk av modeller, og som noe omformulert lyder slik: "I undervisning av kjemi skal det ikke introduseres nye modeller det ikke er absolutt nødvendig å presentere for å forstå et eksperiment eller en observasjon" og "Ingen modell bør introduseres uten at det gjøres helt klart for elevene hva den kan brukes til og at den skal brukes igjen på et senere tidspunkt". Disse reglene er ment å hjelpe lærere med å tenke

gjennom hvorfor de skal ta i bruk en modell, og gjøre det nødvendig å forklare modellens bruksområder og dens begrensninger (Bent, 1984).

### **3.3 Alternative oppfatninger rundt atomer og molekyler**

Elever kommer inn i skolen med en rekke alternative oppfatninger om forskjellige fenomen, men ofte vil disse elevforestillingene være i forbindelse med fenomener elevene har et forhold til før de får undervisning om det (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994, s. 1). Fenomener elevene ikke har noen opplevelser med før de begynner på skolen og får undervisning om dem, vil dermed ikke i utgangspunktet være påvirket av alternative oppfatninger, men slike oppfatninger kan likevel oppstå. Det som læres bort fra læreren vil sjelden være identisk med det som læres inn hos elevene, fordi læring innebærer at elevene på et selvstendig plan lager seg en forståelse for det som blir undervist. Dermed kan det også utvikles alternative oppfatninger innenfor fenomener elevene ikke har erfaring med (Budde et al., 2002).

Alternative oppfatninger kan omtales med ulike navn, for eksempel misoppfatninger, forforståelse eller hverdagsforestillinger. Videre i oppgaven vil begrepet alternative oppfatninger bli brukt, fordi det er et bredt begrep som også kan omfatte de hverdagsforestillingene elevene kommer inn i skolen med og de misoppfatninger som oppstår før og underveis i skolegangen.

Atomer og molekyler er et tema som elevene gjerne har lite kunnskap om før det blir undervist, fordi det ikke knyttes til hverdagslige fenomener. Samtidig er det et tema der det benyttes en rekke begrep elevene kjenner fra andre sammenhenger. For eksempel vil det brukes begreper som elektronskall, elektronsky, elektronbaner og atomkjerne, og dersom læreren bruker begrepene uten å forklare deres sammenheng med atomer og molekyler, kan elevene knytte disse begrepene opp mot betydningen de har i forbindelse med andre fenomener. Skyer, skall og kjerner kan for unge elever høre til himmelen, skilpadder og epler, ikke atomer (Harrison & Treagust, 1996).

Ringnes og Hannisdal (2006, s. 170) har hevdet at elever ofte har problemer med å skille mellom modeller og virkelighet, og at modellene ofte kan ses på som representasjoner av virkeligheten. Dette beskrives også hos flere, blant annet hos Harrison og Treagust (1996),

som påpeker at mange elever har en forståelse av modeller der det viktigste modellene representerer er virkeligheten rundt fenomenet og ikke ideene bak.

Taber (1998) gjennomførte en undersøkelse om britiske collestudenters alternative oppfatninger rundt atomer og molekyler. Blant mange interessante funn fant han at den pedagogiske oktettregelen fortsatt hos collestudenter er grunnlaget for deres forståelse for eksempelvis molekylers oppbygning. Oktettregelen forteller dem at atomene går sammen fordi de vil ha fullt ytterskall, for eksempel vil hydrogenatomene bli stabile og går derfor sammen med oksygenatomene og deler elektroner med disse, som også gjerne vil ha fullt ytterskall, og danner vann. Det at både hydrogenatomer og oksygenatomer allerede eksisterer som stoffer i stabile oksygen- og hydrogenmolekyler kolliderer tilsynelatende ikke med denne forståelsen for molekylers dannelse (Taber, 1998).

Lærers bevissthet om alternative oppfatninger rundt atomer og molekyler kan bidra til at elevene i større grad kan oppnå en forståelse i undervisningen om temaet. Elever kan konstruere nye misoppfatninger i undervisningssituasjoner hvor læreren mangler kompetanse eller ikke er tydelig nok (Budde et al., 2002).

### **3.4 Bruk av vitenskapshistorie og –filosofi i undervisning om atommodeller**

Nature of science (NOS) handler om de historiske, filosofiske og sosiale forholdene ved naturvitenskapen, at naturvitenskapen er tentativ og påvirket av samfunn og tid (McComas, Clough, & Almazroa, 2002). Det er blitt argumentert for at kunnskap om vitenskapens, og da spesielt atomets, historie er viktig for å kunne forstå atommodeller (Justi & Gilbert, 2000). Elever som undervises tradisjonelt om atomer, hvor det er lite eller ingen vekt på atomets og atommodellenes vitenskapelige historie, sies å utvikle dårlig forståelse for endring i naturvitenskapen, og kan heller ikke i særlig grad diskutere hvorfor det ble behov for en atommodell (Justi & Gilbert, 2000).

Justi og Gilbert (2000) undersøkte en rekke lærebøker fra Storbritannia og Brasil for å lete etter representasjoner på vitenskapshistorie og –filosofi (*History and Philosophy of Science*, fra nå av kalt HPS) i kapitlene om atomer og molekyler. De fant at lærebøkene i liten grad forklarte atomets historie eller teoriene bak atommodellene. Bakgrunnen for at det ble behov for nye atommodeller er også i liten grad nevnt i lærebøkene. Dette er og til en viss grad

tilfellet i de norske læreverkene undersøkt i forbindelse med denne studien, der atomets historie og grunnene til at atommodeller oppsto vektlegges i liten grad (se kapittel 3.1). Justi og Gilbert (2000) fant også at de modellene som ble presentert i lærebøkene var hybrider, en blanding mellom historiske modeller og pedagogiske modeller. Hybride modeller hevdes å gjøre det vanskeligere for elevene å forstå at naturvitenskapen er tentativ og hvorfor atommodellene har forandret seg, og HPS får ikke vært til nytte i naturfagundervisningen (Niaz, 2015).

Et mål med å inkludere HPS i naturfagundervisningen var at dersom elevene utvikler forståelse for hvordan historisk, filosofisk og teknologisk kontekst påvirker vitenskapens utvikling, ville de få en større forståelse for hva vitenskapelig kunnskap er og dermed kunne bli mer engasjerte i naturfagundervisningen (Justi & Gilbert, 2000). Atomets historie og hvordan filosofisk, historisk og teknisk kontekst påvirket datidens vitenskapsfolk antas å være relevant i undervisningen om atommodeller for at elevene skal kunne sette seg inn i hvorfor det ble behov for nye atommodeller og hvordan forskerne jobbet med disse (Justi & Gilbert, 2000).

Det er også blitt hevdet at modellenes egenart (nature of models) er viktig for elevens forståelse for modeller i naturfaget (Gobert et al., 2011). Modellenes egenart handler om at modellene ikke er helt vitenskapelig korrekt, at de er tentative og åpne for endring og at det kan være flere modeller for et og samme fenomen. Hvilken modell som framheves avhenger av meningen bak undersøkelsen og hvilke aspekter ved fenomenet som behøver å framheves i undersøkelsen. Studier har vist at elever som har en forståelse for modellenes egenart også i større grad er i stand til å gå dypere inn i en modell for å forstå den og hvilke egenskaper ved et fenomen modellen kan vise og ikke (Gobert et al., 2011).

### **3.5 Elevers forståelse for atommodeller**

Elevers forståelse for atommodeller er undersøkt og skrevet om i flere internasjonale artikler, men det er gjort lite forskning på *norske* elevers forståelse. Under gjengis noen hovedmomenter i tre utvalgte undersøkelser gjennomført i andre land.

Harrison og Treagust (1996) gjorde en intervjubasert undersøkelse i Australia der de kategoriserte elever i 8.-10. klasse sin forståelse for atommodeller (se kapittel 3.6). De fant at

litt over halvparten av elevene i undersøkelsen hadde lite kunnskap om atommodellenes begrensninger. Litt under halvparten av elevene var klare over at modellene hadde noen begrensninger og ikke var direkte kopier av virkeligheten, men de klarte likevel ikke helt å forstå ideene bak modellene. Det ble også undersøkt en del vanlige alternative oppfatninger, der blant annet halvparten av elevene mente at atomer var synlige under mikroskop. Andre alternative oppfatninger var at noen substanser var oppbygd av andre stoffer enn atomer, atomene var levende og formerte seg og at atomene lignet på pomponger i tekstur (hard kjerne og myk "sky" rundt). Videre antok mer enn halvparten av elevene at atomer så ut som kuler eller baller i oppbygningen (Harrison & Treagust, 1996).

En annen undersøkelse gjennomført i Tyskland av Petri og Niedderer (1998) tok for seg en videregåendeelevs læringsprosess i undervisning om atommodeller. Den viste at eleven og hans medelever ofte valgte å ikke bruke den modellen som læreren ville de skulle bruke, men enten brukte modeller fra tidligere undervisning om temaet eller konstruerte egne modeller som var en mellomting mellom tidligere innlærte modeller og de modellene læreren ville de skulle bruke.

Budde et al. (2002) gjorde en undersøkelse om hvordan atommodellen elektronium kunne være et godt læringsverktøy, og undersøkte hvordan andre atommodeller bidro til ulike alternative oppfatninger. Blant annet fant disse forskerne at flere elever hadde vanskeligheter med å avlære tidligere innlærte modeller og ideer. For eksempel hadde elevene vanskeligheter med å gå bort fra sammenligningen mellom atomer og solsystemet, og skallmodellens faste elektronbaner var også vanskelig å avlære.

### **3.6 Metoder for å kategorisere elevenes forståelse for atommodeller**

Elevers forståelse for atommodeller kan kategoriseres på ulike måter. Harrison og Treagust (1996) delte inn elevene i tre nivåer basert på deres forståelse for modeller i kjemien og hvordan de brukes, for eksempel modeller for atomer og molekyler. Nivå 1 tilsvarte at elevene så på modeller som leker de kunne bruke i klasserommet eller kopier av virkeligheten, og de godtok uten spørsmål at visse deler av fenomenet manglet i modellen. Mange elever på nivå 1 trodde at det var et 1:1 forhold mellom modellen og det fenomenet den forsøkte å vise. En nivå 2-forståelse tilsa at elevene var klare over at modellen hadde et formål med hvordan den var laget og var bevisst på at noen aspekter framhevet modellens



formål og at andre deler av fenomenet var tatt ut. Elever på nivå 2 forsto også at modellen ikke trengte å korrespondere med virkeligheten, men var likevel opptatt av *virkeligheten* modellen representerte, og ikke *ideene*. Elever på nivå 3 forsto at modellene representerte ideer og ikke en beskrivelse av virkeligheten og modellen ble et verktøy for å forstå fenomenet og også skjønne ideene bak modellen (Harrison & Treagust, 1996).

En annen måte å kategorisere elevenes forståelse ble gjort i forbindelse med en undersøkelse gjennomført av Niaz m.fl. (Niaz, Aguilera, Maza, & Liendo, 2002) der elevenes forståelse for atomstruktur ble undersøkt. Her ble elevene delt inn i kategoriene “lakatosiansk”, positivistisk eller en blanding mellom disse to ut fra hva de anså som viktig i Thomson, Rutherford og Bohr sine arbeider. Disse kategoriene baserte seg på elevenes forståelse for NOS og målet var å gjøre elevenes forståelse for atomstruktur større ved at de utviklet et lakatosiansk syn på forskningsarbeidene til Thomson, Rutherford og Bohr. Elevene som vektla resultatene og anså *funnene* i undersøkelsene som det absolutt viktigste ble kategorisert som positivistisk, mens de elevene som så på *muligheten for utvikling av funnene* i undersøkelsene som viktigst, som altså vektla NOS, ble kategorisert som lakatosiansk. Elevene som i noen grad klarte å se undersøkelsene og resultatene i lys av NOS ble kategorisert som en mellomting mellom de to foregående kategoriene. Kategorien lakatosiansk stammer fra filosofen Imre Lakatos og hans teori om hvordan vitenskapelige teorier vokser, utvikler seg eller eventuelt dør (Sjøberg, 2009, s. 234). I følge Lakatos står aldri vitenskapelig teori alene, men er en del av et større forskningsprogram. Kategorien positivistisk stammer fra den positivistiske vitenskapstradisjon der vitenskapen og sannheten “oppdages” og “avdekkes” ut fra beviser, og etter hvert som mennesket gjør flere undersøkelser og får flere data blir vitenskapen sikrere (Sjøberg, 2009, s. 216).

En tredje måte å kategorisere på blir presentert i Berit S. Haug og Marianne Ødegaards artikkel “From words to concepts” (2014). Den handler om å rangere elevenes kontroll på ord og begrep. Det påpekes at det å kunne et ord ikke er et alt-eller-ingenting-fenomen, men at det kan rangeres på en skala som går fra at elevene har lite kontroll på ordet, til en passiv kontroll og tilslutt en aktiv kontroll på ordet. Lite kontroll på ord tilsvarer at elevene kjenner igjen ordet og vet hvordan det skrives og uttales. Passiv kontroll innebærer å kunne gi eksempler på synonym eller en enkel definisjon på ordet, og aktiv kontroll innebærer at elevene kan sette ordet i kontekst og i sammenheng med andre ord og begrep, og å bruke ordet i muntlig og skriftlig kommunikasjon. For at det skal være mulig for elever å nå en aktiv kontroll på ord og

begrep, må undervisningen støtte kunnskapsbygging og bygge linker mellom ulike typer forståelse. For eksempel ved å knytte relevante naturvitenskapelige ord og begreper opp mot hendelser i hverdagen, og knytte link mellom naturfaglig forklaring og fenomen.

Undervisningen må også fremme kontinuitet ved å trekke linjer mellom det elevene har lært tidligere og nye tema de skal lære om (Haug & Ødegaard, 2014).

Jeg har tatt utgangspunkt i disse tre kategoriene for elevers kontroll på begreper og anvender dem på begrepene proton, elektron, nøytron, elektronskall, atomkjerne og ion.

## **4.0 Metodekapittel**

I denne studien er målet å kunne si noe om hvordan elevene i utvalget forstår atommodeller, hvilken informasjon de klarer å hente ut fra gitte modeller og hvilken forståelse de har for modellbegrepet generelt. Dette krever en metode som gir elevene mulighet til å uttrykke sine meninger og erfaringer i en trygg setting der deres forståelse og kunnskap står i fokus. Derfor ble kvalitativ metode valgt i dette forskningsprosjektet. I dette kapitlet vil denne metoden beskrives, for å ha mest mulig åpenhet rundt forskningsprosessen. Åpenhet rundt forskningsprosessen er viktig for å kunne avgjøre om resultatene i studien er troverdige og gyldige.

### **4.1 Kvalitativ metode**

Kvalitative data viser til egenskaper ved et fenomen, i motsetning til kvantitative data som viser til mengde eller antall (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2010, s. 363). For å innhente kvalitative data i en undersøkelse må man ha en nær kontakt med fenomenet, enten ved observasjon av situasjoner og fenomener eller som i dette tilfellet, samtale med mennesker. Kvalitative metoder gir detaljert informasjon om et lite utvalg, og egner seg til å svare på problemstillinger som spør hvorfor eller hvordan et fenomen forstås eller er. Kvalitative metoder er hensiktsmessig å bruke når man vil forstå et fenomen mer grundig (Ringdal, 2013, s. 32). En kvalitativ undersøkelse kan ikke bidra til å generalisere for en hel populasjon, men en undersøkelse blant mange flere om samme tema vil være med på å øke troverdigheten til resultatene.

I denne studien har 11 informanter blitt intervjuet, og derfor kan det ikke her generaliseres på samme måte som i kvantitative forskningsmetoder. Likevel vil det kunne trekkes noen slutninger om disse få informantenes erfaringer og kunnskap. Det kan derimot ikke trekkes noen gyldige slutninger om alle i en populasjon basert på disse intervjuene, men det kan antas at noen av momentene som kommer fram i disse resultatene også vil kunne gjelde de andre i populasjonen. I denne studien vil jeg altså komme i dybden og forsøke å forstå hvordan elevene tenker og forstår atommodeller, og sammen med andre bidrag kan det dannes et bilde av elevers forståelse for atommodeller.

## 4.2 Forskningsdesign

I dette forskningsprosjektet er det å finne ut av hva elever forstår om et tema vektlagt. Jeg valgte derfor å gjøre en tverrsnittsundersøkelse (Johannesen et al., 2010, s. 74) for å finne ut av hva elever forstår og kan om atommodeller noen uker etter endt undervisning om dette temaet. En tverrsnittsundersøkelse gir et øyeblikksbilde av det fenomenet som studeres. I dette tilfellet fikk alle elevene undervisning om atomer og molekyler av sin naturfaglærer, hvor jeg så kom inn og gjorde mine undersøkelser ca. 2-3 uker i etterkant (gangen i undersøkelsen er presentert i Tabell 6). Det var i dette tilfellet interessant å se hva elevene hadde lært og forsto etter endt undervisning om temaet, og ikke hvordan elevenes forståelse endres over tid. En slik tverrsnittsundersøkelse kan vise forskjeller mellom individer, og selv om elevene hadde fått lik undervisning om temaet atomer og molekyler, hadde de likevel forskjellige utgangspunkt når temaet skulle diskuteres.

*Tabell 6: Gangen i undersøkelsen*

Undervisning, ca. 9 skoletimer (gjennomført av naturfaglærer).	Oppgavesett besvart av elevene.	Gruppeintervju.
--	---------------------------------	-----------------

## 4.3 Datamateriale

Etter gjennomføringen av mine undersøkelser satt jeg igjen med følgende datamateriale: skriftlige besvarte oppgavesett fra alle elevene og tre transkriberte intervjuer med lengde på ca. 35 minutter. I tillegg har elevenes tegninger av atomer, egne notater og undervisningsmateriale fra lærer også blitt samlet inn. Lærers undervisningsmateriale, elevenes periodeplan og egne notater har kun blitt brukt som bakgrunnsstoff for oppgaven og ikke brukt aktivt i analysen. Elevenes tegninger og oppgavesettet har blitt brukt som supplement til intervjuene i analysen.

Undersøkelsen ble gjennomført med ungdomsskoleelever på 9. trinn, som hadde hatt undervisning om temaet atomer og molekyler. Elevene fikk først et oppgavesett de skulle besvare individuelt, før jeg deretter gjennomførte gruppeintervju med 11 elever fordelt på tre grupper på henholdsvis tre, fire og fire elever.

Datamateriale inneholder skriftlig arbeid og tegninger om atomer, der elevene fikk bruke egne ord og forklaringer uten innblanding fra verken lærer eller forsker, og transkripsjonen av intervjuene, hvor elevene har fått brukt begreper og hatt mulighet til å utdype sine utsagn. I tillegg fikk jeg tilgang på undervisningsmateriale og periodeplan med læringsmål fra lærer som bakgrunn og kontekst for utforming av oppgavesett og intervjuguide.

### 4.3.1 Oppgavesett

Oppgavesettet elevene skulle besvare i undersøkelsen var et spørsmålsark med en blanding av åpne og lukkede oppgaver. Elevene skulle bruke ca. 30 minutter på å løse settet.

I oppgavesettet måtte elevene svare på åtte oppgaver som omhandlet atomer og atommodeller. For å lage oppgaver best tilpasset det elevene hadde lært om, tok jeg utgangspunkt i tre forskjellige lærebøker fra ungdomsskolen Eureka! 9 (Hannisdal et al., 2007a), Nova 8 (Steineger & Wahl, 2013) og Natur og Univers 2 (Fiskum & Steineger, 2008). Disse lærebøkene ble valgt fordi de inneholder en del om atomer og molekyler. Eureka! 9 er også læreboka elevene har brukt i undervisningen om temaet. Oppgavene ble så utformet etter å ha sett på tekstene, oppgavene og aktivitetene om atomer og atommodeller i de ulike læreverkene, i tillegg til spørsmål om tema jeg ville ta opp i intervjuene. Elevene hadde i undervisningen gjennomgått klassifisering av grunnstoffer, oppbygningen av periodesystemet, skallmodellen, oktettregelen og ioner. I tillegg hadde elevene jobbet med noen begreper knyttet til dette temaet, blant annet atomsymbol, atomnummer, protoner og elektroner.

I oppgavesettet ble elevene blant annet spurt om skallmodellen, oktettregelen og elektronskymodellen, sistnevnte ble tatt med da to av læreverkene jeg benyttet presenterte denne modellen (Nova 8 og Natur og Univers 2). I tillegg til skallmodellen var elektronskymodellen den eneste andre modellen presentert i norske lærebøker. Elektronskymodellen var også en modell jeg hadde intensjon om å presentere for elevene i intervjuene. Oppgavene ble så utformet ut fra oppgavene gitt i lærebøkene, elevenes periodeplan og problemstillingen for oppgaven, for på denne måten å kunne bruke resultatene i analysen. En oversikt over oppgavene og en forklaring på de enkelte oppgavene finnes i Tabell 7.

Tabell 7: Begrunnelse for oppgavesett

Oppgave	Begrunnelse
1. Skriv to faktasetninger om atomer.	Dette spørsmålet ble stilt for å sette i gang elevene, og se hva elevene prioriterer som viktig av et atoms egenskaper.
2. Hvilket atom er dette? Begrunn svaret. (Figur av skallmodell med atom nummer 6) a) Hva kaller vi en slik modell? b) Hvilke tre hoveddeler består dette atomet av?	Med dette spørsmålet ville jeg se om elevene var kjent med begrepet skallmodell og begrepene proton, nøytron og elektron. I problemstillingen og forskningsspørsmålene spør jeg hvilken forståelse for og hvilken kunnskap elevene klarer å hente ut fra gitte modeller, og skallmodellen er en av disse.
3. Hva innebærer åtteregelen (eller oktettregelen?)	Elevene hadde oktettregelen som et læringsmål på sin periodeplan, og jeg ville finne ut av hva elevene hadde lært om denne, og hva de husket av atomets oppbygning og elektronskall. Oktettregelen er også en kilde til at alternative oppfatninger konstrueres, og dermed interessant for studien.
4. Hva er en isotop?	Dette begrepet ble brukt og forklart i de lærebøkene jeg brukte som bakgrunn for flere av oppgavene, og jeg ville finne ut om elevene hadde lest læreboka nøye, eller om de for det meste støttet seg på undervisningen.
Hvorfor bruker vi modeller? Kan du gi eksempler på noen modeller?	I mine forskningsspørsmål spør jeg hvilken forståelse elevene har for modellbegrepet, og her ville jeg finne ut litt om hva elevene tenkte om modellbruk og modellenes nytteverdi.
Hvem utviklet den modellen vi kaller skallmodellen?	Et spørsmål med det mål å se om elevene hadde fått noe vitenskapshistorie og – filosofi i undervisningen.
Tegn skallmodellen for et oksygenatom og forklar modellen.	En av modellene jeg bruker i min problemstilling. Jeg ville her finne ut av elevenes kjennskap til skallmodellen.
Kjenner du til elektronskymodellen? Forklar kort hva den går ut på.	Denne modellen skulle brukes i intervjuene, og er den andre modellen jeg bruker i min problemstilling. Jeg ville finne ut om elevene kjente den fra før.

### 4.3.2 Gruppeintervju

Gruppeintervjuene ble gjennomført i små grupper på tre til fire elever, og varte ca. 35 minutter hver. Intervjuene ble dokumentert med lydopptaker, som videre ble transkribert i sin helhet. Elevene og intervjueren diskuterte temaet atomer og atommodeller, og intervjueren fungerte som leder og ordstyrer i samtalen. Her skulle elevenes forståelse og tanker om temaet belyses, og målet var å utdype disse. Derfor anses gruppeintervju som en hensiktsmessig metode i denne studien.

Noen av fordelene med gruppeintervju er at intervjupersonene kan støtte opp om hverandre, utveksle ideer, komme på momenter ved å høre på de andre eller diskutere uenigheter. Man har også mulighet til å studere deltakernes felles forståelse av temaet. Gruppeintervju er i tillegg en tidsbesparende metode sammenlignet med dybdeintervjuet, da man på kort tid får hentet ut mye informasjon fra flere informanter (Johannesen et al., 2010; Ringdal, 2013).

Gruppeintervju ble valgt som metode for det første fordi det skaper en trygg setting, hvor elevene kan uttrykke sine meninger sammen med sine medelever. For det andre ville jeg gjøre det mindre skummelt å være med på undersøkelsen ved at elevene var flere sammen. Det skulle være mulig for de som ville å være med, og de fikk være flere elever sammen med kun en forsker, noe som kan føles litt tryggere enn en en-til-en-samtale. For det tredje ville jeg at elevene skulle ha muligheten til å bygge opp hverandre ved å utveksle meninger, enten de var enige eller ikke. På den måten ville jeg forsøke å få trygge elever som kunne delta aktivt i samtalen. Til slutt ønsket jeg en tidsbesparende metode, noe gruppeintervju er.

Jeg måtte ta noen valg før gruppeintervjuene kunne finne sted, blant annet med tanke på gruppestørrelse, utvelgelse av deltakere og hvor mange grupper. Det kan være en utfordring dersom det er ulik sosial status blant deltakerne i gruppen eller at deltakerne er for like eller for ulike hverandre. Dette kan hemme diskusjonen, og datamaterialet fra undersøkelsen kan bli mindre nyttig og dårligere egnet til å besvare problemstillingen. Gruppesituasjonen kan også gjøre at individuelle synspunkter hindres fra å komme fram, og at noen informanter dominerer diskusjonen i intervjuet (Ringdal, 2013, s. 247). Jeg hadde tidligere vært vikarlærer i denne gruppen, og kjente derfor til elevene på forhånd. På bakgrunn av mitt inntrykk av elevene og en kort samtale med kontaktlærer, valgte jeg å sette sammen grupper på egen hånd. Jeg forsøkte å forme gode, konstruktive grupper med elever som jobbet godt sammen.

### **4.3.5 Utvalg av informanter**

I dette forskningsprosjektet ble utvalget gjort basert på hvilke elever som kunne delta. Jeg tok kontakt med en ungdomsskole jeg har en tilknytning til, og fikk tillatelse til å bruke en av klassene på 9. trinn. Elevene fikk informasjon om undersøkelsen og det ble innhentet informert samtykke. Utvalget ble derfor tilfeldig da jeg måtte bruke de elevene som fikk godkjenning fra foresatte til å delta.

I utvelgelsen av grupper til gruppeintervju kan man ofte skille mellom engangsgrupper og dybdeintervjugrupper, der engangsgrupper er grupper som er satt sammen kun for et forskningsprosjekt og ikke har noe med hverandre å gjøre etterpå, mens dybdeintervjugrupper møtes flere ganger og utvikler en varig relasjon til hverandre. Jeg tok utgangspunkt i grupper som allerede eksisterer, såkalte naturlige grupper, som kan være naboer, venner, studenter eller i dette tilfellet, medelever (Brandth, 1996). I dette tilfellet er alle elevene i den naturlige gruppen medelever, men jeg valgte å bruke naturlige vennegrupper som eksisterte i klasserommet fordi dette ville skape en tryggere situasjon for elevene og kanskje gjøre det lettere for dem å uttrykke sine meninger. I tillegg til sosiale forhold, gjorde jeg også noen utvalg basert på elevenes faglige nivå. Dermed fikk jeg tre ganske forskjellige grupper, hvor en gruppe hadde tre relativt sterke elever, som alle var ganske stille av seg, en gruppe hadde fire middels sterke og svake, men muntlige elever og en siste gruppe med middels sterke og en meget sterk elev som var relativt muntlig aktive elever. Jeg forsøkte og å ta hensyn til hvem elevene følte seg trygg sammen med, slik at det var større sjanse for diskusjon og samtale mellom elevene. Elevenes karakteriseringer som faglig sterke eller svake er gjort av meg etter mine erfaringer som vikarlærer for den aktuelle klassen og det inntrykket elevene gjorde i intervjusituasjonen.

### **4.3.3 Intervjuguide**

En semistrukturert intervjuguide, med gitte tema vi skulle innom, men med frihet til å følge opp interessante momenter, ble valgt som verktøy for intervjuene. En semistrukturert intervjuguide gir mulighet til å bevege seg på kryss og tvers av intervjuguiden og å få elevene til å utdype interessante temaer. Dette ble valgt for å ha mulighet til å følge elevene i deres tanker, og ikke være bundet av å konstant styre dem tilbake til riktig spor. Dette kan være en



god måte å gjøre intervjuer med ungdomsskoleelever på, da de gjerne krever litt struktur og oppfølging for å holde seg til temaet, men kan komme med interessante digresjoner.

Spørsmålene i min intervjuguide var i hovedsak spørsmål som handlet om atomer og atommodeller. Målet med enkelte av spørsmålene var å oppfordre til refleksjon rundt hva atommodeller og modeller generelt er og hva vi kan bruke dem til, mens andre spørsmål hadde som mål å kun se elevenes kunnskap om atommodeller og atomer. Spørsmål i slike intervjuer kan evalueres etter en tematisk og en dynamisk dimensjon (Kvale, 2001, s. 77), hvor det tematiske tar hensyn til relevansen for forskningstemaet, mens det dynamiske tar hensyn til det mellommenneskelige som skjer mellom intervjuer og informanter. Et godt tematisk spørsmål har som mål å belyse forskningsspørsmål og problemstilling, mens den dynamiske dimensjonen innebærer at det skapes en positiv intervjusituasjon med det mål å holde samtalen i gang og motivere informantene til å fortelle om sine erfaringer og tanker om tema (Kvale, 2001, s. 77). Det var viktig for meg å stille gode tematiske spørsmål for å få svar som kunne brukes i videre i forskningsprosjektet, men også dynamiske spørsmål som opprettholdt en god flyt i samtalen og bidro til god stemning i intervjusituasjonen.

Det var et mål i intervjusituasjonen å ikke gjøre elevene usikre, og derfor stille elevene spørsmål som var åpne og ga mulighet for flere tolkningsmuligheter. For eksempel ble spørsmålet “hva kan dere fortelle meg om denne modellen?” stilt samtidig som elevene fikk se figur av skallmodellen. I dette spørsmålet var *modell* det eneste faglige begrepet, og dermed kunne de fortelle hva de så på figuren med de begreper de selv valgte, før vi senere kunne trekke inn begrepet skallmodell og hvilken betydning det måtte ha. Samtidig finnes også rent tematiske spørsmål i intervjuguiden, eksempelvis “hva består et atom av?” og “hva er et K-skall”, mens spørsmål som spurte om hvorfor vi bruker modeller og hva vi kan bruke dem til tok mer hensyn til den dynamiske dimensjonen.

For å finne ut noe om hvordan elevene forsto atommodeller, måtte jeg i intervjuene stille spørsmål om noen modeller. Skallmodellen og elektronskymodellen ble valgt da disse figurerte i et utvalg av de norske læreverkene for ungdomsskolen (Fiskum & Steineger, 2008; Hannisdal et al., 2007a; Steineger & Wahl, 2013) og fordi elevenes periodeplan viste at det var skallmodellen som ble brukt i deres undervisning. Elevene ble spurt om hva de kunne si om det aktuelle atomet ved å bruke de ulike atommodellene, om hva som var enkelt å se, og om de kunne si noe om hva modellen ikke viste. Videre fulgte spørsmål som handlet om

modeller og modellbegrepet generelt, for å undersøke hvordan elevene forsto modellbegrepet. Elevene fikk spørsmål om hva en modell er, hvorfor modeller kan være nyttige å bruke for dem som elever og på hvilke måter modeller kunne bidra til innlæring av stoff. I alle deler av intervjuet var det viktig at elevene fikk spørsmål som oppfordret til å bruke ord og begreper som tilhører dette tema og som kunne gi datamateriale for å svare på problemstillingen. Intervjuguide ligger vedlagt (se vedlegg 3).

Det var viktig at intervjuguiden gikk videre fra oppgavesettet elevene hadde besvart, og selv om oppgavebesvarelsene kun i noen grad ble brukt i intervjuene, fungerte de som en oppvarming til intervjuet. Noen av spørsmålene var de samme i intervjuguiden og oppgavesettet, for eksempel spørsmål om hvilke deler atomet består av og hvorfor vi bruker modeller. I tillegg forsøkte jeg å ta temaet videre i intervjuet ved å omformulere noen av spørsmålene fra oppgavesettet.

#### **2.3.4 Transkribering av intervjuene**

Transkripsjon innebærer oversetting fra et muntlig språk, med sine egne regler, til et skriftlig språk med andre regler (Kvale, 2001, s. 104). For å kunne bruke de transkriberte intervjuene i min analyse, valgte jeg å oversette fra dialekt til bokmål. Det er forsøkt å transkribere så ordrett som mulig, men på grunn av elevenes dialekt vil det bli noen små forskjeller mellom lydopptak og transkripsjon. Dialektord og uttrykk som ikke enkelt lar seg oversette til bokmål er forsøkt ivaretatt for å ikke miste innholdet i det elevene har sagt. Eksempelvis er begrepet “fer” blitt beholdt i intervjuene. Dette er et dialektord som kan bety å dra, men som oftest i dette tilfellet betyr å bevege seg rundt, gjerne innenfor et bestemt eller avgrenset område.

I transkripsjonen er elevenes navn blitt anonymisert. Elevenes pseudonym ivaretar kjønn, men ikke etnisk bakgrunn. Dette har jeg valgt å gjøre fordi etnisk bakgrunn ikke påvirket resultatene i mine undersøkelser. Symbolforklaringer og ordforklaringer ligger vedlagt sammen med transkripsjonene (se vedlegg 6, 7 og 8, på CD)

#### 4.4 Reliabilitet og validitet i kvalitativ forskning

Det er vanlig å bruke begrepene troverdighet og bekreftbarhet/gyldighet i stedet for reliabilitet og validitet og overførbarhet i stedet for generaliserbarhet i kvalitativ forskning (Johannesen et al., 2010). Dette er fordi validitet, reliabilitet og generaliserbarhet er begreper som er nært knyttet opp mot kvantitativ forskning, og dermed ikke gir så stor mening i kvalitativ forskning.

Med tanke på validitet, eller gyldighet ved gruppeintervju som metode, kan man se på om man har fått stilt de spørsmålene man trenger for å svare på sin problemstilling. Å avgjøre om man har målt det man ønsker å måle, og om datamaterialet er gyldig når det kommer til stykket, kan være utfordrende (Ringdal, 2013, s. 248-249). For å få gyldige resultater i mine undersøkelser, forsøkte jeg alltid å være bevisst på problemstillingen for undersøkelsen gjennom intervjuet, forberede meg godt og lage en god intervjuguide. Likevel måtte jeg i noen tilfeller underveis i intervjuene gå videre fra enkelte spørsmål uten å egentlig ha fått svar på dem, da elevene hadde for lite kunnskap om akkurat det temaet.

Når det gjelder reliabilitet eller troverdighet i forskningsmetoden gruppeintervju kan man ikke si så mye om målesikkerheten, da det normalt sett er for få informanter i intervjusituasjonen (Ringdal, 2013, s. 248). Likevel kan man som intervjuer forsøke å bli bevisst eventuelle feilkilder i sine intervjuer, for eksempel kan forskeren stille ledende spørsmål eller spørsmål informantene ikke forstår. For at mitt datamateriale skulle være troverdig, ville jeg unngå å lede elevene inn i bestemte svar. Videre tok jeg også utgangspunkt i det nivået lærebøkene og lærerens læremateriale lå på, for å kunne stille spørsmål som elevene skulle være i stand til å svare på. Det kan nevnes at jeg hadde en utvikling som forsker og intervjuer i løpet av de tre intervjuene, der jeg i første intervju stilte flere ledende spørsmål, noe jeg i de to neste intervjuene ble mer bevisst på og forsøkte å unngå. Dette kan påvirke troverdigheten i min studie, noe jeg må være klar over. Det ble også stilt noen spørsmål elevene ikke forsto, som derfor måtte omformuleres flere ganger før de kunne svare, dermed kan spørsmålene i noen grad blitt forandret fra det som var intensjonen i intervjuguiden.

## **4.5 Analyse av kvalitative data**

Analyse av kvalitative data foregår gjennom hele forskningsprosessen, og begynner allerede ved første intervju, første observasjon eller første blick på dokumentet. Likevel er det det Postholm (2005, s. 86) definerer som deskriptive analyser som kanskje regnes som analysen i et slikt forskningsprosjekt. Hun definerer deskriptive analyser til å omfatte analyseprosesser som strukturerer datamateriale, og som dermed gjør datamaterialet oversiktlig og forståelig. For å kunne gjøre en analyse av mitt datamateriale, må jeg ha noen analyseverktøy, og disse vil jeg nå beskrive.

### **4.5.1 Analyseverktøy**

Jeg velger her å se på begreper relevante for temaet atomer og modeller, og vurdere i hvilken grad elevene klarer å bruke disse begrepene knyttet til fagstoffet. Dette er et analyseverktøy hentet fra en artikkel av Haug og Ødegaard (Haug & Ødegaard, 2014) hvor elevenes kontroll på begrepene som benyttes kategoriseres som liten, passiv eller aktiv (se kapittel 3.6) I tillegg vil jeg se på elevenes forståelse for modellbegrepet ved å kategorisere deres uttalelser ut fra Harrison og Treagust (1996) sine nivåer for forståelse av begrepet modell (se kapittel 3.6).

### **4.5.2 Kategorier i analysen**

Første kategori vil omhandle elevens kontroll på begreper som igjen deles inn i disse underkategoriene:

1. aktiv kontroll
2. passiv kontroll
3. lite kontroll

Disse tre kategoriene viser til elevenes ulike grad av kontroll på begreper som benyttes i sammenheng med tema atomer og molekyler. Dette kan ses på som en skala fra lite kontroll, hvor elevene kun kjenner ordet, til en aktiv kontroll hvor elevene kan sette ord inn i en kontekst med andre begrep. For nærmere forklaring se kapittel 3.6.

Andre kategori vil omhandle elevers modellforståelse med følgende underkategorier:

1. modellenes fordeler og begrensninger
2. modeller i undervisning gjør det enklere å forstå
3. oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall
4. Atommodeller og NOS

I den første underkategorien velger jeg å omtale både skallmodell og elektronskymodellen, og hvilken forståelse elevene har for disse. Modellenes fordeler og begrensninger omfavner elevenes kunnskap om hvilke begrensninger modeller har, og kan kobles opp mot Harrison og Treagust (1996) sine nivåer for modellforståelse (se kapittel 3.6). Modeller i undervisningen gjør det lettere å forstå omhandler elevenes tanker om hvordan modellbruk i undervisningen kan være hensiktsmessig. Tredje kategori, oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall omhandler elevenes oppfatninger om oktettregelen, og hvordan denne brukes til å forklare ulike fenomener ved atomet, for eksempel elektronskall og hvordan elektroner “oppfører seg”. Siste kategori, atommodeller og NOS omhandler elevenes kunnskap om atomets vitenskapshistorie, og elevenes forståelse for sammenhengen mellom vitenskapshistorie og utviklingen av atommodellene.

#### **4.6 Etiske betraktninger ved gruppeintervju som metode**

Å gjennomføre intervju krever noen etiske vurderinger, da man må ivareta personvernet til informantene både i intervjusituasjon, analysen og presentasjonen av resultater (Fangen, 2015). Fordi gruppeintervjuene ble gjennomført med elever under 15 år, måtte foresatte underskrive på at deres elev kunne delta på undersøkelsen. Det ble derfor innhentet informert samtykke, og informasjons- og samtykkeskrivet ligger vedlagt (se vedlegg 1).

Et intervju i skoletiden tar undervisningstid fra elevene, og det ble derfor gjort klart både muntlig fra meg og i informasjons- og samtykkeskrivet at deltakelse var helt frivillig, og at elevene når som helst kunne trekke seg fra undersøkelsen. Tidspunktet for intervjuene ble avtalt i samarbeid med kontaktlærer, og lagt til tidspunkt hvor elevene ikke hadde undervisning de hadde stort behov for å være tilstede i. Gruppeutvelgelsen ble gjort av meg, da kontaktlærer antok at gruppene ikke ville spille særlig stor rolle for elevenes deltakelse.

Da det skulle gjøres lydopptak av intervjuene, ble prosjektet meldt inn til NSD (Norsk senter for forskningsdata). Det ble gjort klart at ingen personidentifiserende informasjon ville bli brukt i oppgaven og at elevene ville omtales med sine pseudonymer gjennom hele transkripsjonen og i presentasjonen av resultater. Godkjenningsbrev fra NSD ligger vedlagt (se vedlegg 2)

#### **4.7 Refleksjoner rundt mitt valg av forskningsdesign og metode**

Det er naturlig at valget falt på en kvalitativ metode, da min problemstilling spør “hvordan elevene forstår atommodeller”. En kvantitativ framgangsmåte ville her vært ugunstig, da tallmateriale om elevenes kunnskap eller hukommelse ikke vil være interessant når denne problemstilling skal besvares. Selv om en kvalitativ metode her er hensiktsmessig, har den også noen svakheter. En svakhet ved kvalitative metoder kan være at det er vanskelig å trekke slutninger fra observasjoner eller intervjuer med få deltakere. For å kunne si noe om populasjonen “ungdomsskoleelever i Norge” må man snakke med et representativt utvalg av disse. I kvalitative metoder snakker man ikke med et representativt utvalg, men med noen få og det blir dermed vanskelig å generalisere. Likevel kan man bruke kvalitative metoder i samfunnsforskning, noe som bygger på den hermeneutiske vitenskapsteori, hvor observasjoner, samtaler og tekster må tolkes ut fra en forforståelse av temaet (Postholm, 2005). I kvalitativ forskning er ikke målet å generalisere eller å si noe om mange, men å si noe om få og å finne ut hvorfor, hva og hvordan noen fenomener er. Man vil finne ut *hva* elevene kan om et tema og *hvordan* de forstår temaet, ikke *om* de kan temaet.

I denne studien kunne det selvsagt vært interessant å undersøke endring i elevers kunnskap over tid, men dette har naturlig nok ikke latt seg gjøre innenfor rammene av en masteroppgave.

## 5.0 Resultat og analyse

I denne studien består datamaterialet av elleve skriftlige oppgavebesvarelser og tre gruppeintervjuer. Informasjon om undervisningen på skolen og elevenes læreplanmål har bidratt til å forstå sammenhengen elevene lærte om atommodeller i, men er ikke brukt direkte i analysen. Hoveddelen i empirisamlingen er intervjuene, mens oppgavesettene brukes som supplement til intervjuene. Datamaterialet vil jeg bruke for å få svar på hvilken forståelse elevene i utvalget har for modeller generelt og de to pedagogiske atommodellene skallmodellen og elektronskymodellen spesielt. Jeg vil også se på hvilken informasjon elevene henter ut fra de to pedagogiske modellene og hvilken kontroll elevene har på ulike begreper.

Kapitlet er delt inn to hovedkategorier. Første kategori er elevenes kontroll på begreper knyttet til atomer og atommodeller, spesielt proton, elektron, nøytron, ion, elektronskall og atomkjerne. Elevenes kontroll på begreper har følgende underkategorier: 1) lite kontroll, 2) passiv kontroll og 3) aktiv kontroll. Disse underkategoriene fungerer som en skala fra at elevene kjenner igjen begrepet (lite kontroll), til at elevene har god kontroll på begrepet og kan sette det i en sammenheng med andre begrep knyttet til atomer (aktiv kontroll). Mellom disse er passiv kontroll, som betyr at elevene kan gi en enkel definisjon på begrepet.

Andre hovedkategori er elevenes modellforståelse, som har disse underkategoriene: 1) modellenes fordeler og begrensninger, 2) modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå, 3) oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall og 4) atommodeller og NOS.

Underkategori 1) handler om hvilke fordeler og begrensninger elevene ser hos de to atommodellene skallmodellen og elektronskymodellen, og modeller generelt. Den handler også om hvordan elevene ser på skallmodellen og elektronskymodellen og hvilken informasjon de klarer å hente ut fra de to atommodellene. Underkategori 2) handler om elevenes tanker og meninger om bruk av atommodeller i undervisningen, og hvordan dette kan påvirke deres læringsprosess. I underkategori 3) undersøkes det hvordan elevene bruker denne regelen til å forklare ulike fenomener i læring om atomer og molekyler. Underkategori 4) handler om elevenes evne til å se sammenhengen mellom vitenskapshistorie og utviklingen av atommodellene.

Kategorien elevens kontroll på begreper er teoristyr, og kommer fra Haug og Ødegaards artikkel "From words to concept" (2014), som tar i bruk kategoriene lite, passiv og aktiv

kontroll. Kategorien elevenes modellforståelse med sine underkategorier er empiristyrte og springer ut fra de resultater empirimaterialet har gitt. Resultatene vil bli presentert på følgende vis: utsagn fra intervju i tabell med hvit bakgrunn og utsagn fra oppgavesett i tabell med grå bakgrunn, mens bilder, figurer og lignende vil bli lagt frem som figurer. Intervjuene er forkortet til I1 (intervju 1), I2 (intervju 2) og I3 (intervju 3), og disse forkortelsene vil fra nå av brukes for å vise hvilke intervju de aktuelle sitatene er hentet fra. Jeg vil nå begynne analysen med å ta for meg elevenes kontroll på ulike begreper, før elevenes modellforståelse så blir analysert.

### **5.1 Elevenes kontroll på begreper**

Elevene benytter mange begreper knyttet til atomer og atommodeller, og bringer til en viss grad begrepene inn i diskusjonen på egen hånd. Det vil her bli vurdert hvilken kontroll elevene viser på begreper som proton, elektron, nøytron, (atom)kjerne, (elektron)skall og ion. Begrepet ion ble diskutert i to av intervjuene, mens resten av begrepene ble diskutert i alle tre intervjuer.

De fleste av elevenes utsagn kategoriseres som passiv kontroll på begrep, som betyr at de kan gi enkle definisjoner på begrepene, men forklarer dem isolert fra resten av fenomenet. For eksempel blir protoner definert som positive partikler, og dermed er atomet positivt, men når det senere snakkes om negative elektroner, blir atomet negativt for elevene. Selv om de aller fleste utsagn kategoriseres som passiv kontroll, viste flere av elevene innslag av både aktiv og lite kontroll. Tabell 8 viser hvordan elevenes utsagn ble kategorisert, og av tabellen kan vi se at 89 av elevenes utsagn som direkte handler om begreper har blitt kategorisert. I mange tilfeller snakker elevene om protoner, elektroner og nøytroner i samme setning, dermed vil det faktiske antall utsagn/sitater være noe færre enn det som framgår av tabellen. Et sitat, der en elev har vist passiv kontroll på proton og elektron, men lite kontroll på nøytron, teller derfor i denne tabellen som tre utsagn. Alle elevenes utsagn kategorisert i denne tabellen ligger vedlagt (se vedlegg 5).



Tabell 8: Kategorisering av elevenes utsagn

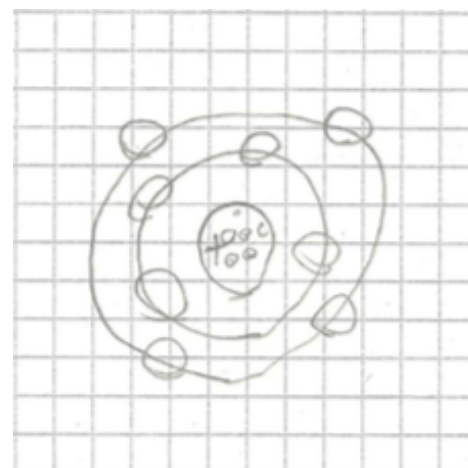
Begreper	Bringer inn selv			Lite kontroll			Passiv kontroll			Aktiv kontroll		
	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Proton	Nei	Ja	Ja	1	0	0	4	5	2	0	0	4
Elektron	Nei	Ja	Ja	2	4	2	6	7	4	0	1	5
Nøytron	Ja	Ja	Ja	1	1	1	3	1	1	0	0	2
Atomkjerne	Ja	Ja	Ja	0	1	0	1	3	1	0	0	3
Elektronskall	Ja	Ja	Ja	1	1	1	4	4	2	0	0	4
Ion	X	Ja	Ja	X	2	0	X	2	1	X	0	1

Av Tabell 8 kan det ses at begrepet ion ikke ble diskutert, og at begrepene proton og elektron ikke ble nevnt først av elevene selv, men måtte nevnes av intervjuer før elevene begynte å bruke dem i intervju 1. 18 utsagn er kategorisert som lite kontroll, 20 som aktiv kontroll, mens de resterende 51 utsagn er kategorisert som passiv kontroll. Videre vil det nå følge eksempler på utsagn fra de ulike kategoriene.

### 5.1.1 Lite kontroll

Å ha lite kontroll på begreper knyttet til atomer og atommodeller innebærer at elevene gjenkjenner begrepene og vet hvordan de skrives og uttales. Elevene som viser lite kontroll på begreper bruker gjerne begreper kun når de er benyttet av andre elever eller intervjuer i forveien.

Elevene fikk i intervjuene oppgaven “tegn et atom”, og ble etterpå spurt om hva de hadde tegnet. Harald (I2) tegnet et atom (se figur 5.1), og fikk spørsmål fra denne:



Figur 5.1: Haralds atom.

Intervjuer: Hva har du tegnet der, Harald?

Harald: Nei, er ikke sikker jeg.. Et atom, vet ikke jeg.

Intervjuer: Et atom. Men du har tegnet noen sånne rundinger her [peker på elektronene], vet du hva de heter da? Hva de er for noe?

Harald: Mmm.. Nei. *Fniser litt.* Jeg vet ikke, jeg.

(I2)

Harald bringer ikke inn noen nye begreper i samtalen og viser også senere i intervjuet at han ikke bruker nye begreper, men kun gjentar de begrepene som intervjuer eller de andre elevene nettopp har brukt. I dette tilfellet bruker han kun begrepet atom, men han klarer ikke å si noe om hva det vil si å ha tegnet et atom. Atomet Harald har tegnet inneholder en kjerne med et uvisst antall partikler og to skall med fire “rundinger” i hvert av dem. Innholdet i Haralds atomkjerne ble ikke diskutert da han ikke var interessert i å si så mye mer om sitt atom. Harald har fått med seg hvordan utformingen av en skallmodell er, men har ikke i sin tegning av atomet tatt hensyn til “reglene” for hvordan elektroner plasseres i elektronskallene eller at atomet er elektrisk nøytralt.

Yngve sier (I2) om sin tegning av atomet at han mener at han har tegnet atomet magnesium og forteller om de forskjellige delene av tegningen.

Yngve: Tegnet atomet magnesium.

Intervjuer: Magnesium, ja.

Yngve: Eller hva heter det? Heter det magnesium? Ja, altså. Det har tolv protoner i.. i kjernen. Også er det to i det der ... det der.. Nei, ikke.. hva heter det der? Det der innerste..? Jeg vet ikke hva navnet er.

Filip: Kjernen?

Yngve: Nei, ikke kjernen, det er jo det der som..

Filip: Protoner?

Yngve: Ja.. Inni der. Liksom hva ...

Intervjuer: Ja, at du har tolv protoner?

Yngve: Ja, i kjernen, også ... er det åtte da, som Filip sa, også videre.

Intervjuer: M-m.. Hva heter de som er rundt her da? [Peker på elektronene på tegningen]

Yngve: Det er kjernen, det heter M-skallet [peker på K-skallet]. Nei, L-skallet? Var M-skallet..

Intervjuer: Okei. Hva er de rundingene du har tegnet der da?

Yngve: Det er elektroner.

(I2)

Yngve er usikker på om han egentlig har tegnet et magnesiumatom, og er også usikker på en del begreper. Filip forsøker å hjelpe med noen begreper, men klarer ikke helt å få tak i hva Yngve egentlig mener. Yngve forsøker å forklare noen begrep uten å bruke selve begrepene, og er ærlig på at han ikke husker navn på ulike deler av atomet. Likevel har Yngve forsøkt å knytte tegningen sin opp mot et bestemt grunnstoff og har tydelig fått med seg en del relevante begrep. Det er interessant at Yngve ikke har tegnet noe detaljert atomkjerne, så hans påstand om at det er tolv protoner i kjernen er noe han selv ser for seg, uten at det framgår av tegningen hans. I tillegg har han tegnet to elektronskall med to elektroner i K-skallet, og åtte elektroner i L-skallet.

Irene (I3) forteller om atomet hun har tegnet, og trenger litt hjelp for å få sagt noe om det. Hun klarer ikke å si noe om atomkjernen hun har tegnet, og velger her å fortelle om det hun vet hun har tegnet, som er “elektroner og skall, og sånt”.

Irene: Jeg vet ikke.. jeg tror det er “oksygeren”, men jeg vet ikke..

Intervjuer: Men hva har du tegnet da? Pek på tegningen din og forklar.

Irene: Der er elektroner og skall, og sånt.

Intervjuer: Ja. Hvor mange skall har du tegnet der?

Irene: Tre.

(I3)

Irene bruker navnet “oksygeren” i stedet for oksygen, og kan kun definere hvor mange skall hun har tegnet. Det at hun påpeker at hun har tegnet tre skall tilsier at hun nok ikke har tegnet atomet oksygen. Elektronene sier hun ikke noe mer om, og det at hun velger å ikke si så mye mer kan skyldes både usikkerhet rundt intervjusituasjonen og manglende forståelse for atomer og atommodeller.

Begrepene elektron ble brukt og kategorisert under lite kontroll, og ble brukt desidert flest ganger. Ion, atomkjerne, elektronskall, nøytron og proton har også blitt brukt i utsagn som har blitt kategorisert under lite kontroll, men færre ganger. Noen av disse utsagnene ble også kategorisert som passiv kontroll, fordi de ble brukt i sammenheng med andre utsagn hvor

elevene gjerne viser passiv kontroll på andre begreper (Se tabell over elevenes utsagn, vedlegg 5).

### 5.1.2 Passiv kontroll

Passiv kontroll på begreper knyttet til atommodeller vil si å vite hva begrepene betyr og kunne bruke dem om de enkelte fenomenene, men ikke kunne sette dem i en sammenheng med andre ord og begrep knyttet til atommodeller. Det vil si at elevene ser de enkelte begrepene isolert sett, og klarer ikke eller bare delvis og se begrepene opp mot hele atomet.

De neste sitatene er fra Filip, som har to utsagn om atomer. Det første er Filips svar på spørsmålet “Hva er et atom?”, og det andre er hans kommentarer til sin egen tegning av et atom:

Intervjuer: Filip, hvis jeg spør deg om hva et atom er, hvordan ville du svare da?

Filip: Et atom? Eh.. Det har ladning, ellers så kan det hende at det var ion som har en ladning. Ion består jo av flere atomer, to eller flere. Men akkurat atom, det vet jeg ikke helt hva er. Men, det har nå noe sånn protoner og elektroner i seg da, det vet jeg. Og skall. Men jeg vet ikke helt.. vet ikke hva et atom er.

(I2)

Filip: Jeg har tegnet et atom. Her har vi for eksempel atomnummer åtte, som er oksygen. Og når atomnummeret er åtte, så har det åtte protoner i kjernen, så den er positiv. Og åtte i skallene da, så i innerste skallet, K-skallet, er det maks to også fortsetter det bare utover i alfabetet, sånn K, L, M, N, O, P. (...) Og elektronene er negativ.

(I2)

Filip trekker på egen hånd inn en rekke begreper, blant annet ion, proton og elektron. Han definerer begrepet proton som noe positivt, og elektron som noe negativt, men klarer ikke å se dem sammen i atomet. Han sier at atomer har ladning, og at i hans tegning av oksygenatomet inneholder kjernen åtte protoner og dermed er positiv. Mellom disse to utsagnene har det blitt diskutert litt rundt hva atomer er, og Filip er derfor litt tryggere på begrepet atom i andre utsagn. Likevel ser han på alle delene hver for seg, der protonene er positive og elektronene er negative. Det kan i det siste utsagnet se ut som Filip tror at det er protoner i skallene, men det er nok ikke tilfellet, for han påpeker tilslutt at elektronene er negative, noe som spiller tilbake på setningen foran. Filip trekker også inn (elektron)skall som et begrep, og kan navngi ulike skall. Begrepet ion nevnes også, og Filip bruker det “riktig” og “feil” i samme setning, der

han sier at ioner har ladning, og at ioner består av to eller flere atomer. Dermed viser han både lite og passiv kontroll på dette begrepet i samme utsagn.

Forut for de neste utsagnene har Filip og resten av elevene (I2) fått se en figur av skallmodellen for atomet fluor, men vet ikke hvilket atom det er. Filip forsøker så å finne ut hvilket atom han har fått se en figur av:

Filip: Eeh, veit ikke. Fluor? Men siden det er nøytroner inni, så.. veit jeg ikke helt.

Intervjuer: Er det spesielt at det er nøytroner inni kjernen?

Filip: Jeg tror det. (...) Kan det være noe sånn salter eller ett eller annet? Noe med at saltene.. nei.. De utjevner i alle fall da, slik at det ikke blir positiv eller negativ ladning, tror jeg. Kanskje det er derfor det er NØYtroner inni der.

Intervjuer: Hva gjør det med atomet da? Vet du det?

Filip: Nøytraliserer? Hehe.. Husker ikke.

(I2)

Filip gir uttrykk for at nøytroner i atomkjerner er noe spesielt og uvanlig. Han forsøker å tenke seg fram til en løsning på problemet han står ovenfor ved å bruke de begrepene han er sikker på, men lykkes ikke helt. Likevel viser han at han kan begrepet nøytralt og knytter det opp mot nøytroner. Begrepet ladning er tydelig noe elevene har snakket litt om, men hos Filip er ikke dette et innarbeidet begrep han har god kontroll på i sammenheng med atomer og molekyler. Filip viser her både lite og passiv kontroll på begrepet nøytron da han ikke tror nøytroner hører hjemme i atomkjernen, men likevel definerer nøytronet som en nøytral partikkel. Etter dette utsagnet ble det riktignok påpekt av Alex at nøytroner var helt vanlig og fantes i de fleste atomer, og at “de gjør ikke så mye, egentlig”. Dette peker nok tilbake på at nøytronene ikke i særlig stor grad har blitt vektlagt i undervisningen.

Emma (I1) kommer også med en lignende uttalelse om nøytroner:

Intervjuer: Hvis vi tegner en modell, eller et sånt atom, hvorfor skriver vi ofte, som for eksempel hos deg, Emma, 13+ i midten?

Emma: Fordi at det er 13 protoner og.. protonene er jo positivt ladd og nøytronene regnes ikke da, fordi de er nøytrale.

Intervjuer: M-m.

Emma: Så dem blir liksom ikke tatt med.

(I1)

I tillegg til at Emma sier at nøytroner er nøytrale og derfor “ikke regnes”, påpeker hun at protonene er positivt ladd, og at det i hennes tegning av atomet er tretten av dem. Hun kan her definere protoner som en positiv partikkel, og definerer nøytronet som en uviktig partikkel fordi de er nøytrale. Hun sier at nøytronene ikke “blir tatt med”, fordi man skriver antallet protoner i kjernen og et plusstegn bak når man framstiller atomkjernen slik, og på denne måten ekskluderer nøytronene ved å ikke ta hensyn til at de er der.

Elevene (I2) diskuterte også elektronskall og hvordan elektronene plasseres i disse, og Alex diskuterer hvordan et atom kan få fylt opp sitt ytterste skall:

Alex: Siden det har syv elektroner i ytterste skallet og da er det mye enklere at de tar et elektron da, fra et anna stoff. Som for eksempel hydrogen da, da blir det åtte elektroner i det ytterste skallet.. Og da reagerer det.

Intervjuer: Ja. Hvilken.. Ja, hva gjør hydrogenet da, mister det elektronet sitt?

Alex: Det mister.. elektronet.

Intervjuer: Okei. Ja.

Filip: Det får en positiv ion.

Intervjuer: Det blir et positivt..

Alex: *Avbryter.* Nei, det blir ikke det. Det blir et negativt ion, siden det får et ekstra elektron.

(I2)

Alex ser på figuren av atom nummer 9 (fluor) og tenker at den vil reagere med hydrogen ved å ta et elektron fra hydrogenatomet. Kunnskapen om oktettregelen er bakgrunnen for at Alex antar at dette vil skje, og det er en logisk tanke ut fra hvordan oktettregelen er formulert i læreboka. Det som blir uriktig i hans utsagn er at hydrogenet vil miste sitt elektron og bli et ion, fordi hydrogen og fluor vil sammen danne hydrogenfluorid, og vil derfor *dele* på elektronet. Alex mener derimot at fluoratomet vil *ta* et elektron fra hydrogen.

Det er interessant at Filip sier at “det *får* en positiv ion”, og det blir i flere tilfeller snakket om at atomene *får* positive og negative ioner. Han insisterer også på å si en ion. Alex retter opp og mener at Filips utsagn ikke stemmer, og at fluoratomet *blir* et negativt ion. Alex viser her god kontroll på begrepet ion, men hans utsagn vil nok ikke stemme helt, siden atomene vil danne et molekyl.

Alle begrepene ble brukt med passiv kontroll, og det er til sammen 51 utsagn som er kategorisert under passiv kontroll. Begrepene elektron, proton og (elektron)skall er nevnt flest ganger. Henholdsvis i 17, 11 og 10 utsagn i denne kategorien

### 5.1.3 Aktiv kontroll

Å ha aktiv kontroll på begreper knyttet til atommodeller innebærer at elevene kan sette ordene i sammenheng med andre ord og begrep som omhandler atomet, og å bruke begrepet riktig i muntlig og skriftlig kommunikasjon.

Jan og Karina viser gjennom sitt intervju (I3) en aktiv kontroll på ulike begrep. Jan har også tegnet et atom, og beskriver sin tegning slik:

Jan: Ja, jeg har tegnet magnesium. Det har tolv protoner og tolv nøytroner i kjernen også har den to elektroner som sirkler i det innerste skallet, åtte elektroner i skallet utenfor der, og to elektroner i det ytterste.

Intervjuer: Hvordan kan vi avgjøre hvilket atom vi har tegnet? Ved å se på en slik tegning?

Jan: Antallet elektroner og protoner og nøytroner, det skal være det samme i et grunnstoff, og antallet det avgjør hva slags nummer det har i periodesystemet.

(I3)

Jan trekker her inn begreper som har vært nevnt tidligere, men trekker også inn begrepene grunnstoff og periodesystem. Det virker her som om han bruker begrepet grunnstoff om atom, og blander da mikro- og makroperspektiver. Dette er imidlertid ikke uvanlig blant elever på ungdomsskolen, og det illustrerer forvirringen mange elever gjerne har mellom mikro og makro. Jan ser sammenhengen mellom antall protoner og elektroner og atomers plass i periodesystemet, men sier at det skal være like mange nøytroner som protoner og elektroner i et grunnstoff, noe som ikke stemmer for mange atomer. Han påpeker også at elektronene i sin tegning sirkler rundt atomkjernen i bestemte skall.

Karina kommenterer også sin egen tegning av et atom (se figur 5.2), før hun etterpå kommenterer hva som skjer dersom atomet kalium gir fra seg et elektron:

Karina: Emm.. Jeg tegnet bare.. et atom. Jeg vet ikke helt hvilket et det er, men det ser ut som bor.

Intervjuer: Bor ja. Hvordan vet du det?

Karina: Så det har fem protoner og nøytroner i kjernen, også har det fem elektroner utafor, men så er det tre elektroner i ytterste skallet.

(13)

Intervjuer: Men hvis et kaliumatom (...) har gitt fra seg et elektron, og ikke har nitten elektroner men har atten..?

Karina: Da blir det kalium en minus.

Intervjuer: Blir det kalium en mi..

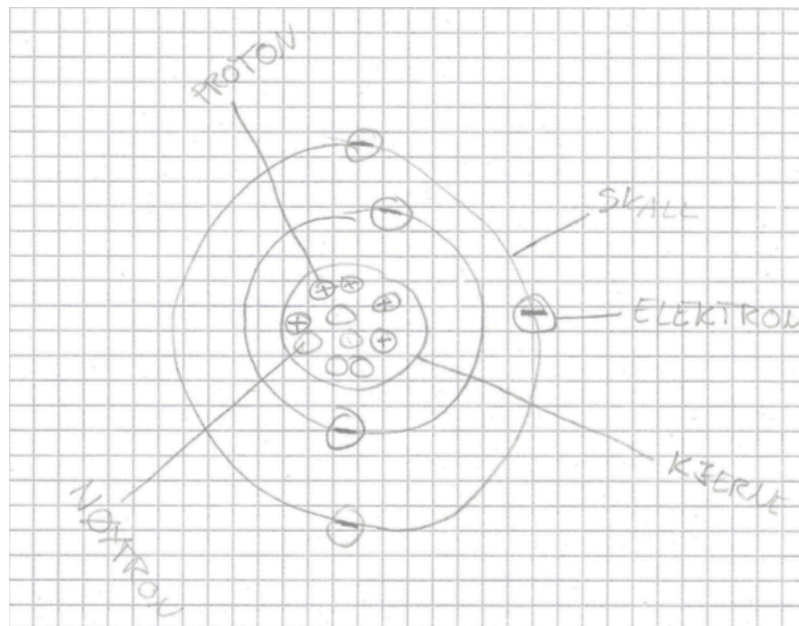
Karina: *Avbryter.* Nei, en pluss.

Intervjuer: (...) Fordi?

Karina: For at da har den gitt fra seg en som er negativ, så da blir det flere positive enn negative.

(13)





Figur 5.2: Karinas atom

Karina klarer å tenke seg fram til hvilket atom hun har tegnet, og bruker det hun har lært om periodesystemet og atomplassering til det. Videre snakker hun om at dersom kalium blir kalium<sup>+</sup>, vil det gis bort en negativ og at man da har flere positive enn negative, og velger her å ikke bruke begrepene proton og elektron. Likevel kan hun forklare hva som skjer, fordi hun bruker definisjonene til begrepene. Hun sier også feil når hun først påstår at et kaliumatom som har gitt fra seg et elektron blir negativt, men henter seg inn igjen på egenhånd. Karina blander også begrepene elektron og atom i følgende utdrag fra hennes oppgavesett, og beskriver oktettregelen slik:

Den innebærer at atomene vil ha 8 elektroner i ytterste skall. Dette kan oppnås ved å gi fra seg, motta eller dele atomer.

Også her hvor hun i intervjuet forteller hva kalium<sup>+</sup> kalles og blander begrepene ion og atom (før hun igjen henter seg inn på egenhånd):

Karina: Det blir et ion.

Intervjuer: Ion, ja. Og det er?

Karina: Eeh, et negativt eller positivt ladet ion.. Nei, atom.

(13)

På tross av at hun bruker noen begreper om hverandre, viser hun likevel at hun kan gjengi betydningen av de ulike begrepene, og klarer ofte å rette på seg selv ved bruk av feil begrep. Gjennom intervjuet viser hun at hun har aktiv kontroll på flere ord og begreper, men bruker ikke alltid begrepene i det hun viser kunnskapen.

Igjen er det elektroner som brukes flest ganger med aktiv kontroll. Det er interessant at nesten alle tilfeller av utsagn kategorisert under aktiv kontroll er hentet fra intervju 3 og elevene Jan og Karina.

#### **5.1.4 Oppsummering av elevenes kontroll på begreper**

Elevene bruker gjennom intervjuene mange begreper, men uttrykker også tidvis at det er vanskelig å huske alle begreper de kommer borti. I sitatet under uttrykker Karina, som både gjennom oppgavesettet og intervjuet har vist at hun er en faglig sterk elev, nettopp dette.

Karina: Det er liksom.. alle de derre formlene, og tallene.. og huske på hva som het grupper og perioder og hvor mange atomer, og elektroner og protoner.. Det er liksom så omfattende at det blir litt sånn langdrygt.

(I3)

Karina er en sterk elev, og det er interessant at det er hun som uttrykker at dette har vært et utfordrende tema å jobbe med. Flere av de mindre faglige sterke elevene uttrykte i sine intervjuer at det hadde vært greit å jobbe med dette, og at så lenge læreren forklarte godt, gikk det fint. Det var riktig nok også flere andre elever som uttrykte at det hadde vært utfordrende og var enig med Karina i hennes uttalelser.

Det varierer hvilken kontroll elevene har på begreper, men det er et flertall som viser passiv kontroll på de ulike begrepene knyttet til atomer og atommodeller. Det er noen enkeltelever som tidvis viser en aktiv kontroll på enkelte begreper, men disse velger av og til å ikke bruke begrepene når de forklarer dem. Elevene viser derfor kunnskap om det begrepene handler om, men ikke direkte om begrepene. Dette fører til at det kan være utfordrende å kategorisere elevenes kontroll på begrepene, men i denne studien ble de kategorisert i den kategorien de i de fleste tilfeller befant seg i. Mens Tabell 8 viser kategoriseringen av elevenes utsagn, viser Tabell 9 hvordan elevene fordelte seg.

Tabell 9: Oversikt over elevenes kontroll på begreper

Kategorier	Antall elever
Lite kontroll	3
Passiv kontroll	7
Aktiv kontroll	1

Flere elever plassert i kategorien passiv kontroll viste innslag av aktiv/lite kontroll, og ville derfor på en skala ligge midt mellom aktiv/lite kontroll og passiv kontroll. I dette tilfellet ble de kategorisert som passiv kontroll fordi flertallet av deres utsagn lå i denne kategorien.

## 5.2 Elevenes modellforståelse

Elevene viser forskjellig grad av modellforståelse, både med tanke på hvordan de klarer å bruke modellene til å hente ut informasjon og hvordan de forstår modellbegrepet generelt. Alle elevene fikk presentert en figur av skallmodellen og en figur av elektronskymodellen, og hvordan de klarte å samtale om disse varierte. Denne delen av analysen er organisert i de tre kategoriene modellenes fordeler og begrensninger (5.2.1), bruk av modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå (5.2.2), oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall (5.2.3) og atommodeller og NOS (5.2.4). Modellenes fordeler og begrensninger har empiristyrte underkategorier, som vil presenteres underveis.

### 5.2.1 Modellenes fordeler og begrensninger

Denne kategorien omhandler elevenes forståelse for skallmodellen og elektronskymodellen, hvilken informasjon elevene klarer å hente ut fra disse to modellene og hvilke fordeler og begrensninger disse to atommodellene og modeller generelt har. Modellenes fordeler og begrensninger har følgende underkategorier: 1) skallmodellen viser hva atomet inneholder, 2) skallmodellen ligner ikke et atom i virkeligheten, 3) elektronskymodellen viser ikke hva atomet inneholder, 4) elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten og 5) modeller kan vise litt av virkeligheten.

### 5.2.1.1 Skallmodellen viser hva atomet inneholder

Iris (I1) diskuterer hva vi kan finne ut om atomer ved å se på skallmodellen og elektronskymodellen:

Iris: Den til høyre er mer nøyaktig [skallmodellen].

(...)

Intervjuer: (...) Den er mer nøyaktig ja, på hvilken måte?

Iris: Eh. Man ser liksom hvor mange og sånn det er. Det gjør man ikke på den til venstre.

(I1)

For det første ser vi at Iris velger å ikke bruke begrepene som hører til dette tema, men forsøker å forklare med å bruke ord som “hvor mange og sånn” og “det”. Videre kan vi se at Iris foretrekker skallmodellens nøyaktighet, og at den viser “hvor mange og sånt det er”, der hun nok snakker om protoner, nøytroner og elektroner.

Videre diskuteres det hva skallmodellen kan brukes til, og hva elevene kan finne ut ved å se på en slik figur:

Intervjuer: Men hva kan vi bruke den her modellen til da? [Skallmodellen]

Emma: Til å bare gjøre et, eeh, sånn at vi får et bilde på hva som den faktisk inneholder og.. hvordan den er bygd opp da.

Intervjuer: M-m. Hvilken informasjon kan vi hente ut fra den?

Iris: Se hvor mange elektroner, protoner og nøytroner den har.

Emma: Og hvilket atom det faktisk er.

(I1)

Elevene virker å være opptatt av at man kan se antall protoner, nøytroner og elektroner, og dermed være i stand til å navngi atomet ved hjelp av periodesystemet. De gir uttrykk for at de liker å se de rene linjene og den tilsynelatende nøyaktigheten til skallmodellen, og å kunne se hva atomet inneholder.

### 5.2.1.2 Skallmodellen ligner ikke et atom i virkeligheten

Jan (I3) snakker om hvordan atomer og atommodellen skallmodellen samsvarer i “virkeligheten”:

Intervjuer: (...) Hvis dere skulle tegnet et atom, slik som det er (...) i virkeligheten, hvordan har dere ville tegnet det da? Sånn eller? [Peker på skallmodellen]

Jan: Altså, hvis du mener i størrelse, så er jo det der helt feil.

Intervjuer: Ja, hvordan da, mener du?

Jan: Eh, fordi atomet det er det.. det er jo minste i verden, det er jo det alt består av. Så det.. det.. det der hadde ikke vært i nærheten av synlig engang.

Intervjuer: Nei, men hvis vi har tatt akkurat den her da, også krympa den ned, så bitte, bitte lite som et atom er, hadde den her vært riktig da?

Jan: Ja, da hadde den.. (...) eller, ikke akkurat, nei. Det er endra slik at det skal være enklere å se.. å avbilde på et papir. Elektronene er lenger unna.

Intervjuer: De er lengre unna..?

Jan: Kjernen.

(I3)

Jan: I tillegg, som jeg sa, så er det mye enklere å avbilde sånn. Det er som solsystemet, hvis vi skulle avbildet det i akkurat hvor stort og langt unna hverandre det er, så hadde det ikke vært mulig å avbilde på et ark.

Intervjuer: Nei.. Sånn størrelse..

Jan: *Avbryter.* Ja. Størrelse og avstandsmessig.

Intervjuer: (...) Hvilken avstand skulle det egentlig vært mellom skallene til den modellen her da?

Jan: Jeg vet ikke akkurat hvor stor, men i hvert fall større avstand enn det der.

(I3)

Da Jan blir spurt om en skallmodell av atomet kan se ut som et atom dersom den krympes ned til samme størrelse, svarer han umiddelbart ja, men tar seg fort i det og endrer svaret sitt. Han påpeker i de to første sitatene at størrelsen på partiklene i atomet og avstanden mellom dem ikke har samme forhold i atommodellene som i “virkelige” atomer. Han sammenligner også atomet med solsystemet, noe som er en kjent analogi, men i dette tilfellet handler det om

avstandene mellom planeter/elektroner og sola/kjernen som ikke stemmer i noen av tilfellene. Han vet ikke hvor stor avstanden skal være, men sier at han vet at atommodellene ikke stemmer med virkeligheten med tanke på avstand og størrelsesforhold.

Karina (I3) snakker om hvordan skallmodellen (og elektronskymodellen) sannsynligvis ikke samsvarer med hvordan atomet ser ut i virkeligheten:

Karina: Det er ingen som har sett et elektron før.. (...) Så det er ingen som vet hvordan de ser ut egentlig. Det er jo bare antagelser begge to [modellene].. For vi aner jo ikke, det er for smått til å se i mikroskop.

Intervjuer: (...) Så vi kan ikke vite i det hele tatt?

Karina: Vi kan jo anta hvordan de ser ut ettersom hvordan ting er oppbygd og sånn, men det er ingen som kan fastslå at det er akkurat sånn de ser ut.

(I3)

Karina vil egentlig ikke si noe om hvordan et atom ser ut i virkeligheten, fordi, som hun påpeker, ingen har noen gang sett et elektron, så vi kan ikke vite sikkert. Hun sier at vi kan anta hvordan atomene ser ut fordi vi vet en del om oppbygning av atomene, men vi kan ikke fastslå hvordan de ser ut.

### 5.2.1.3 Elektronskymodellen viser ikke hva atomet inneholder

Emma (I3) diskuterer hvordan elektronskymodellen er å forstå sammenlignet med skallmodellen:

Intervjuer: Hvordan er den her å forstå, sammenlignet med skallmodellen?

Emma: Litt uoversiktlig, for jeg ... her ser vi liksom bare at det er to skall, vi vet liksom ikke hvor mange elektroner det har.. Det finner vi jo ikke ut bare ved å se på det.

Intervjuer: Men er det noe den kanskje viser bedre enn skallmodellen?

Emma: Eeh, jaa..

Intervjuer: Hva da, for eksempel?

Emma: At den kan endre.. At elektronene ikke står på sånne faste plasser, at de beveger seg og sånn..

(I3)

Emma påpeker at elektronskymodellen er litt uoversiktlig, og at det derfor er vanskeligere å bestemme hvilket atom det er ved å kun se på modellen. Det at Emma videre sier at elektronskymodellen viser det at elektronene beveger seg og ikke står på faste plasser, kan til dels ha en sammenheng med at det har blitt nevnt tidligere i intervjuet. At elektronene beveger seg er dermed ikke en påstand Emma kommer med helt på egen hånd, men hun støtter seg til en viss grad på intervjuer og medelevers tidligere utsagn.

Elevene (I2) diskuterer hva vi kan se ut fra de to ulike modellene skallmodellen og elektronskymodellen:

Yngve: (...) Hvis vi har hatt om atomer før, (...) da hadde det vært lettere å.. sett det der, men hvis vi ikke.. hvis noen nybegynnere ser det, så hadde det vært litt vanskelig, for du ser ikke skallmodellene eller noe sånt.

Intervjuer: M-m.. Hva tenker du, Alex?

Alex: Nei, på den der (elektronskymodellen) så ser man jo atomet i sin helhet da, og da kan det være vanskelig å forstå hva et atom inneholder da.. for de som har lyst til å lære om det.

Intervjuer: M-m.. Så du synes at den viser..

Alex: *Avbryter.* Jaa, li.. viser alt sammen.

Intervjuer: Litt dårligere, eller..?

Alex: *Avbryter.* Ja.

Intervjuer: Enn du, Filip?

Filip: Mmm.. På den der (skallmodellen) ser'n bedre hva.. hva som er inni, og hvilken ladning den har da. Positiv og negativ. Inni der (elektronskymodellen) så.. vet jeg ikke helt hva som er inni.

(I2)

Elevene gir uttrykk for at de foretrekker skallmodellen, som er den modellen de har brukt i undervisning om tema. Yngve mener at bruk av elektronskymodellen kan være hensiktsmessig dersom man har lært om atomer før, men synes det er vanskelig fordi man ikke like tydelig ser "skallmodellene eller noe sånt" på denne modellen. Filip bringer igjen inn begrepet ladning, og synes det er viktig å påpeke at skallmodellen viser ladningen til atomet. Det virker å være en enighet om at elektronskymodellen er mer uoversiktlig og vanskeligere å forstå for elevene.



Petter (I1) blir forvirret når han får se figur av elektronskymodellen, noe som demonstreres under:

Intervjuer: Det finnes jo flere typer atommodeller. (...) Her er en [viser figur av elektronskymodellen]. Hva tenker dere når dere ser denne her?

Petter: Komplisert.

Intervjuer: Komplisert, ja. Hvorfor det?

Petter: Neei, jeg skjønner ingen ting av hva det skal være.. liksom..

Intervjuer: Nei. Hvis jeg da forteller at her er et atom med to skall også har vi en bitteliten kjerne langt inni der.

Petter: Jeg ser det ja, men.. Jeg ser det, men jeg forstår ikke så mye.

(I1)

Han blir forsøkt forklart hva elektronskymodellen viser ved å sammenligne med den mer kjente skallmodellen. Han sier han ser det som blir sagt, men forstår lite av hva man skal kunne se ut fra en slik modell. Også senere i intervjuet får han spørsmål om elektronskymodellen, men får vanskeligheter med å forklare hva han ser og uttrykker at han “bare er forvirret”.

#### 5.2.1.4 Elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten

Emma snakker om hvordan elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten:

Emma: Det andre bildet er mer åpent da (elektronskymodellen), og ...

Intervjuer: Den elektronskymodellen?

Emma: Ja.. og.. om hvordan det kan være og ... litt mer lik hva det faktisk kan se i virkeligheten da.

(I1)

Emma synes elektronskymodellen kanskje kan være et godt bilde på hvordan atomer ser ut i virkeligheten. Hun sammenligner elektronskymodellen med skallmodellen, og påpeker at elektronskymodellen er mer åpen. Med åpen kan det tenkes at hun mener at

elektronskymodellen ikke viser atomets innhold like bestemt som skallmodellen, og at den derfor i større grad kan “tolkes” av elevene.

Elevene (I2) diskuterer hvordan modellene samsvarer med virkeligheten og hvordan elektronene beveger seg:

Intervjuer: Hvordan tenker du at det er i virkeligheten da, Yngve?

Yngve: Tror det spretter litt mer rundt, eller.. (...) Beveger seg litt mer, eller.. eller noe sånt.

Intervjuer: Ja. Alex?

Alex: Nei.. Jeg tenker nå mesteparten det samme, da. At de ikke fer i en.. at de ikke fer rundt sin egen skall eller hva..

Intervjuer: Ja. Hva er det som bare fer rundt?

Alex: Elektronene.

(I2)

Filip: Den her (er mest lik et atom i virkeligheten) da. [Peker på elektronskymodellen]

Intervjuer: Hvorfor det?

Filip: For jeg tviler ganske sterkt på at i virkeligheten har den så beine rundinger.. og farger.. (...) Så mer realistisk ut den til høyre, ja. [Elektronskymodellen]

Yngve: I virkeligheten så står de ikke sånn i ro, liksom.

Filip: Nei.

Intervjuer: Nei, at elektronene ikke står i ro?

Yngve: Ja.

(I2)

Elevene påpeker at de ikke tror skallmodellen er en kopi av atomet, men at elektronskymodellen kan være et bedre bilde på hvordan atomet ser ut i virkeligheten. Filip mener at skallene til elektronene ikke er helt runde og så sirkulære som skallmodellen viser, og Yngve påpeker flere ganger at elektronene nok er i bevegelse rundt atomkjernen, og “spretter litt mer rundt”. Selv om elevene her virker å være klar over deler av modellens

begrensning, viser dette sitatet fra Filip at han tror elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten:

Filip: Det er sikkert slik den ser ut da, når man ser i sånn mikroskop eller hva det er.. i virkeligheten.

(I2)

Dette er Filips umiddelbare respons på spørsmål om hva han tenker når han får se elektronskymodellen for første gang. Han ser for seg at elektronskymodellen kan være en bedre kopi av et atom enn skallmodellen, og at dette kan ligne et atom han kan se i et mikroskop.

### 5.2.1.5 Modeller kan vise litt av virkeligheten

Emma diskuterer (I1) hvordan man kan bruke modeller til å forstå temaet atomer og molekyler ved å tenke at man kan bytte ut det som er i atommodellen med det “som faktisk er”:

Emma: For da er det jo bare å bytte ut, hvis du ser det her på ekte liksom, så er det bare å bytte ut de stoffene her med det som faktisk er, så har du jo liksom selve funksjonen i det da, hva som faktisk skjer. (...) Og da er det greit nok at vi øver med slike [modeller], men at vi har det i bakhodet at vi vet at det ser faktisk ikke akkurat sånn ut.

(I1)

Emma forteller her hvordan man kan jobbe med modeller. Hun påpeker her at man kan “bytte ut stoffene” i modellene med “det som faktisk er der” og se hvordan fenomenet fungerer. Emma bruker trolig begrepet “stoffer” om de partiklene som er tegnet inn i atommodellene, og hun mener at disse kan byttes ut med det som faktisk er i atomene. Hva som “faktisk er” i atomene er uklart, men hun ser nok for seg at det er en substans som kan “puttes inn i” atommodellene. Emma blander mikro- og makroperspektiv her, når hun snakker om stoffer i atomer, men er nok ikke klar over forskjellen mellom å snakke om atomer og molekyler på mikronivå og stoffer på makronivå. Elevene i intervju 1 ga i utgangspunktet uttrykk for at de så på modellene som en form for kopi av det virkelige fenomenet, men på slutten av intervjuet påpeker Emma her at bruk av modeller er bra, så lenge man er klar over begrensningene de har.

Karina (I3) forsøker å komme med en definisjon på hva en modell er:

Intervjuer: Hvorfor kan vi kalle den en modell?

Karina: Mmm.. Fordi det er tegnet opp litt hvordan det ser ut, sånn.. uten at det trenger å være helt riktig, så er det liksom tegnet opp at sånn er det.. Her er det en sånn ting, også er det liksom noe rundt det. Også går det ledninger fra lyspæra til batteriet for eksempel.

Intervjuer: Men hva vil dere si at er definisjonen på en modell? (...) Hva skal til for at noe er en modell? Må det være slik at det er bitte, bitte små ting som vi gjør større, så er det en modell?

Karina: Nei. (...) En modell kan være en tegning som prøver å forenkle.. ha en forklaring på hvordan noe ser ut, eller man har jo modeller av for eksempel når man lager et fly, så har man først testmodeller, og sånne små modeller som man bare lager først for å se hvordan det kommer til å se ut, også bygger man det store flyet.

(I3)

Karina trekker inn flere typer modeller, og kan bruke modellbegrepet ganske bredt. Hun påpeker at modeller kan være en figur som forsøker å forenkle et fenomen, enten det er en strømkrets, et atom eller et fly. Karina viser et refleksjonsnivå ingen av de andre elevene når. Hun har i undervisning sett noen modeller for enkelte fenomener, og tar dette videre til andre fenomener på egenhånd.

### 5.2.2 Bruk av modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå

Denne kategorien handler om elevenes tanker og meninger om bruk av modeller i undervisningen og hvordan dette gjør det enklere eller vanskeligere å lære stoffet.

Filip (I2) blir spurt om hvorvidt bruk av atommodeller i undervisning gjør stoffet enklere eller mer forvirrende:

Intervjuer: Gjør det stoffet enklere på noen måte, eller blir det mer forvirrende, eller..?

Filip: Det blir nå lettere å forstå det da, enn hva hvis du skal stå å se på et atom i virkeligheten.. for da tror jeg ikke vi ser så mye. (...) for skallmodellen viser nå hva som faktisk er inni der. For det er ikke sikkert du ser det på en sånn.. hva du nå bruker for å se da.. atomer.

(I2)

Filip uttrykker her at man mest sannsynlig ikke vil se så mye hvis man ser på atomer i mikroskop. Han påpeker at det er lettere å lære om atomer når man kan bruke modellene til å se hva som “faktisk er inni der”.

Jan og Karina (I3) har også noen tanker om bruk av atommodeller, og diskuterer hvorfor atommodeller er greit å ha med i undervisningen om atomer og molekyler:

Intervjuer: Hva tenker dere om at dere som elever får presentert slike atommodeller i undervisningen? Er det bra, eller blir det bare mer forvirrende når det kommer i tillegg?

Karina: Nei, det.. det er greit å ha et bilde å sette ordene på, eller å sette tall på, sånn at man får litt bedre forståelse og, på hvordan det egentlig fungerer. (...) For det er enklere å sette navn på et bilde enn å bare skrive at “sånn er det”.

Intervjuer: Ja. Sant. Hvordan tenker du at det er nyttig, Jan?

Jan: Ja, det er jo akkurat det Karina sa da. Det er lettere å forstå noe når det er avbildet. (...) Så det er bedre å ha noe som ikke er helt nøyaktig enn å ikke ha noe i det hele tatt.

Intervjuer: Så det har ingen ting å si at den ikke er helt nøyaktig sånn som virkeligheten?

Jan: Nei, det har ingenting å si.

Intervjuer: Nei. Men synes dere det er viktig at elever vet at det ikke er akkurat sånn et atom ser ut i virkeligheten?

Jan og Karina: Ja.

(I3)

Karina sier at det er greit å ha et bilde å sette ordene på, og at dette kan hjelpe elevene til å skjønne hvordan fenomener fungerer, selv om det ikke finnes et bilde eller helt riktig figur av fenomenet som undersøkes. Jan påpeker også at det er bedre å bruke modeller som ikke stemmer helt med virkeligheten enn å ikke bruke noen. Begge elevene er likevel enige om at kunnskap om at atomer ikke ser akkurat ut som modellene i virkeligheten er viktig.

Iris har uttrykt at det er viktig at elevene får presentert skallmodellen i undervisning om atomer og molekyler og under får hun spørsmål om hvorfor det er viktig at elevene får bruke denne:

Iris: Den gir et bedre bilde på hvordan, eller sånn vi ser hvor mange skall og elektroner og protoner og nøytroner og sånn det er.

Intervjuer: (...) Hva hjelper det oss med da?

Iris: Det kan gjøre det lettere å forstå (...) hvordan det ser ut. Eller sånn, ja.

Intervjuer: Hvordan hva ser ut?

Iris: Modellen. Eller nei, det ble feil.. Jeg vet ikke.

(I1)

Iris sier her at skallmodellen gir oss et bedre bilde på hvordan atomene er oppbygd, og at dette kan gjøre det lettere å forstå hvordan modellen ser ut, men etter å ha svart dette ombestemmer hun seg, og vet ikke helt hva hun mener. Det kan være at hun her mener hvordan atomene ser ut, og ikke modellene. Iris uttrykker at hun synes det er vanskelig å svare på spørsmålet om hvorfor skallmodellen er kjekk å bruke i undervisningen, men prøver likevel.

Alex påpeker også noe han synes er viktig, nemlig at atommodeller gir “en visuell tilbakemelding” på hvordan atomene ser ut. Han tenker at det å bruke atommodeller gjør at elevene får noe håndfast å se på, og dermed gjør det enklere å lære om atomer:

Alex: Uten modellene da, så hadde det vært veldig vanskelig og lært om atomer.

Intervjuer: Hvorfor det?

Alex: For da får vi ikke en.. da får vi ikke en visuell tilbakemelding på hvordan de ser ut.

(I2)

Alex mener nok at det er greit å benytte modeller i undervisningen for å gi elevene en framstilling av atomet kan se ut, men velger et litt spesielt begrep når han uttrykker dette. Kanskje prøver han å bruke litt vanskelige begreper for å framstå godt i intervjusituasjonen.

Videre påpeker Karina også noe viktig i diskusjonen om modellbruk i undervisningen:

Karina: (...) Man kan ikke ha noen ekspertmodeller før man har skjønt hvordan ting fungerer.

(I3)

Karina uttrykker at elevene ikke kan ha noen “ekspertmodeller” før man har skjønt hvordan et fenomen fungerer. I dette tilfellet er det elektronskymodellen som er kategorisert som en ekspertmodell av Karina, og i og med at elevene aldri har vært introdusert for elektronskymodellen før, kan denne ses på som en utfordrende modell å forstå. At Karina velger å kategorisere modellen på denne måten kan virke litt spesielt, men dette er en helt ny modell, der Karina nok mener at abstraksjonsnivået er høyere enn hos skallmodellen. Karina sier altså her at det er viktig å skjønne hvordan atomer og molekyler fungerer før man introduserer nye, og mer kompliserte, modeller for fenomenet.

### 5.2.3 Oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall

Oktettregelen, eller åtteregelen, er en regel elevene baserer seg mye på og bruker for å forklare blant annet hvorfor noen atomer går sammen i molekyler og hvorfor noen atomer gir fra seg eller tar opp elektroner. I en diskusjon om hvorfor noen atomer får flere eller færre elektroner enn antall protoner, forklarer Jan det slik:

Jan: Fordi, med antallet elektroner den har i det ytterste skallet, som er sju, altså det skal.. for å fylle skallet, det ytterste skallet så må du ha åtte. (...) Og da er det lettere å oppnå det ved å motta et elektron enn å gi fra seg sju.

(I3)

Jan forklarer hvordan oktettregelen fungerer, og i likhet med flere av de andre elevene, gir han tilsynelatende uttrykk for å forstå denne regelen slik den står beskrevet i læreboka. Det ytterste skallet har plass til åtte elektroner, og dersom et atom har syv elektroner i ytterste skall er det i følge Jan fornuftig å ta opp et ekstra elektron i stedet for å kvitte seg med syv.

Filip diskuterer hvilke atomer vi antar kan reagere med hverandre basert på den kunnskapen vi har om atomer og periodesystemet:

Filip: Det ville sikkert ha reagert mot et sånt atom som hadde gitt fra seg, som ville ta av seg en.

Intervjuer: Hvordan..

Filip: *Avbryter.* For eksempel atomnummer fire, den har to i K-skallet, det innerste, så har den to i ytterskallet, da vil det ta lengre tid å få åtte i det ytterste skallet enn å få to i.. enn hva å gi fra seg to for å få fullt ytterskall i den innerste skallet.

(12)

Her bruker Filip oktettregelen for å anta hvilke atomer som kan gi elektroner til hverandre. Han nevner ikke selv oktettregelen, men det er tydelig at han bruker prinsipper fra den. Det er interessant at Filip velger å ikke benytte begreper knyttet til fagstoffet, men bare forklarer det som skjer ved å bruke “en” om elektroner eller å kun si antallet.

Elevene fikk i sitt oppgavesett en oppgave som spurte hva oktettregelen innebærer. Ti av elleve elever svarte på denne oppgaven og det store flertallet skrev at atomer ville ha åtte elektroner i ytterste skall, og at de kunne oppnå dette ved å gi fra seg, ta opp eller dele på elektroner. Jan beskriver oktettregelen på følgende vis:

Alle skallene (unntatt det innerste) kan inneholde maks 8 elektroner. Atomer prøver å fylle skallene sine ved å motta eller sende i fra seg elektroner til andre atomer.

Jan sier at alle skall kun kan inneholde åtte elektroner, noe som skiller seg litt fra flere av de andre elevene som gjerne spesifiserer at det er det ytterste skallet atomene vil ha åtte elektroner i. Emma beskriver oktettregelen slik:

Alle atomer vil oppnå 8 elektroner i ytterste skall. For å kunne oppnå det, må de enten gi fra seg elektroner, få elektroner eller dele med et annet atom. Når de har oppnådd 8 elektroner i ytterste skall, blir stoffet “roligere” og kan ikke reagere med andre stoffer.

Emma sier at stoffene blir “roligere” ved å oppnå fullt ytterskall, og at stoffene da ikke kan reagere med andre stoffer. Hun spesifiserer her at det er atomets ytterste skall som skal fylles med åtte elektroner, og nevner tre måter atomene kan få til dette på.



### 5.2.4 Atommodeller og NOS

Forståelsen for atommodeller kan kategoriseres som lakatosiansk, positivistisk eller en mellomting mellom disse to, slik som gjort hos Niaz m.fl. (2002) (se kapittel 3.6). I denne undersøkelsen er det ikke grunnlag for en detaljert kategorisering om elevenes forståelse for sammenhengen mellom vitenskapshistorie og atommodeller. Den eneste som nevnes av de viktige vitenskapspersonene i atomhistorien i intervjuene er Niels Bohr, som kun nevnes av intervjuer. Elevene viser ingen tegn til å ha noen kunnskap om vitenskapshistorien til atomet. Petter (I1) svarer kort når han får spørsmål om han kjenner navnet Niels Bohr:

Intervjuer: (...) Niels Bohr, han var jo en forsker. Har dere hørt det navnet før?

Petter: Nei.

(I1)

Karina (I3) er en av få elever som vet navnet på den atommodellen de har brukt, men hun kobler heller ikke skallmodellen opp mot noen vitenskapspersoner:

Intervjuer: (...) Og vet dere hva den her type atommodell heter for noe?

Karina: Skallmodellen.

(I3)

Fordi elevene ikke viser noe bevissthet rundt utviklingen av atomet, er det heller ikke særlig grunnlag for å kategorisere elevene som lakatosiansk, positivistisk eller en mellomting mellom disse to. Hvis elevene likevel skal kategoriseres innenfor en av disse tre, vil de havne i kategorien positivistisk, på det grunnlag at de virker opptatt av å knytte atommodellene til det virkelige atomet, og flere av elevene uttrykker også at de har en forestilling om at atomet kan observeres. Filip (I2) har en slik forestilling når han uttrykker at elektronskymodellen ligner det vi kan se dersom vi ser på et atom i mikroskop (se kapittel 5.2.1.4)

I tillegg til å være opptatt av atommodellenes sammenheng med virkeligheten, virker det som elevene tenker at å tydelig kunne se hva atomer inneholder er noe av det viktigste med atommodellene. Elevene uttrykker at skallmodellen er god fordi den viser klart og tydelig hva atomet inneholder, mens elektronskymodellen er vanskeligere fordi den ikke på samme måte

viser hva atomet inneholder. Dette er også en grunn til at elevene gjerne ville blitt kategorisert som positivistisk i en slik kategorisering.

### **5.2.5 Oppsummering av elevenes modellforståelse**

Det er forskjellig grad av modellforståelse blant elevene, og det å kategorisere elevene i nivåer for modellforståelse kan her bli vanskelig. Elevene har gjennomført samtalene i grupper, og alle elevene kan derfor ikke individuelt bestemmes i disse nivåene. Det kan likevel gis eksempler på ulike forståelser hos elevene.

En modellforståelse på nivå 1 vil i denne studien innebære at elevene ser på atommodeller som noe som samsvarer med atomer i virkeligheten. En nivå 2-forståelse innebærer at elevene er klar over at modellene har noen begrensninger, og bruker modellene som et utgangspunkt men er klar over at elektronene ikke beveger seg i helt sirkulære skall rundt atomkjernen, og at størrelsesforholdene mellom atommodellene og atomer i virkeligheten ikke samsvarer. Elever med en modellforståelse på nivå 3 forstår at atommodeller kun brukes som et læringsverktøy, og at de ikke kan sammenlignes med hvordan atomer ser ut i virkeligheten. De er klar over at modellene har begrensninger, men kan likevel bruke modellene som utgangspunkt for læring av temaet. De kan også knytte modellens begrensninger til andre fenomener og andre modeller.

Elevene i dette utvalget lå stort sett på nivå 1 og nivå 2. En elev utmerket seg med svært god modellforståelse, og det var Karina. Hun viser at hun er reflektert og kan snakke om modellens begrensninger enten hun har en atommodell, modell på en strømkrets eller et modellfly foran seg. Hun er også klar over at de atommodellene som brukes i skolen ikke kan benyttes som et bilde på virkelighetens atomer, men klarer likevel å bruke atommodellene i undervisningen på en måte de andre elevene ikke er i stand til.

## 6.0 Diskusjon

Dette kapitlet tar utgangspunkt i den overordnede problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål og kategoriene fra resultat og analyse-delen. Kapitlet er delt inn delkapitler, hovedsakelig basert på kategoriene, der resultatene diskuteres opp mot problemstillingen og relevant litteratur.

### 6.1 Elevenes kontroll på begreper

Elevene viste i intervjuene varierende grad av kontroll på begreper, og mens flertallet av elevenes utsagn ble plassert i kategorien passiv kontroll, ble noen også plassert i kategoriene lite eller aktiv kontroll. Hvilke begreper elevene valgte å bruke i intervjusituasjonen spiller tilbake på undervisningen og tekstene i læreboka. Begrepene protoner og elektroner brukes og forklares i læreboka Eureka! 9 (som er den boka elevene bruker), og var derfor også gjerne begreper elevene i stor grad viste passiv/aktiv kontroll på. Nøytroner er et begrep som ikke nevnes i delkapitlet om skallmodellen for atomer i læreboka, noe som kan være en medvirkende årsak til at elevene brukte dette begrepet sjeldnere enn protoner og elektroner, og ikke viste like god kontroll på det. En annen årsak kan være at nøytroner ikke er så relevant i skallmodellen som protoner og elektroner. Ion nevnes og forklares i et senere delkapittel i læreboka, men dette var heller ikke et begrep elevene nevnte ofte i intervjuene. Elektronskall beskrives i læreboka i sammenheng med oktettregelen, og forklares ut fra denne, dermed var fokuset hos elevene også på atomenes "jakt" på fullt ytterskall. Atomkjerne nevnes ikke i særlig grad i læreboka, men begrepet forklares riktignok i læreboka for 8. trinn, der begrepene proton og nøytron forklares (Frøyland, Hannisdal, Haugan, & Nyberg, 2006, s. 102-103). Elevene brukte stort sett begrepet kjerne da de snakket om atomkjernen. Ut fra lærers undervisningsmateriale og elevenes periodeplan var det tydelig at undervisningen i stor grad hadde fulgt læreboka.

#### 6.1.1 Lite kontroll

18 utsagn ble kategorisert som lite kontroll på begrepene som ble benyttet, og da elevene tegnet atomer var det tydelig at noen av elevene ikke kunne fortelle detaljert om hva de hadde tegnet. Alle elevene hadde sett eksempel på skallmodellen i læreboka og i undervisning, og elevene som viste lite kontroll i sine forklaringer tegnet noe som lignet på skallmodellen for atomer. På figur 5.1 kan vi se Haralds atom, som inneholder en slags kjerne med noen

rundinger og et plusstegn og to skall rundt. I hvert av skallene er det fire elektroner. Harald klarte ikke å forklare hva han selv hadde tegnet, så da hans figur ble forklart med begreper, var det mine antagelser av hva han har ment, ut fra at jeg visste at han i noen grad kjente skallmodellen for atomer. Det var tydelig at han hadde en formening om hvordan skallmodellen så ut, men at han ikke kjente lærebokas første regel for elektronenes plassering i elektronskallene: elektronskallet nærmest kjernen fylles først, og har kun plass til to elektroner (Hannisdal et al., 2007a, s. 15). Det kan antas at Harald mangler kunnskap om temaet atomer og molekyler, men lite undervisning om hvordan atommodeller skal brukes kan også være en årsak til at skallmodellen ikke hjelper Haralds forståelse for temaet. Harrison og Treagust (2000) påpeker at eksplisitt undervisning om modellbruk er viktig for at elevene skal ha gode forutsetninger for å forstå temaet.

Det var også eksempler på utsagn hvor elevene brukte begreper knyttet til fagstoffet, men ikke klarte å gi begrepet en beskrivelse eller bruke det i riktig sammenheng. For eksempel trodde Yngve at han hadde tegnet atomet magnesium og forsøkte å forklare tegningen med å bruke fagbegreper, men det viste seg at han ikke hadde tegnet et magnesiumatom og derfor fikk han også vanskeligheter med å forklare. Det ble derfor tydelig at selv om Yngve *kunne* eller *visste om* flere begreper knyttet til atommodeller, betydde ikke det nødvendigvis at han hadde god kontroll på begrepene. Det å kunne et begrep er ikke et alt eller ingenting-fenomen, men kan graderes (Haug & Ødegaard, 2014), og dermed kan elever som imponerer med å bruke mange begreper knyttet til fagstoffet i virkeligheten mangle kontroll og forståelse for temaet.

Noen av utsagnene kategorisert som lite kontroll kan skyldes usikkerhet i intervjusituasjonen og at medelever satt i samme rom. Elevene var kanskje redd for å si feil, og ble derfor muligens vage og unnvikende i sine uttalelser. Likevel kan det antas at de aller fleste utsagn med lite kontroll på begrepene skyldtes at elevene hadde en manglende forståelse for deler av fagstoffet, og derfor ikke klarte å bruke begrepene eller brukte dem feil. Utsagnene kategorisert som lite kontroll kom stort sett fra elever som ikke sa så mye gjennom intervjuet, og som kanskje ikke ville eller turte prøve så mye. Dette gjaldt i midlertid ikke Yngve, som gjennom hele intervjuet gjerne ville fortelle om sine erfaringer og tanker, men som ofte kom med utsagn som viste lite kontroll på de ulike begrepene.

### 6.1.2 Passiv kontroll

De fleste av elevene kom med utsagn som viste passiv kontroll på begreper gjennom intervjuene, men én elev utmerket seg med særlige interessante uttalelser. Filip brukte mange begreper, men han blandet dem gjerne, og han så alle begrepene hver for seg. Begrepene han brukte var lest i læreboka og på periodeplanen for klassen, noe som kan være en forklaring på at protoner og elektroner (som i større grad nevnes og forklares i læreboka) var begreper Filip viste bedre kontroll på enn ion (som i mindre grad er forklart i læreboka, men er et læringsmål elevene har). Det at Filip mente at det var spesielt at nøytroner var i kjernen er interessant og noe som kan være et resultat av at læreboka ikke nevner nøytroner i kapitlet. Elevene har lest mye om protoner og elektroner i læreboka, mens nøytronene så vidt nevnes. Likevel virket mange av elevene å ha fått med seg nøytronenes tilstedeværelse i kjernen, men uttrykte gjerne at de ikke egentlig regnes, fordi de var nøytrale. Selv om Filip viste lite kontroll på begrepet nøytron, hadde han mange uttalelser som ble kategorisert som passiv kontroll. Blant annet snakket han mye om hvilken ladning protoner og elektroner har, og viste dermed at han kunne gi en definisjon på de to begrepene proton og elektron, men da han videre skulle snakke om atomet, viste det seg at han hadde lite kontroll på begrepet ladning.

En ting som utmerket seg i utsagnene om elektroner og elektronskall i kategorien passiv kontroll var at det virket som begrepet molekyl var glemt. Elevene brukte ofte prinsipper fra oktettregelen for å forklare begrepene elektron og elektronskall, men klarte ikke å se sammenhengen med molekyler. Dette kan nok ha en sammenheng med at det hele veien både i intervjusituasjonen og i oppgavesettet ble spurt om atomer og atommodeller, og ikke molekyler. Det er interessant at flere av elevene snakket mye om hvordan atomer kunne reagere ved at et atom tok et elektron fra et annet, men tanken om at atomene kunne *dele på* elektronene og bli et molekyl virket ikke som om den var relevant. En annen ting er at det kan se ut som elevene viser bedre kontroll på begrepene proton og elektron (partikler) enn ion og atomkjerne (fenomener). Elevene snakket lite om partikkelen nøytron, og viste ikke spesielt god kontroll på dette begrepet, men de viste bedre kontroll på fenomenet elektronskall. Dette er nok delvis et resultat av lærebokteksten, hvor elektroner, protoner og elektronskall får mye større plass enn atomkjerne, nøytron og ion.

### **6.1.3 Aktiv kontroll**

Tre elever viste aktiv kontroll på noen begreper, men en av dem utmerket seg med spesielt mange utsagn i denne kategorien. Det at Karina viste aktiv kontroll på en rekke begreper er nok knyttet til at hun er en sterk elev, som klarte å se sammenhenger mellom de ulike begrepene. Hun så hele atomet under ett, men kunne også beskrive de ulike delene hver for seg. Det er interessant at kun én av elevene utmerker seg på denne måten, men ikke uventet. Det at få eller ingen elever utmerker seg med meget god forståelse for temaet (atom)modeller er også resultater som finnes i andre undersøkelser, for eksempel hos Harrison og Treagust (1996). Å ha aktiv kontroll på disse fagbegrepene krever et høyt refleksjonsnivå og en evne til å se sammenhenger som mange elever ikke når i løpet av ungdomsskolen. Det finnes likevel elever som ofte eller tidvis viser aktiv kontroll, i alle fall på enkelte fagbegrep.

Av Tabell 8 og vedlegg 5 ser vi at de aller fleste tilfeller av utsagn i kategorien aktiv kontroll fant sted i intervju 3. Det var Karina som sto for de fleste utsagn, men Jan bidro også med noen utsagn i denne kategorien. Det kan være at disse to elevene bygde hverandre opp og hjalp hverandre med å reflektere over fagstoffet i større grad enn sine medelever. Det at dette er to sterke elever som fikk dominere noe i sitt intervju er nok også en årsak til at de kom med mange utsagn som viste aktiv kontroll.

Gjennomgående i hovedkategorien elevenes kontroll på begreper er at begrepet elektron ble brukt desidert flest ganger, fulgt av (elektron)skall som nummer to. Videre fulgte proton, nøytron, (atom)kjerne og til slutt ion. Det virket å være en klar sammenheng mellom lærebokteksten og de begreper elevene brukte mest.

### **6.2 Elevenes modellforståelse**

De modellene elevene bruker/får presentert i undervisningen er pedagogiske modeller som er utviklet for å forklare deler av fenomenet. Flere av de pedagogiske modellene viser gjerne flere deler av fenomenet enn det elevene har som mål å lære, men ofte framheves de få delene elevene skal lære ved fenomenet. Ringnes og Hannisdal (2006, s. 169) påpeker at undervisningsmodellene gjerne er forenklinger av virkeligheten som forsøker å forklare noen deler ved et fenomen, gjerne ved å bruke fenomener som er bedre kjent for elevene, for eksempel ved et rørsystem som modell for likestrømkrets.

## 6.2.1 Modellenes fordeler og begrensninger

Modellenes begrensninger kan være mange, for eksempel viser gjerne modellene ting ved atomet som ikke stemmer helt, slik som at elektronene befinner seg i faste sirkulære baner rundt atomkjernen. I denne studien vektla elevene modellenes begrensninger knyttet til atomer i virkeligheten. Det ble diskutert mye om hvorvidt atommodellene kunne representere virkelige atomer eller ikke, og elevene uttrykte flere meninger om akkurat dette. Elevene anså det som en fordel at atommodellen viste hva atomet inneholdt på en tydelig og enkel måte, og uttrykte at det var viktig at modellene som skulle brukes av dem måtte være anvendelige.

### 6.2.1.1 Skallmodellen viser hva atomet inneholder

Skallmodellen er i all hovedsak basert på Bohrs første atommodell, og selv om skallene i skallmodellen er sirkulære og ikke elliptiske baner rundt atomkjernen, kan de representere de ulike energinivåene (de stasjonære tilstandene) Bohr snakket om i sin teori (Kragh, 2013a). Dette er i midlertid ikke noe ungdomsskoleelevene bruker skallmodellen til. Men Eureka! påpeker at elektronene kan hoppe mellom elektronskall ved energitilførsel, og skallmodellen kan også brukes til å se hvordan elektroner kan “hoppe” mellom atomer og binde sammen atomer til molekyler. Elevene i ungdomsskolen bruker stort sett atommodeller til å se antall protoner, elektroner og antall elektronskall, for å dermed kunne avgjøre hvilket atom elevene ser en figur av, hvor i periodesystemet atomet hører hjemme og om atomet har en ladning. Ofte kan skallmodellen også vise antall nøytroner, men dette er ikke alltid prioritert, og dermed kan en slik oppfatning som Filips oppstå, der han anser nøytroner i atomkjernen som noe spesielt og uvanlig. I tillegg vil den i noen tilfeller kunne brukes til å se hva som skiller ulike isotoper av et grunnstoff, ved for eksempel vise modeller av to isotoper av et grunnstoff og påpeke at det er forskjellige antall nøytroner i de to grunnstoffene. Sistnevnte hadde ikke blitt gjort med elevene i dette utvalget. Det er interessant at Bohrs stasjonære tilstander og energinivåer ikke diskuteres, når dette i utgangspunktet var noe av det viktigste i Bohrs modell.

Det var bred enighet blant elevene i undersøkelsen om at skallmodellen viste hva atomet inneholdt. Dette er nok fordi elevene ikke enda har lært nok om atomer til å kunne bruke skallmodellen til noe mer. Elevene fant skallmodellen nøyaktig, og den gjorde det lett å se hvilket atom de skulle beskrive. Protoner og elektroner kom tydelig fram og det var enkelt å se hvor mange elektronskall atomet hadde og hvilken periode og gruppe det tilhørte. Dette

gjorde at skallmodellen ble en modell elevene syntes det var greit å bruke. Modeller som presenteres for elevene skal være med på å øke deres forståelse for fagstoffet (Bent, 1984; Harrison & Treagust, 2000), og på ungdomsskolenivå er det, ut fra lærebokforfatterens tolkning, atomenes plass i periodesystemet, elementærpartiklene, atomenes ladning og oktettregelen hovedsakelig de emnene dette temaet består av. Dermed vil skallmodellen, som elevene syntes var lett å bruke og grei å forstå, være en god modell for å øke elevenes forståelse for disse delene av fagstoffet. Dersom noen av elevene vil gå videre med fysikk og kjemi på videregående eller universitet, vil ikke skallmodellen lenger være en tilstrekkelig modell for å forklare fagstoffet, men det kan argumenteres for at skallmodellen er en tilstrekkelig modell på ungdomsskolen fordi den forklarer det læreboka sier at elevene skal vite om atomer og molekyler. Det kan likevel diskuteres om skallmodellen er en god modell for å øke forståelse for oktettregelen og elektronkonfigurasjon, men dette vil jeg ta opp igjen senere.

#### **6.2.1.2 Skallmodellen ligner ikke et atom i virkeligheten**

To av elevene påpekte at atommodellene ble feil med tanke på størrelsesforholdet i modellen og det virkelige atomet. Verken skallmodellen eller elektronskymodellen kunne ses på som kopier av et atom fordi størrelsesforholdet ble feil. Der skallmodellen i læreboka viser et atom med to skall, der kjernens diameter er 1 cm og hele atomet er 4 cm i diameter, ville et virkelig atom med en kjerne blåst opp til 1 cm i diameter hatt nærmeste skall flere kilometer unna. Solsystemet ble også trukket inn med samme problem, nemlig at det ville ta alt for stor plass å ha en modell med samme avstandsforhold som et virkelig atom eller hele solsystemet. Det at disse to elevene fant feil ved størrelsesforholdet mellom atommodellene og atomene tyder på god modellforståelse. Det er tidligere nevnt at det er en vanlig alternativ oppfatning å ikke klare å skille mellom modell og virkelighet (Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 170), men disse elevene viste at de kunne skille mellom det atomet de så i modellen og de atomene som finnes i virkeligheten.

Karina påpekte at ingen noen sinne hadde sett et elektron i virkeligheten og at modellene derfor kun var antakelser for hvordan elektronene bevegde seg og dermed hvordan atomene så ut. Hun ville derfor ikke si helt sikkert at skallmodellen ikke samsvarte med virkeligheten, men trodde heller ikke at skallmodellen lignet noe særlig på atomer. Karina syntes det var vanskelig å si noe bastant om hvordan atommodeller og virkelige atomer samsvarte, og det kan nok flere være enige i. Atommodeller er utviklet etter utregninger og forsøk og dermed



vil de være en form for bilde på hvordan et atom kan se ut, men samtidig er naturvitere og mange lærere også klar over at de fleste atommodeller som presenteres i skolen har så mange begrensninger at det er vanskelig å si at de samsvarer med virkelige atomer. Kanskje var Karina også klar over disse begrensningene atommodeller har.

### **6.2.1.3 Elektronskymodellen viser ikke hva atomet inneholder**

Elektronskymodellen var en modell elevene ikke tidligere hadde blitt introdusert for, og flere av elevene ble derfor litt forvirret da denne ble presentert i intervjuene. Den er ikke tydelig på samme måte som skallmodellen, og er derfor vanskeligere å bruke til de formål ungdomsskoleelever bruker en atommodell. Det var blant elevene i denne studien enighet om at elektronskymodellen ikke viste hva atomet inneholdt like klart som skallmodellen. Men selv om den ikke viste antall elektroner og protoner på samme måte som skallmodellen, var elevene likevel enige i at den kunne vise noen ting som skallmodellen ikke kunne vise. For eksempel uttrykte de at elektronskymodellen kunne vise hvordan elektronene kunne bevege seg rundt atomkjernen og hvordan de plasserte seg. Mange av elevene virket å ha en formening om at elektronene nok bevegde seg mer rundt enn det som kom fram i skallmodellen, men dette synspunktet ble først nevnt etter at elevene hadde fått se figur av elektronskymodellen.

At elektronene ikke befinner seg i faste sirkulære baner, har vært kjent siden tidlig på 1900-tallet (Kragh, 2013a), men tanken om at elektronene har en sannsynlig plassering i et område med en fast avstand til atomkjernen kom først med bølgemeknikken (Kragh, 1999, s. 162-165). Det var interessant at Yngve og resten av elevene (I2) mente at elektronene egentlig “ (...) spretter litt mer rundt (...)”, og kom med dette utsagnet uten at intervjuer hadde sagt noe om dette på forhånd. Det er hevdet at kunnskap om modellenes egenart er viktig for elevers forståelse for modeller i naturfaget (Gobert et al., 2011), og elevene viste da at han hadde en viss forståelse for at ulike modeller av samme fenomen kan vise forskjellige deler av det fenomenet.

Selv om skallmodellen var tydelig foretrukket foran elektronskymodellen, påpekte noen elever altså at elektronskymodellen også kunne ha noe for seg. Men de var ikke nok kjent med modellen til å kunne se akkurat hva den kunne vise, annet enn at elektronenes plassering rundt atomkjernen kanskje stemte bedre i elektronskymodellen enn i skallmodellen. Karina omtalte elektronskymodellen som en “ekspertmodell” og Petter syntes modellen var

komplisert og forsto ikke så mye av den. Flere elever kom også med lignende opplevelser av elektronskymodellen, noe som kan tyde på at elevene har behov for en tydelig modell som viser akkurat det de trenger å få vite om atomene.

#### **6.2.1.4 Elektronskymodellen kan ligne et atom i virkeligheten**

De fleste elevene virket å være klar over at atommodeller ikke var direkte kopier av et atom i virkeligheten. Men flere av elevene syntes å ha en idé om at modellene i større eller mindre grad kunne representere atomer i virkeligheten på et eller flere nivå. Flere av elevene mente at atomer i virkeligheten nok ikke ser ut som skallmodellen, fordi det var vanskelig å se for seg at elektronene befant seg i så faste baner. Både faglige sterke og svake elever påpekte nettopp dette, at elektronene befant seg nok mer spredt rundt, og ikke i helt faste sirkulære baner rundt atomkjernen. Elektronskymodellen fikk derfor større oppslutning som en modell som kunne representere virkeligheten, og blant flere elever var Filip av den oppfatning at det nok var slik et atom så ut hvis man skulle se i mikroskop. Elektronskymodellen var en mer abstrakt modell og vanskeligere for elevene å forstå, og elevene syntes derfor å tillegge den mer troverdighet som et bilde på hvordan atomer kunne se ut i virkeligheten.

Det at elevene ga elektronskymodellen mer troverdighet i sammenligningen med virkelige atomer, er et eksempel på at elevene vektlegger virkeligheten modellen representerer, og ikke ideene bak modellen, noe Harrison og Treagust (1996) også fant at elevene gjorde i sine undersøkelser. Elevene kan ha vanskeligheter med å fatte at atomer er så små, og nesten “usynlige” for oss, dermed blir atommodellene en måte å kunne gjøre fagstoffet litt mindre abstrakt og mer tilgjengelig.

#### **6.2.1.5 Modeller kan vise litt av virkeligheten**

Det var interessant at mange av elevene var enige i at skallmodellen viste hva atomet inneholdt, men ikke syntes det var et godt bilde på hvordan atomer så ut i virkeligheten. Motsatt med elektronskymodellen, der elevene ikke syntes modellen viste særlig godt hva atomene inneholdt, men at modellen likevel kunne være et bedre bilde på hvordan atomer så ut i virkeligheten. Dette kan være et resultat av at elevene ikke kan bruke elektronskymodellen til de formål ungdomsskoleelever trenger å bruke atommodeller til, mens skallmodellen viser tydelig de delene av atomet elevene har bruk for å se. Filip uttrykte om skallmodellen i intervjuet at han “(...) tviler ganske sterkt på at i virkeligheten har den så beine rundinger (...)” (I2), og sa da at skallmodellen var for geometrisk til å kunne være et

bilde på hvordan virkelige atomer ser ut. Elektronskymodellen var i følge elevene vanskeligere å se, men fordi den var litt mer “uryddig”, mente elevene at den kunne ligne virkelige atomer. Eureka! påpeker at ingen har sett hvordan elektroner beveger seg, men det forklares ikke eksplisitt at man heller ikke kan se et atom i mikroskop og at man derfor ikke kan si at skallmodellen (og elektronskymodellen) for atomer er et godt bilde på hvordan atomer ser ut i virkeligheten. Harrison og Treagust (2000) og Bent (1984) hevder også at det må undervises eksplisitt om modellbruk for at elevene skal kunne være i stand til å bruke modeller i sin opplæring.

Emmas utsagn om at man kunne bytte ut stoffene i atommodellene med de som faktisk var for å se hvordan atomer fungerte var interessant. Selv om hun påpekte at det var greit å jobbe med modeller som ikke er akkurat som virkeligheten, virket det som hun antok at atommodellene ikke var så veldig ulike de virkelige atomene. Flere av elevene kom og med utsagn som tydet på at selv om de ikke anså modellene som kopier av virkeligheten, så kunne likevel modellene representere deler av virkeligheten.

Karina påpekte at modeller kunne vise litt av virkeligheten, og at modeller kunne være figurer som prøvde å forenkle. Det refleksjonsnivået Karina viste var overraskende høyt for en ungdomsskoleelev, og hun evnet å se hvordan modeller kunne vise deler av virkeligheten, men ikke være kopier, i større grad enn sine medelever. Karina viste også at hun var i stand til å knytte andre typer modeller til sine erfaringer med atommodellen. Hun snakket for eksempel både om skalamodeller og analogimodeller da hun definerte begrepet modell, men skilte ikke selv mellom disse to typer modeller. Dette skyldtes nok at hun ikke da hadde blitt presentert for de ulike modelltypene som begreper og dermed ikke visste at en slik inndeling av modeller finnes.

### **6.2.2 Bruk av modeller i undervisningen gjør det enklere å forstå**

Atommodeller regnes som en type analogimodeller (Angell et al., 2011, s. 196-197; Harrison & Treagust, 2000; Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 177) og tar derfor bare hensyn til deler av atomenes egenskaper. Det var stort sett enighet blant elevene om at modeller gjorde det enklere å forstå temaet, selv om modellene ikke tok hensyn til alle momenter ved et fenomen. Det ble påpekt av to elever at det var spesielt viktig å bruke modeller i undervisning om atomer og molekyler, der man ikke har noe mulighet til å se et reelt bilde av fenomenet.

Elevene syntes det var greit å kunne ha en figur å sette begreper på, og å ha muligheten til å gjøre atomene visuelt tilgjengelig. Dette tyder på at elevene anså modellene som viktige for å forstå fagstoffet, og at flere av elevene, men spesielt disse to, Karina og Jan, hadde en bevissthet rundt atomodellenes begrensninger.

Misbruk av modeller i undervisning kan forekomme, og selv om elevene ikke vektla dette i særlig stor grad, påpekte de at elektronskymodellen burde komme etter skallmodellen. Elevene var tydelig på at elektronskymodellen ikke var en modell som intuitivt sa så mye om atomet, i motsetning til skallmodellen som umiddelbart ga informasjon om antall partikler, skall og plassering i periodesystemet. Dermed ble elektronskymodellen kategorisert som en vanskelig og komplisert modell, som ikke burde bli innført før elevene var godt kjent og trygge på skallmodellen. Dette påpeker også Bent (1984), at elevene må være mottakelig for modeller som presenteres, og at modellene må ha en klar nytteverdi for elevene. I ungdomsskolesammenheng er det tydelig at av de to atomodellene skallmodellen og elektronskymodellen er det skallmodellen som har størst nytteverdi for elevene. Dette uttrykte de også selv i intervjuene, og selv om skallmodellen muligens ikke vil ha like stor nytteverdi lenger ut i utdanningsløpet, var det tydelig at elevene anså den som mest anvendelig.

Det elevene skal lære ved å bruke skallmodellen og elektronskymodellen er forenklet sammenlignet med det potensielle atomodeller har. Det finnes mange momenter ved atomer som ikke blir inkludert i atomodellene som presenteres i skolen, eller som er inkludert i modellene, men som ikke formidles til elevene. Dette skyldes både hva læreplan og kompetansemål sier elevene skal kunne og at lærebøkene på ungdomsskolen ikke går så langt i dette temaet. Fordi elevenes lærebøker ikke går så langt om temaet atomer og molekyler, vil heller ikke nyere atomodeller diskuteres med elevene da de vil bli svært utfordrende for elevene å forstå.

### **6.2.3 Oktettregelen er atomenes jakt på fullt ytterskall**

Elevene i utvalget baserte mange av sine uttalelser om elektroners plass i elektronskallene på oktettregelen, noe som tilsynelatende ikke er uvanlig da dette er noe som kan gjelde elever og studenter helt opp til universitetsnivå (Taber, 1998). Den brede enigheten blant elevene om at atomene “jakter” på fullt ytterskall kan nok delvis skyldes Eureka! sin beskrivelse av hvordan elektronene plasseres i atomenes elektronskall (se Tabell 3). Lærebokas regler for

elektronenes plassering og oktettregelen kan sammen være opphav til at elevene konstruerer alternative oppfatninger. For eksempel er oppfatningen om at ingen elektronskall kan holde flere enn åtte elektroner relativt vanlig. Jan demonstrerte også denne oppfatningen da han i sin oppgavebesvarelse skrev at alle skall, bortsett fra det innerste, kunne holde maks åtte elektroner. Dette er en alternativ oppfatning som kan fungere for elevene så lenge de ikke ser nærmere på atomene med høyere atomnummer enn 20. Dermed kan det argumenteres for at ungdomsskoleeleven kan leve med en slik oppfatning fram til han eller hun begynner med realfag på videregående skole eller på universitet. Hvorvidt en slik alternativ oppfatning vil skape problemer senere har ikke denne oppgaven tatt opp, men tidligere forskning har vist at innlærte ideer og modeller kan være vanskelig å avlære (Budde et al., 2002), så det kan og bør problematiseres.

En annen alternativ oppfatning som fantes blant elevene var at atomene ble “roligere” dersom de oppnådde fullt ytterskall, og dermed ikke kunne reagere med andre stoffer. Dette ble sagt eksplisitt av en elev i utvalget, men flere elever viste implisitt at de satt inne med samme oppfatning. Det er kjent at edelgassene er mer stabile enn andre grunnstoff, men et fluoratom kan ikke bli en stabil edelgass ved å ta et elektron fra et annet atom og få fullt ytterskall, slik det virket som elevene trodde. Fluoratomet ville i dette tilfellet riktignok fått en edelgassstruktur, men ville likevel ikke bli helt lik en edelgass. Et annet aspekt ved det å kategorisere atomene som “rolig” er at atomet gis en menneskelig egenskap. Tidligere undersøkelser har vist at det ikke er uvanlig at elever knytter biologiske kvaliteter til atomene, for eksempel ved å tenke på elektronskall som fysiske skall, eksempelvis nøtteskall, eller at atomene blir ansett som levende og formeringsdyktige organismer (Harrison & Treagust, 1996).

Det virket likevel å være en bred enighet om at atomer med få “ledige plasser” i ytterste elektronskall kunne jakte på elektroner for å bli rolige og stabile atomer blant elevene. Dette kan nok skyldes at elevene ikke har nok kunnskap om molekyler, og derfor ikke ser sammenhengen mellom atomer som gir, tar og deler elektroner og molekyler. I tillegg kan lite kunnskap om ladning i atomer være en årsak til at det ikke oppstår konflikter ved at atomene kan gi, ta og dele elektroner. Det var spesielt tydelig i mange av Filips uttalelser at ladning var et begrep elevene hadde snakket om, men som de ikke behersket i sammenheng med atomer. Et atom kunne underveis i forklaringene hans være positivt ladd på grunn av protonene i atomkjernen, før det like etterpå var negativt ladd på grunn av de negative elektronene i elektronskallene.

For å forklare oktettregelen for elevene har læreboka Eureka! og skallmodellen for atomet blitt brukt. Det kan diskuteres hvor hensiktsmessig det er å benytte oktettregelen som grunnlag for å forklare så mange fenomener ved atomene som Eureka! gjør. Oktettregelen vil ikke gjelde for alle atomer, og ved at så mange fenomener begrunnes i oktettregelen, vil i verste fall kunne være en medvirkende årsak til at elever konstruerer alternative oppfatninger om for eksempel molekylers oppbygning og ladning i atomer.

#### **6.2.4 Modellbegrepet**

Modell er et begrep som omfatter flere ulike typer modeller og som kan kategoriseres på ulike måter. Både Angell m.fl. (2011, s. 196-197), Ringnes og Hannisdal (2006, s. 173-177) og Harrison og Treagust (2000) har, blant flere, kategorisert modellene som presenteres for elevene i skolen. For å kunne si noe om hvilken forståelse elevene har for modellbegrepet er det viktig å være klar over hvilke typer modeller elevene får presentert. I denne studien ble det helt klart innhentet mest informasjon om elevenes forståelse for atommodeller, som er en type analogimodell, men modellbegrepet omfatter også en rekke andre modelltyper (se kapittel 3.2). I intervjuene var det bare en annen type modell som ble nevnt, og det var en skalamodell, som ble nevnt av Karina da hun definerte begrepet modell. Undervisning med modeller og om bruk av modeller i faget må også regnes som en del av modellbegrepet, og det har elevene diskutert.

Elevene viste ingen tegn til å klassifisere ulike typer modeller, men kunne likevel snakke om modeller som en fellesbetegnelse for flere ulike modeller. De modellene som ble nevnt i intervjuene er atommodeller, kulepinnemodeller, modell for solsystemet, modell for likestrømkrets, lekebiler og modellfly. Ut i fra klassifiseringen av modeller nevnt tidligere (se kapittel 3.2) vil atommodeller, kulepinnemodeller, modeller for solsystemet og modeller for likestrømkrets være under analogimodeller, mens modellfly og lekebiler vil være under skalamodeller. Det at elevene i størst grad snakket om ulike typer analogimodeller var ikke overraskende, da det i stor grad er analogimodeller som brukes i skolen fordi de ofte er overdrevet eller overforenklet og gjerne bruker kjente systemer for å forklare ukjente fenomener (Justi & Gilbert, 2000; Ringnes & Hannisdal, 2006, s. 172). Dermed ble analogimodeller modeller som i mange tilfeller kunne brukes for å gjøre fenomener mer tilgjengelig for elevene. Dette uttrykte også elevene ved å sette pris på muligheten for å få en

visuell framstilling av det ellers utilgjengelige fenomenet atom. Skalamodeller ble selv intuitivt koblet inn som en del av modellbegrepet av Karina, noe som nok skyldes at lekebiler og modellfly er noe elevene kjenner til utenom skolen. Likevel var det imponerende å på egenhånd koble inn skalamodellen modellfly og knytte den opp mot modellbegrepet og atommodellene som ble diskutert i intervjuene i en definisjon på hva modeller er, slik som Karina gjorde.

Elevenes modellforståelse ble kategorisert etter Harrison og Treagust (1996) sine tre nivåer for modellforståelse (se kapittel 3.6 og 5.2.5). At de fleste elevene lå på en nivå 1 eller 2-forståelse for modeller var som forventet, og lignet resultatet Harrison og Treagust (1996) også fikk i sin undersøkelse av australske elever på samme alder. En modellforståelse som tilsvarer nivå 3 er det ikke mange ungdomsskoleelever som når, noe som kan være fordi elevene ikke får eksplisitt uttrykt at modeller kun er en idé og en figur på et fenomen, og ikke en representasjon av virkeligheten (Harrison & Treagust, 1996). Det kan virke som elevene i utvalget har fått presentert flere ulike modeller i undervisning om ulike temaer, men at de har fått mindre undervisning om hvordan de skal bruke og forstå modellene.

#### **6.4 Atommodeller og NOS**

Mange av utsagnene fra elevene viste at det var skallmodellen som hadde fått mest oppmerksomhet i undervisningen. Læreboka Eureka! og noen av de andre lærebøkene undersøkt i forbindelse med denne studien tar ikke i særlig grad hensyn til at atommodellene har utviklet seg, men fokuserer på skallmodellen og i noen tilfeller elektronskymodellen. At elevene har fått lite undervisning om utviklingen av atommodellene er kanskje ikke så rart ettersom atomhistorie og utviklingen av dagens atommodell er vanskelig stoff som går langt utover det læreboka Eureka! 9 presenterer. Likevel kan det diskuteres om hvorvidt det er lurt at elevene får så lite undervisning om tidligere og nyere atommodeller. Noen lærebøker, for eksempel Tellus (Ekeland et al., 2007, s. 7-12), skriver om atomhistorie og nevner flere atomteorier og modeller, men stopper ved Bohrs første atommodell. Elektronskymodellen presenteres også kort, men knyttes ikke til atomhistorien slik som de andre modellene.

Gjennom alle intervjuene var det lite eller ingen diskusjon rundt vitenskapshistorie om atomer og atommodeller. Ingen elever uttrykte at de kjente navnet Niels Bohr, og kun et par elever kunne navngi skallmodellen før den ble navngitt av intervjuer. Elevene har fått undervisning

om atomer og molekyler og fått presentert skallmodellen, men mye tyder på at det har vært lite eller ingen samtaler om andre atommodeller eller vitenskapshistorie i undervisningen. Blant annet nevner Eureka! 9 ingenting om atomets vitenskapshistorie og elevenes kunnskapsmål for undervisningsperioden om atomer og molekyler inneholdt heller ingen mål som omhandler vitenskapshistorie. Det er blitt argumentert for at undervisning om atomhistorie er viktig for å forstå atommodeller (Justi & Gilbert, 2000), men dette prioriteres for det meste ikke i de fleste lærebøkene eller i læreplanen undersøkt i forbindelse med denne studien.

Ettersom elevene i utvalget ikke har fått noe direkte undervisning om vitenskapshistorie i temaet atomer og molekyler (NOS) er det også vanskelig å skulle si noe om hvorvidt det ville øke deres forståelse for temaet. Elevene kom i intervjuene med utsagn som ble tolket slik at de ble kategorisert som positivistiske, men på grunn av manglende kunnskap om NOS hadde de heller ingen mulighet til å bli kategorisert som lakatosiansk (se kapittel 5.2.5). Dermed vil ikke denne studien inneholde resultater om elevers forståelse for atomer og molekyler øker ved kunnskap om NOS. Det kan likevel stilles spørsmål ved at elevene ikke har fått undervisning om NOS, når forfatterne av Eureka! bruker en del plass på dette i lærerveiledningen (Hannisdal et al., 2007b), i tillegg til at annen litteratur også påpeker viktigheten av NOS i naturfagundervisningen (Justi & Gilbert, 2000; McComas et al., 2002; Niaz et al., 2002). Om kunnskap om NOS ville påvirket elevenes forståelse for temaet i dette utvalget vites ikke, men det kan ut fra resultater i tidligere forskning tenkes at det ville vært positivt også for disse elevene.



## 7.0 Oppsummering og avslutning

Denne studien har tatt for seg elevers forståelse for atommodeller ved å intervjuet et utvalg elever på 9. trinn. For å kunne svare på hvilken forståelse elever har for de atommodeller som presenteres i skolen, har en gjennomgang av disse modellene vært nødvendig. I undersøkelsen har de to pedagogiske modellene skallmodellen og elektronskymodellen for atomet vært vektlagt, da disse er de atommodellene som ofte blir nevnt i norske lærebøker.

### 7.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

Elevene i utvalget viste gjennom intervjuene og oppgavesettene at de hadde en viss forståelse for skallmodellen for atomet, mens elektronskymodellen for atomet var vanskeligere for dem å skjønne. Elevene fikk underveis i intervjuet hjelp til å forstå elektronskymodellen og viste etter hvert også en viss forståelse for denne. Men å forstå en atommodell handler ikke bare om å gjenkjenne og å kunne ulike deler og begreper knyttet til modellen, men også om å forstå ideene bak modellen. Å forstå en atommodell kan altså inkludere, og av og til kreve, forståelse for både begreper knyttet til modellen, selve modellen, vitenskapshistorie, oktettregelen og molekyler, fordi atommodeller kan brukes i forklaringer av alle disse begrepene. Jeg vil nå ta for meg mine fire forskningsspørsmål og forsøke å besvare disse.

#### 1. Hvilken forståelse har elevene i utvalget for modellbegrepet generelt?

Modellbegrepet er et vidt begrep som omfatter mange forskjellige typer modeller, og i denne undersøkelsen er det lagt størst vekt på atommodeller. Likevel ble det snakket litt om modeller generelt, men ofte ble modellbegrepet diskutert i sammenheng med atomer. Elevene kunne fortelle at de hadde sett en del ulike modeller, men disse ble ikke diskutert nærmere.

De fleste elevene så på modeller som hjelpemidler i undervisningen om fagstoffet. De anså modellene de brukte som viktige for å forstå faget, og syntes det var bra å bruke modeller i undervisningen. Elevene i undersøkelsen ble kategorisert etter deres modellforståelse, der de fleste elevene hadde en modellforståelse på nivå 1 eller 2 (på en skala fra 1 til 3, hvor 1 er lavest forståelse, se kapittel 5.2.5). Elevene var stort sett klar over at modeller ikke var et bilde av virkeligheten, men kun en representasjon av et virkelig fenomen. Likevel virket det som om mange av elevene var svært opptatt av virkeligheten modellen representerte og ikke

ideene bak fenomenet. Flere elever sammenlignet modellene med det virkelige fenomenet og forsøkte å si hva som ikke stemte med virkeligheten og hva som kunne stemme.

Én elev hadde meget god forståelse for modellbegrepet, og var i større grad opptatt av at modellene var antakelser om hvordan et fenomen kunne fungere. Denne eleven så heller ikke noe poeng i å spekulere på hvilke atommodeller som kunne ligne det virkelige fenomenet, fordi ingen noensinne hadde sett et atom tydelig. Dermed mente eleven at modellene kunne brukes for å forklare fenomener, men at elevene burde være klar over at modellene har sine begrensninger.

Elektroniskymodellen ble av flere av elevene gjerne sett på som en modell som kunne ligne det virkelige atomet, mens skallmodellen var for geometrisk og muligens for “enkel” til at elevene anså den som lik de virkelige atomer. Elevene forklarte derfor at modeller kunne ligne det virkelige fenomenet i sammenheng med elektroniskymodellen, mens flesteparten av elevene, i sammenheng med skallmodellen, ikke anså modeller som et bilde av det virkelige fenomenet.

2. Hvilken informasjon klarer elevene i utvalget å hente ut fra skallmodellen og elektroniskymodellen for atomet?

Elevene var opptatt av at atommodellene som ble brukt skulle være enkle å forstå, og at de viste det elevene trengte å vite om atomet. Skallmodellen var en modell som kunne fortelle elevene hvor mange elementærpartikler atomet inneholdt og hvor mange elektroniskall atomet hadde. Dette var igjen viktig for elevene fordi de da kunne plassere atomet i periodesystemet, og muligens si noe om hvordan atomet kunne reagere sammen med andre atomer. Elevene mente at antallet elektroner i ytterste skall hadde en betydning hvordan atomene kunne reagere med andre atomer. Skallmodellen var i følge elevene intuitivt lett å forstå og bruke, nettopp fordi den var så enkel og tydelig, og viste akkurat det elevene trengte å se.

Elektroniskymodellen var vanskeligere for elevene å få grep om. De hadde ikke sett denne modellen tidligere, og hadde derfor vanskeligheter med å kunne si noe om hvilken informasjon vi kunne hente ut fra elektroniskymodellen. Elevene klarte ikke først å se hvordan modellen fungerte, men etter litt veiledning så de fleste av elevene hvordan elektroniskymodellen viste skallene, men ikke viste kjernen noe særlig. De var opptatt av at

elektronskymodellen ikke viste hvor mange elementærpartikler atomet inneholdt, og at modellen ellers ikke intuitivt sa så mye om atomet. Den informasjonen elevene hentet ut fra elektronskymodellen var at elektronene befant seg i friere skall enn det som tidligere var blitt demonstrert gjennom skallmodellen. I tillegg mente de at modellen viste at elektronene beveget seg litt mer rundt. Dette var riktignok informasjon elevene først hentet etter veiledning, for de fleste klarte ikke umiddelbart å si noe om den. De elevene som forsøkte å si noe om elektronskymodellen før intervjuer sa noe om modellen, mente at de så noen skall, men forsto ikke helt hvordan elektronene var framstilt.

3. Hvilken kontroll viser elevene i utvalget på begrepene *elektron, proton, nøytron, elektronskall, atomkjerne og ion*?

Elevenes kontroll på begrepene ble kategorisert etter deres utsagn der begrepene elektron, proton, nøytron, elektronskall, atomkjerne og ion ble brukt. Flertallet av elevenes utsagn ble kategorisert som passiv kontroll, mens de gjenværende utsagn ble kategorisert som lite eller aktiv kontroll. At mange av elevenes utsagn ble kategorisert som passiv kontroll betydde ikke at elevene hadde dårlig kontroll på eller forståelse for fagstoffet, men heller at de ikke så alle sammenhenger enda. Det å ha passiv kontroll på slike begreper kan være et godt utgangspunkt for videre læring i faget.

I denne undersøkelsen var det én elev som utmerket seg med særlig mange uttalelser som viste aktiv kontroll på flere begreper, mens noen få elever hadde flere utsagn i kategorien lite kontroll. Eleven som hadde flest utsagn i kategorien aktiv kontroll snakket mye gjennom hele intervjuet og var ikke redd for å si sine meninger og svare på spørsmål. Elevene som hadde flest utsagn i kategorien lite kontroll var motsatt, de sa som regel lite i intervjuene og virket ikke spesielt ivrig på å dele sine meninger.

Elektron, proton og elektronskall var begreper som elevene generelt viste bedre kontroll på enn begrepene nøytron, atomkjerne og ion. Dette skyldes nok i hovedsak læreboka Eureka! 9 sin framstilling av fagstoffet og de læremålene elevene hadde i perioden de jobbet med dette temaet. Begrepene elektron og elektronskall ble nevnt flest ganger gjennom intervjuene.

#### 4. Hvordan påvirker oktettregelen elevenes forståelse for atommodeller?

Den pedagogiske oktettregelen brukes for å forklare hvordan elektronene plasseres i elektronskallene rundt atomkjernen. Elevene hadde jobbet en del med oktettregelen, og de fleste av elevene var godt kjent med denne. Oktettregelen ble av elevene brukt som begrunnelse for mange av utsagnene deres, og ikke bare for hvordan elektronene plasserte seg i elektronskallene. Både det at atomer kunne “ta” eller “gi” elektroner fra/til andre atomer og atomenes stabilitet ble forklart ut fra oktettregelen. Mange av elevene hadde ideer om at atomene tok elektroner fra hverandre for å få fullt ytterskall og dermed bli mer stabile, eller “rolige”. Dette var interessant, fordi elevene ikke tidligere hadde snakket om atomer som noe “levende”, men da oktettregelen skulle forklares fikk atomet en menneskelig egenskap, nemlig å bli rolig. En elev brukte også oktettregelen til å forklare at ingen elektronskall kunne holde flere enn åtte elektroner, noe som er en relativt vanlig alternativ oppfatning om elektronskall og elektronenes plassering.

Ut fra disse funnene, kan det antas at oktettregelen kan bidra til å danne alternative oppfatninger om atomer og molekyl. Dersom elevene forstår atommodellene ut fra oktettregelen kan disse alternative oppfatningene oppstå, og ofte kan disse fungere en stund, men vil ved videre skolegang falle sammen. For eksempel vil oppfatningen om at alle elektronskall kun har plass til åtte elektronskall ikke lenger fungere med en gang eleven ser på et atom med atomnummer over 20.

#### **7.2 Andre interessante aspekter**

I samtale om hvordan elektroner kunne gå mellom ulike atomer, virket tanken om molekyl å være borte for elevene. De forklarte ladning i atomer og at elektronene ble tatt eller gitt til andre atomer ut i fra at atomene ville ha fullt ytterskall og bli stabile. Tanken om at atomer kunne gå sammen og “dele” på elektronene var tilstede da elevene beskrev oktettregelen i oppgavesettene og til dels i intervjusituasjonene, men sammenhengen med at det da dannes molekyl ble ikke nevnt av noen elever. At elever kan glemme tidligere innlærte begreper er nok ikke uvanlig, men det kan også være at elevene ikke anså begrepet molekyl som viktig i denne sammenheng. Dette kan skyldes at elevene gjennom hele intervjuet og oppgavesettet ble spurt kun om atomer. På grunn av dette er det vanskelig å avgjøre om begrepet molekyl faktisk var glemt eller ble ansett som uviktig i denne sammenhengen.

Som tidligere nevnt viste elevene ingen tegn til å være kjent med noe vitenskapshistorie om atomet. Det var også lite vitenskapshistorie om atomet i de fleste lærebøkene undersøkt i forbindelse med denne studien. Mye tyder også på at elevene i undersøkelsen har fått lite eller ingen undervisning om atomets vitenskapshistorie, men om dette ville påvirket elevenes forståelse for atommodellene kan ikke tolkes ut fra resultatene i denne undersøkelsen. At elevene får lite eller ingen undervisning om NOS kan også sannsynligvis gjelde andre norske skoler, ettersom verken læreplanen eller de fleste lærebøker prioriterer atomhistorie i særlig grad.

### **7.3 Avsluttende kommentarer**

Det er blitt argumentert for at eksplisitt undervisning om modellbruk burde gjennomføres for at elevene skal lære å bruke modeller i undervisningen (Harrison & Treagust, 2000). Dette er noe læreren i utvalget ikke prioriterte, men som kanskje burde prioriteres for at elevene skal være i stand til å bruke modeller på en måte som hever deres forståelse for temaet. Kanskje kan mangel på undervisning om modellbruk bidra til flere alternative oppfatninger om modellbegrepet generelt, og elevene kan gå ut av skolen med en oppfatning om at alle modeller representerer virkeligheten. Det kan derfor være hensiktsmessig at elevene får eksplisitt undervisning om ulike typer modeller, hvordan disse kan brukes og hva de ikke kan brukes til. Det er interessant at dette tilsynelatende ikke ble prioritert i særlig stor grad, selv om veldig mange temaer i naturfaget inneholder forklarende modeller. På tross av at et utvalg modeller nevnes i kompetansemålene i læreplanen Kunnskapsløftet, er det ikke nevnt noe om modellbruk og modellforståelse (Utdanningsdirektoratet, 2013). Dette kan være noe av forklaringen til at eksplisitt undervisning om modeller ikke ble prioritert.

Det er i stor grad tradisjon og lærebokforfatteres tolkning av læreplanen som avgjør hva elevene skal lære om temaet atomer og molekyler. Læreplanen i seg selv nevner ikke ordet atom eller atommodell i kompetansemålene etter 10. trinn, men har et kompetansemål som sier at elevene skal kunne vurdere egenskaper til grunnstoffer og forbindelser ved bruk av periodesystemet (Utdanningsdirektoratet, 2013). Det er vanskelig å si hva som egentlig må og bør være med i undervisning om atomer og molekyler for at elevene skal kunne nå kompetansemålet, men det vil være nødvendig for elevene å kunne noe om elementærpartiklene i atomet og dermed bruke atommodeller. Kompetansemålet snakker om

grunnstoffer og forbindelser på makronivå, og for å kunne snakke om dette, må elevene også ha kunnskaper om atomer og molekyler på mikronivå. Dermed kreves det kanskje at elevene lærer om hvordan atomer kan gå sammen og bli molekyler, hvordan atomene kan være nøytrale eller ha positiv eller negativ ladning og om begrepene isotop og ion.

Til slutt vil jeg nevne et annet viktig aspekt, som også nevnes i læreplanen, nemlig at en viktig del av allmennkunnskapen er å kjenne til at naturvitenskapen er i utvikling. Det betyr at elevene må ha en forståelse for naturvitenskapen som prosess, og hvordan naturvitenskapen utvikles. Lærerveiledningen til Eureka! 9 inneholder en historisk del om atomet (Hannisdal et al., 2007b), men dette prioriteres ikke i læreboka elevene bruker. Det kan muligens ha vært tidspress som gjorde at læreren i dette utvalget ikke underviste om atomets vitenskapshistorie, og dette kan nok gjelde også på andre skoler. For å nå kompetansemålet er det ikke sikkert at direkte undervisning om atomets vitenskapshistorie er nødvendig, men kanskje vil direkte undervisning om nettopp dette gjøre elevene rustet til å forstå hvordan og hvorfor atommodeller forandres, hvorfor vi vet det vi vet i dag og hva de modellene elevene får presentert i undervisningen viser og ikke viser. Dette kan igjen være med på å bidra til at færre alternative oppfatninger om modellbegrepet og atomet oppstår blant elevene og følger dem opp i utdanningssystemet. Hvorvidt vitenskapshistorie og –filosofi for atomet bør inngå for at elevene skal nå kompetansemålet nevnt over er vanskelig å si noe om, men dette er noe som burde undersøkes videre.

## 8.0 Kildehenvisning

- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Bent, H. A. (1984). Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. *Journal of chemical education*, 61(9), 774–777.
- Bohrs skallmodell for atomet fluor [Bilde]. (2010). Hentet den 20. mars 2017 fra <http://ndla.no/nb/node/51273?fag=7>
- Brandth, B. (1996). Gruppeintervju: perspektiv, relasjoner og kontekst. I H. Holter & R. Kalleberg (Red.), *Kvalitative metoder i samfunnsforskning*. (s. 145–165). Oslo: Universitetsforlaget.
- Budde, M., Niedderer, H., Scott, P., & Leach, J. (2002). «Electronium»: a quantum atomic teaching model. *Physics Education*, 37(3), 197–203.
- Dalton's elements [Bilde]. (2003). Hentet den 19. april 2017 fra <http://www.visionlearning.com/en/library/Chemistry/1/Early-Ideas-about-Matter/49>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science. Research into childrens' ideas*. London: Routhledge.
- Eeg, J. O. (2015, 7. august). Kvarv. I Store Norske Leksikon. Hentet den 16. mars 2017 fra <https://snl.no/kvarv>
- Ekeland, P. R., Johansen, O.-I., Strand, S. B., Rygh, O., & Jenssen, A.-B. (2007). *Tellus 9. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Aschehoug.
- Fangen, K. (2015, 17. juni). Kvalitativ metode. Hentet den 3. mars 2017 fra <https://www.etikkom.no/fbib/introduksjon/metoder-og-tilnarminger/kvalitativ-metode/-Intervju>
- Fiskum, K., & Steineger, E. (2008). *Natur og univers 2. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Cappelen Damm.
- Frøyland, M., Hannisdal, M., Haugan, J., & Nyberg, J. (2006). *Eureka! 8. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Levy, S. T., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics and chemistry. *International journal of science education*, 33(5), 653–684.
- Hannisdal, M., Haugan, J., & Munkvik, M. (2007a). *Eureka! 9. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Gyldendal Undervisning.
- Hannisdal, M., Haugan, J., & Munkvik, M. (2007b). *Eureka! 9. Naturfag for ungdomstrinnet. Lærerens bok*. 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). A typology of school science models. *International journal of science education*, 22(9), 1011–1026.
- 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, 777–800.
- Heilbron, J. L., & Kuhn, T. S. (1969). The genesis of the Bohr atom. *Historical studies in the physical sciences*, 1(1), 211–290.
- Holtebekk, T. (2015, 7. august 2015). Ernest Rutherford. I Store Norske Leksikon. Hentet den 16. februar 2017 fra [https://snl.no/Ernest\\_Rutherford](https://snl.no/Ernest_Rutherford)

- Holtebekk, T. (2016, 19. juli 2016). Atom: atomteori. I Store Norske Leksikon. Hentet den 16. februar 2017 fra <https://snl.no/atom%2Fatomteori>
- Hon, G., & Goldstein, B. R. (2013). J. J. Thomson's plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. *Annalen der Physik*, 525(8-9), A129–A133.
- Johannesen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of «the atom». *International journal of science education*, 22(9), 993–1009.
- Kragh, H. (1979). Niels Bohr's second atomic theory. *Historical studies in the physical sciences*, 10(1), 123–186.
- Kragh, H. (1999). *Quantum generations. A history of physics in the twentieth century*. Princeton: Princeton University Press.
- Kragh, H. (2013a). Bohrs model for atomers og molekylers struktur. I L. Bruun, F. Aaserud, & H. Kragh (Red.), *Bohr på ny*. København: ForlagetEpsilon.dk.
- Kragh, H. (2013b). Den videre utvikling af Bohrs atomteori. I L. Bruun, F. Aaserud, & H. Kragh (Red.), *Bohr på ny*. København: ForlagetEpsilon.dk.
- Kvale, S. (2001). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Levere, T. H. (2001). *Transforming matter. A history of chemistry from alchemy to the buckyball*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2002). The role and character of the nature of science in science education. I W. F. McComas (Red.), *The nature of science in science education*. Dodrecht: Springer.
- Navarro, J. (2012). *A history of the electron. J. J. and G. P. Thomson*. New York: Cambridge University Press.
- Niaz, M. (2015). Understanding atomic models in chemistry: why do models change? *Chemistry and contributions from history and philosophy of science*. Cham: Springer.
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A., & Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances and conceptual change in students understanding of atomic structure. *Science Education*, 86(4), 505–525.
- Pedersen, B. (1998). *Generell kjemi for universiteter og høyskoler*. (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Pedersen, B., & Haraldsen, H. (2016, 24. august 2016). Atom: historikk. I Store Norske Leksikon. Hentet den 6. februar 2017 fra <https://snl.no/atom/historikk>
- Petri, J., & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International journal of science education*, 20(9), 1075–1088.
- Postholm, M. B. (2005). *Kvalitativ metode. En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og Mangfold. Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Ringnes, V., & Hannisdal, M. (2006). *Kjemi fagdidaktikk. Kjemi i skolen*. (2. utg.). Kristiansand: Høyskoleforlaget AS - Norwegian Academic Press.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse. En kritisk fagdidaktikk*. (3. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Smirnov, B. M. (2003). *Physics of atoms and ions*. New York: Springer.
- Steiniger, E., & Wahl, A. (2013). *Nova 8. Naturfag for ungdomstrinnet*. Oslo: Cappelen Damm.



- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International journal of science education*, 20(5), 597–608.
- Thomson's plum pudding model [Bilde]. (2001). Hentet den 16. februar 2017 fra [http://www.nobelprize.org/educational/physics/quantised\\_world/structure-images/fig2b.gif](http://www.nobelprize.org/educational/physics/quantised_world/structure-images/fig2b.gif)
- Utdanningsdirektoratet. (2013). *Læreplan i naturfag*. (NAT1-03). Hentet den (10. februar 2017) fra <https://www.udir.no/k106/NAT1-03>.



## **9.0 Vedlegg**

**Vedlegg 1: Informasjons- og samtykkeskriv**

**Vedlegg 2: Godkjenningsbrev fra NSD**

**Vedlegg 3: Intervjuguide**

**Vedlegg 4: Oppgavesett**

**Vedlegg 5: Tabell “elevenes utsagn”**

**Vedlegg 6: Transkripsjon intervju 1 (på CD)**

**Vedlegg 7: Transkripsjon intervju 2 (på CD)**

**Vedlegg 8: Transkripsjon intervju 3 (på CD)**

## Vedlegg 1: Informasjons- og samtykkeskriv

### Informasjonsskriv til elever og foresatte

Jeg er student ved NTNU og skal dette året skrive masteroppgave i naturfagdidaktikk. Masterprosjektet er en kvalitativ undersøkelse som skal se på ungdomsskoleelevers forståelse for de atommodeller som presenteres i skolen. Problemstillingen som skal undersøkes er som følger:

*Hvordan forstår elever de atommodeller som presenteres i skolen, og i hvilken informasjon klarer de å hente ut fra en gitt modell?*

For å besvare problemstillingen ønsker jeg å gjennomføre en skriftlig test i klassen og gjennomføre gruppeintervju med ca. 9-10 elever som har fått undervisning i dette temaet. I den forbindelse lurer jeg på om din/deres elev har mulighet til å delta i studien? Intervjuene vil bli gjennomført i skoletiden, og vil ta ca. 30-45 minutter. Både elever og skole vil bli anonymisert i oppgaven, men jeg ber om at kjønn og alder kan publiseres i oppgaven, med forbehold om at ingen personer kan identifiseres ved disse opplysningene. Det er frivillig å delta, og man kan når som helst trekke seg fra studien.

For å få så godt dokumenterte data som mulig, kan lydopptak være tjenelig. Derfor ber jeg om tillatelse til å gjøre lydopptak av intervjuene. Forutsetningen er at alt datamateriale blir behandlet med respekt og anonymisert, og at prosjektet ellers følger gjeldende retningslinjer for etikk og personvern. Opptakene vil kun bli hørt av meg og eventuelt min veileder.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 25. mai 2017, og alle lydopptak blir slettet senest denne datoen. I utgangspunktet slettes lydopptak etter at transkripsjonen er gjennomført, altså etter noen dager.

Studien er meldt til Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS (NSD). Dersom du/dere ønsker mer informasjon om prosjektet og hva innsamlet datamateriale skal brukes til, kan du/dere ta direkte kontakt med meg på e-post eller telefon. Legger også ved kontaktinformasjon til veileder.

Håper du/dere vil delta i denne undersøkelsen!

Med vennlig hilsen  
E-post:  
Telefon:

Veileder:  
E-post:  
Telefon:

Samtykke til deltakelse i studien (kryss av det som passer):

- Jeg/vi har mottatt informasjon om studien og ønsker IKKE at vår elev skal delta i studien.
- Jeg/vi har mottatt informasjon om studien og gir tillatelse til at vår elev deltar i studien.

Navn på elev:

Dato/underskrift foresatte:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Vedlegg 2: Godkjenningsbrev fra NSD



Annette Lykknes  
Program for lærerutdanning NTNU

7491 TRONDHEIM

Vår dato: 23.09.2016

Vår ref: 49621 / 3 / ASF

Deres dato:

Deres ref:

### TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 26.08.2016. Meldingen gjelder prosjektet:

49621	<i>Elevers forståelse for atommodeller</i>
Behandlingsansvarlig	<i>NTNU, ved institusjonens øverste leder</i>
Daglig ansvarlig	<i>Annette Lykknes</i>
Student	<i>Silje Marie Eide</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 31.05.2017, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Kjersti Haugstvedt

Amalie Statland Fantoft

Kontaktperson: Amalie Statland Fantoft tlf: 55 58 36 41

Vedlegg: Prosjektvurdering

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

## Vedlegg 3: Intervjuguide

### Intervjuguide

1. Hva er et atom?
2. Hva består et atom av?
3. Kan du/dere tegne et atom og forklare?
4. Vise frem et eksempel på en atommodell: hvilket grunnstoff er dette?
  - a. Hvorfor?
5. Hva er et K-skall? (Og L- og M-skall)
6. Niels Bohr var en forsker som kom med et forslag på en atommodell, hvordan ser den ut?
7. Vise frem eksempel på en skallmodell: Hva kan dere fortelle meg om denne modellen?
  - a. Hva kan denne brukes til?
  - b. Hva viser den godt?
  - c. Hva viser den ikke?
8. Vise eksempel på elektronskymodell: hva kan dere fortelle om denne?
  - a. Hva viser denne godt?
  - b. Ikke så godt?
9. Hvilken informasjon kan dere hente ut av en atommodell?
10. Hvilke forskjeller er det på informasjonen vi kan finne i de ulike atommodellene?
11. Hva er en modell?
12. Hvorfor bruker vi modeller?
13. Hva kan bruke modeller til?

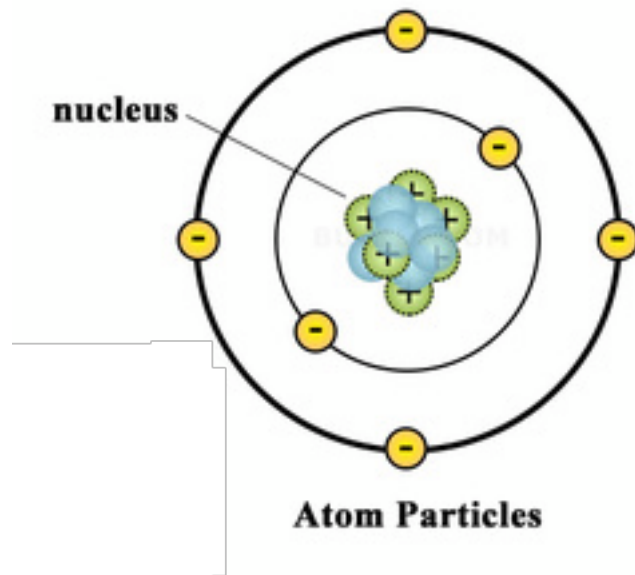
## Vedlegg 4: Oppgavesett

### Oppgavesett om atomer

Navn: \_\_\_\_\_

1. Skriv to faktasetninger om atomer.

2. Hvilket atom er dette? Begrunn svaret.



- a) Hva kaller vi en slik modell?
- b) Hvilke tre hoveddeler består dette atomet av?

3. Hva innebærer åtteregelen (eller oktettregelen)?

4. Hva er en isotop?

5. Hvorfor bruker vi modeller? Kan du gi eksempler på noen modeller?

6. Hvem utviklet den atommodellen vi kaller skallmodellen?

7. Tegn skallmodellen for et oksygenatom og forklar modellen.

8. Kjenner du til elektronskymmodellen? Forklar kort hva den går ut på.



## Vedlegg 5: Tabeller “elevenes utsagn”

Begreper kategorisert er skrevet med **fet skrift**. Utsagnene er også kategorisert ut fra sammenhengen de er sagt i og tegningene elevene tegnet, dette vil ikke alltid framkomme av sitatene.

### Intervju 1:

Lite kontroll	Passiv kontroll	Aktiv kontroll
<p>S: Hvis du husker på hvilket atom det er, så er det.. så kan du jo skrive det på da, men det har ikke noe å si. Men jeg ser jo at dere tegner ganske like figurer alle sammen da. Hva har du tegnet her, Emma?</p> <p>E: Eeh.. et atom, det er nummer 13.</p> <p>S: Og hva.. hvordan vet du at det er nummer 13?</p> <p>E: Nei, fordi at det er tretten ... <b>protoner</b> og <b>elektroner</b> og sånn.</p>	<p>S: Hva.. hva har du tegnet her nå?</p> <p>P: Et atom.</p> <p>S: Et atom, ja.</p> <p>P: Med seks <b>elektroner</b>.</p>	
<p>S: Hvorfor ... hvorfor tegner vi ofte.. Hvis vi tegner en modell, eller et sånt atom, hvorfor skriver vi ofte, som for eksempel hos deg, Emma, 13+ i midten?</p> <p>E: Fordi at det er 13 protoner og .. protonene er jo positivt ladd og <b>nøytronene</b> regnes ikke da, fordi de er nøytrale.</p> <p>S: M-m.</p> <p>E: Så dem blir liksom ikke tatt med.</p>	<p>S: Og.. hva kan du si mer om denne figuren? Hva mer har du tegnet?</p> <p>P: Neh, <b>kjernen</b>, og to <b>skall</b>.</p>	
<p>S: Enn dit atom da? (Til Iris)</p> <p>I: Helium.. eller... Jo, ja, jo.</p> <p>S: Hvordan kan du avgjøre det?</p>	<p>S: Ti elektroner. M-m. Vet dere hva som er kjernen.. hva som er i kjernen da? Husker dere på det?</p> <p>P: hmm..</p>	

<p>I: Det er åtte <b>elektroner</b> i ytterste skallet.</p> <p>S: Har helium åtte elektroner i det ytterste skallet?</p> <p>I: Nei, to? Nei. Skal vi se.. Jo, åtte elektroner i det <b>ytterste skallet</b>, ja? Har det ikke det da?</p> <p>E: Ja, åtte.</p>	<p>E: <b>Nøytroner</b> og <b>protoner</b>.</p>	
	<p>S: Hvorfor ... hvorfor tegner vi ofte.. Hvis vi tegner en modell, eller et sånt atom, hvorfor skriver vi ofte, som for eksempel hos deg, Emma, 13+ i midten?</p> <p>E: Fordi at det er 13 protoner og .. <b>protonene</b> er jo positivt ladd og nøytronene regnes ikke da, fordi de er nøytrale.</p> <p>S: M-m.</p> <p>E: Så dem blir liksom ikke tatt med.</p>	
	<p>P: Helium er i gruppe 1.</p> <p>S: I periode 1?</p> <p>P: Ja, periode 1, mener jeg ja. Prank.. (Slang for spøk)</p> <p>S: Hvor mange.. hvor mange <b>skall</b> har det da?</p> <p>P: Ett.</p> <p>S: Så hvor mange <b>elektroner</b> kan helium ha?</p> <p>E: To.</p> <p>S: Så hvis du skal finne ut hvilket grunnstoff ditt atom er..? [Snakker til Petter]</p> <p>P: Karbon.</p>	

	<p>S: Karbon, ja. Og det fant du ut fordi?</p> <p>P: Det er seks <b>elektroner</b> rundt atomet seks.</p>	
	<p>S: M-m. Hvilken informasjon kan vi hente ut fra den da?</p> <p>I: Se hvor mange <b>elektroner, protoner</b> og <b>nøytroner</b> den har.</p> <p>E: Og hvilket atom det faktisk er.</p> <p>S: Hvilket atom det er ja. Hvilket atom er dette her da? [Får se figur av skallmodellen.]</p> <p>I: Fluor.</p>	
	<p>S: Nei.. Er det noe dere kanskje synes den ikke viser så godt?</p> <p>E: Kjernen vises godt.</p> <p>S: kjernen vises godt, i den som jeg hadde med?</p> <p>E: Ja, den du hadde med, ja.</p> <p>S: M-m. Ja.</p> <p>E: Hva den inneholder og sånn.</p> <p>S: M-m. For da ser du tydelig...</p> <p>E: Tydelig.. hvor mange <b>protoner</b> og <b>nøytroner</b> som den inneholder da.</p> <p>S: Ja.. Vi kan se, for eksempel, det her fluoratomet her.. Hva tror dere kan komme til å skje</p>	

	<p>med det? Hvis dere bare ser på det sånn nå?</p> <p>E: At den får en.. eh, et <b>elektron</b>.</p> <p>S: Hvorfor kan den få?</p> <p>E: Eh.. Sånn at den får oppfylt <b>ytterskallet</b> for at den har, eh, ja, sju da. Den vil.. den vil oppnå åtte.. elektroner.</p>	
	<p>E: Litt uoversiktlig, for jeg.. Eh, her ser vi liksom bare at det er to <b>skall</b>, vi vet liksom ikke hvor mange elektroner det har.. Det finner vi jo ikke ut bare ved å se på det. [Snakker om elektronskymodellen]</p> <p>S: M-m, nei. Men er det noe den kanskje viser bedre enn skallmodellen?</p> <p>E: Eeh, jaa..</p> <p>S: Hva da, for eksempel?</p> <p>E: At det.. At den kan endre.. At <b>elektronene</b> ikke står på sånne faste plasser, at de eh, beveger seg og sånn..</p>	

## Intervju 2:

Lite kontroll	Passiv kontroll	Aktiv kontroll
<p>S: Filip, hvis jeg spør deg om hva et atom er, hvordan ville du svare da?</p> <p>F: Et atom? Eh.. Det har ladning, ellers så kan det hende at det var ion som har en ladning. <b>Ion består jo av flere atomer, to eller flere.</b> Men akkurat atom, det vet jeg ikke helt hva er. Meen, det har nå noe sånn protoner og elektroner i seg da, det vet jeg. Og skall. Men jeg vet ikke helt.. vet ikke hva et atom er.</p>	<p>S: Filip, hvis jeg spør deg om hva et atom er, hvordan ville du svare da?</p> <p>F: Et atom? Eh.. Det har ladning, ellers så kan det hende at det var <b>ion som har en ladning.</b> Ion består jo av flere atomer, to eller flere. Men akkurat atom, det vet jeg ikke helt hva er. Meen, det har nå noe sånn <b>protoner og elektroner</b> i seg da, det vet jeg. Og <b>skall.</b> Men jeg vet ikke helt.. vet ikke hva et atom er.</p>	<p>Y: Tror det spretter litt mer rundt, eller.. jeg vet.. Beveger seg litt mer, eller.. eller noe sånt.</p> <p>S: Ja. Alex?</p> <p>A: Nei.. Jeg tenker nå mesteparten det samme, da. At de ikke fer i en.. at de ikke fer rundt sin egen skall eller hva..</p> <p>S: Ja. Hva er det som bare fer rundt?</p> <p>A: <b>Elektronene.</b></p> <p>S: Mmm, de bare fer i rundt kjernen?</p> <p>A: Ja.</p>
<p>S: Et atom. Men du har tegnet noen sånne rundinger her [<b>elektronene</b>], vet du hva de heter da? Hva de er for noe?</p> <p>H: Mmm.. Nei. <i>Fniser litt.</i> Jeg vet ikke, jeg.</p>	<p>S: Nei, men det er greit det. Enn du, Filip?</p> <p>F: Et atom. For eksempel atomnummer åtte, som er oksygen. Og når atomnummeret er åtte, så har det åtte <b>protoner i kjernen</b>, så den er positiv. Og åtte i skallene da, så i innerste <b>skallet</b>, K-skallet, er det maks to også fortsetter det bare utover i alfabetet, sånn K, L, M, N, O, P..</p> <p>S: M-m.</p> <p>F: Og <b>elektronene</b> er negativ.</p>	
<p>Y: Tegnet atomet magnesium.</p> <p>S: Magnesium, ja.</p>	<p>S: Ja, m-m. Og du hadde tegnet, Alex?</p> <p>A: Eh, jeg har tegnet det samme, men at, eeh..</p>	

<p>Y: Eller hva heter det? Heter det magnesium. Ja, altså. Det har tolv protoner i.. i kjernen. Også er det to i det der... det der.. Nei, ikke.. hva heter det der? Det der innerste..? Jeg vet ikke hva navnet er.</p> <p>F: Kjernen?</p> <p>Y: Nei, ikke kjernen, det er jo det der som..</p> <p>F: Protoner?</p> <p>Y: Ja. Ja.. Inni der. Liksom hva...</p> <p>S: Ja, at du har tolv protoner?</p> <p>Y: Ja, i <b>kjernen</b>, også ... er det åtte da, som Filip sa, også videre.</p> <p>S: M-m.. Hva heter de som er rundt her da? [Peker på tegningen]</p> <p>Y: Det er kjernen, det heter <b>M-skallet</b> [peker på K-skallet]. Nei, L-skallet? Var M-skallet..</p> <p>S: Okei. Hva er de rundingene du har tegnet der da?</p> <p>Y: Det er <b>elektroner</b>.</p> <p>S: Ja, hvor mange elektroner?</p> <p>Y: Åtte. Åtte rundt her, også er det to ytterst med kjernen.</p>	<p>Oksygenet med to <b>elektroner</b> i innerste <b>skallet</b> også seks i det ytterste.</p>	
<p>S: Ja. Hvilket atom er dette her da, Filip? [Viser på tegningen.]</p>	<p>S: Ja. Yngve?</p> <p>Y: Tegnet atomet magnesium.</p>	

<p>F: Eeh, veit ikke. Mmm.. Fluor? Men siden det er <b>nøytroner</b> inni, så.. veit jeg ikke helt.</p> <p>S: Er det spesielt at det er nøytroner inni kjernen?</p> <p>F: Jeg tror det. Vi holdt på med det i åttende, men.. kanskje noen andre husker det? Kan det være noe sånn salter eller ett eller annet? Noe med at saltene.. nei.. De utjevner i alle fall da, slik at det ikke blir positiv eller negativ ladning, tror jeg. Kanskje det er derfor det er NØYtroner inni der.</p>	<p>S: Magnesium, ja.</p> <p>Y: Eller hva heter det? Heter det magnesium. Ja, altså. Det har tolv <b>protoner</b> i.. i <b>kjernen</b>. (...)</p>	
<p>S: Ja. Hvilken.. Ja, hva gjør hydrogenet da, mister det elektronet sitt?</p> <p>A: Det mister.. <b>elektronet</b>.</p> <p>S: Okei. Ja.</p> <p>F: Det får en positiv <b>ion</b>.</p>	<p>S: M-m. Okei. Ehm, dere har jo sagt litt om det nå, men hvordan bestemmer vi.. Hvordan kan vi avgjøre hvilket atom vi har ved å se på en slik tegning som dere har tegnet?</p> <p>F: Kan telle <b>protonene</b> i midten, eller telle hvor mange <b>elektroner</b> det er. Så hvis det er for eksempel tretten elektroner, så er det atomnummer tretten da, så finner du navnet på det.</p>	
	<p>A: Det er <b>protoner</b> og <b>nøytroner</b> i <b>kjernen</b>, også er det elektroner uten.</p>	
	<p>S: Nei. Hva tror du, Alex? (Alex virker ivrig på å si noe)</p> <p>A: Eeh. Alle atomer har <b>nøytroner</b>, er det. Og dem gjør egentlig ikke så mye.</p> <p>S: Nei, men de finnes i alle atomer?</p> <p>A: Ja.</p>	

	<p>A: Ja. Siden det har syv <b>elektroner</b> i ytterste <b>skallet</b> og da er det mye enklere at de tar et elektron da, fra et anna stoff. Som for eksempel hydrogen da, da blir det åtte elektroner i det ytterste skallet.. Og da reagerer det.</p> <p>S: Ja. Hvilken.. Ja, hva gjør hydrogenet da, mister det elektronet sitt?</p> <p>A: Det mister.. elektronet.</p> <p>S: Okei. Ja.</p> <p>F: Det får en positiv ion.</p> <p>S: Det blir et positivt.. (Avbrytes av Alex)</p> <p>A: Nei, det blir ikke det. Det blir et negativt <b>ion</b>, siden det får et ekstra elektron.</p>	
	<p>S: Ja.. Det her er også en modell, på samme måte som skallmodellen, og den kalles for elektronskymodellen. Men hva er det vi ser her? Er det noen som vil tippe?</p> <p>Y: Vi ser sikkert.. At det er <b>elektroner</b> som er rundt også er det protoner som er i kjernen.</p>	



### Intervju 3:

Lite kontroll	Passiv kontroll	Aktiv kontroll
<p>S: M-m. Hva har du tegnet her, Irene?</p> <p>I: Jeg vet ikke.. jeg tror det er oksygeren, men jeg vet ikke..</p> <p>S: Men hva har du tegnet da? Pek på tegningen din og forklar.</p> <p>I: Der er <b>elektroner</b> og <b>skall</b>, og sånt.</p> <p>S: Ja. Hvor mange skall har du tegnet der?</p> <p>I: Tre.</p>	<p>S: Er det noe mer dere kan si da, hvis jeg spør hva er et atom? Hvis dere skulle ha forklart meg hvordan.. hvis dere skulle forklart meg hvordan et atom ser ut, hvordan har dere ville forklart det da?</p> <p>J: Det, det er en <b>kjerne</b>, som har masse <b>elektroner</b> som sirkulerer rundt seg.</p> <p>K: Det har <b>skall</b>.</p> <p>J: Ja, skall da.</p>	<p>K: Emm.. Jeg tegnet bare.. et atom. Jeg vet ikke helt hvilket et det er, men det ser ut som bor.</p> <p>S: Bor ja. Hvordan vet du..?</p> <p>K: Så det har fem <b>protoner</b> og <b>nøytroner</b> i <b>kjernen</b>, også har det fem <b>elektroner</b> utafor, men så er det tre elektroner i ytterste <b>skallet</b>.</p>
<p>E: Jeg har tegnet magnesium.</p> <p>S: Magnesium..</p> <p>E: Det har...</p> <p>S: Som har?</p> <p>E: Ehm.. jeg husker ikke hva det heter..</p> <p>I: <b>elektroner</b>.</p> <p>E: Ja, elektroner. Så har den to i ytre skall, det som jeg har tegnet..</p>	<p>S: M-m. Hvordan.. hvordan kan vi avgjøre hvilket atom vi har tegnet? Ved å se på bare en slik tegning?</p> <p>J: Antallet <b>elektroner</b> og <b>protoner</b> og nøytroner, det skal være det samme i et grunnstoff, og antallet det avgjør hva slags nummer det har i periodesystemet.</p>	<p>S: Ja. Du da, Jan?</p> <p>J: Ja, jeg har tegnet magnesium. Det har tolv <b>protoner</b>, tolv <b>nøytroner</b> i <b>kjernen</b> også har den to <b>elektroner</b> som sirkler i det innerste <b>skallet</b>, åtte elektroner i skallet utenfor der, og to elektroner i det ytterste.</p>

<p>J: Antallet elektroner og protoner og <b>nøytroner</b>, det skal være det samme i et grunnstoff, og antallet det avgjør hva slags nummer det har i periodesystemet.</p>	<p>J: Altså, hvis.. en kan jo for eksempel det med ionene da, det med å bli <b>ion</b>, kan motta elektron fra andre atomer. Eller.. jeg, det vises..</p> <p>S: Hvorfor.. Vil den motta?</p> <p>J: Fordi, med antallet <b>elektroner</b> den har i det, det ytterste <b>skallet</b>, som er sju, altså det skal.. for å fylle skallet, det ytterste skallet så må du ha åtte.</p> <p>S: M-m.</p> <p>J: Og da er det lettere å oppnå det ved å motta et elektron enn å gi fra seg sju.</p>	<p>S: Men enn hvis et.. hvis et kaliumatom her da, for eksempel, har gitt fra seg et elektron, og ikke har nitten elektroner men har åtte..?</p> <p>K: Da blir det kalium en minus.</p> <p>S: Blir det kalium en mi..</p> <p>K: <i>Avbryter.</i> Nei, en pluss.</p> <p>S: Kal.. Ja, okei. Fordi?</p> <p>K: For at da har den gitt fra seg en som er negativ, så da blir det flere positive enn negative.</p> <p>S: Men blir det da.. blir det da.. eeh.. argon i stedet for kalium, for da er det jo bare.. da er det jo en mindre elektron?</p> <p>J: Nei.</p> <p>K: Det blir et ion.</p> <p>S: Ion, ja. Og det er?</p> <p>K: Eeh, et negativt eller positivt ladet <b>ion</b>.. Nei, atom.</p>
	<p>J: Ja. På skallmodellen så ser vi et sikkert antall over hvor mye den har av <b>elektroner</b>, <b>protoner</b> og <b>nøytroner</b>.</p> <p>S: M-m.</p> <p>J: Og kan med en gang fastsette hva slags atom det er.</p>	<p>K: Fluor.. det er fluor.</p> <p>S: Hvordan vet du det?</p> <p>K: Fordi den har ni <b>protoner</b> i <b>kjernen</b>, også er det syv <b>elektroner</b> i ytterste <b>skall</b>.</p> <p>S: M-m, så hvilket atomnummer har den her da?</p> <p>K: Ni.</p>

		<p>S: Nei, men hvis vi har tatt akkurat den her da, også krympa den ned, så bitte, bitte liten som et atom er, hadde den her vært riktig da?</p> <p>J: Ja, da hadde den.. hadde den.. eller, ikke akkurat, nei. Det.. det er endra slik at det skal være enklere å se.. å avbilde på et papir. <b>Elektronene</b> er lenger unna.</p> <p>S: De er lengre unna..?</p> <p>J: Kjernen.</p>
		<p>K: Man kan bare telle antall <b>protoner</b> og antall <b>ytterelektroner</b> og antall <b>skall</b>, så vet man hvor i periodesystemet man skal lete.</p>